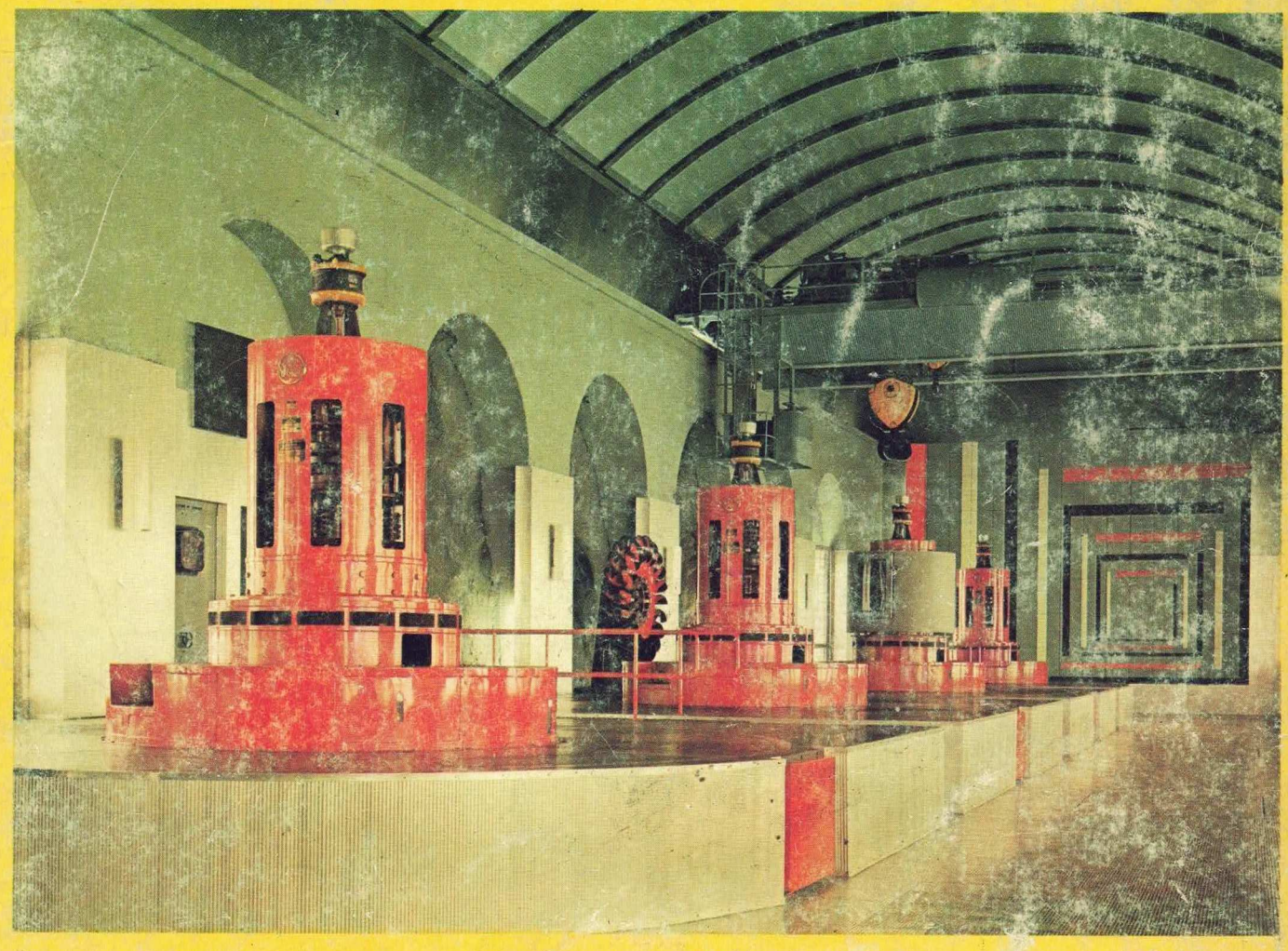
FP1

Equipo EPS Zaragoza

TECNOLOGÍA ELÉCTRICA 1·1

Primer Curso
de Formación Profesional
de Primer Grado

bruño - edebé
formación profesional



TECNOLOGÍA ELÉCTRICA 1·1

Primer Curso
de Formación Profesional
de Primer Grado

TECNOLOGÍA ELÉCTRICA 1·1

Primer Curso
de Formación Profesional
de Primer Grado

por

MARIO RUBIO GARCIA
perito industrial electricista

JOSE LUIS RUIZ LOPEZ
ingeniero técnico electrónico

ANDRES MARTIN BRUN
ingeniero técnico aeronáutico

JESUS POLITE ARBEA
ingeniero técnico electrónico

CARLOS LAHOZ GARCIA
maestro industrial

profesores de las Escuelas Profesionales Salesianas
de Zaragoza

RICARDO CASADO VALERO
ingeniero técnico
profesor del Instituto Politécnico Virgen del Pilar
de Zaragoza

edb formación profesional bruño

EDICIONES DON BOSCO
Paseo San Juan Bosco, 62. Barcelona 17

EDITORIAL BRUÑO
Marqués de Mondéjar, 32. Madrid 28

TECNOLOGIA ELECTRICA 1.1

Primer Curso
de Formación Profesional
de Primer Grado

Fotocolor de la cubierta:
Central eléctrica, cortesía de General Eléctrica Española.

Agradecemos la valiosa colaboración prestada por las casas comerciales JOSA (BJC), Agut, Crady, Plastimetal, Ticino, Pirelli y General Eléctrica Española, en la compilación de esta obra.

Asimismo, nuestra gratitud a:
UNE, Instituto Nacional de Racionalización y Normalización, Madrid.
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

ES PROPIEDAD
© *Ediciones Don Bosco*
Barcelona 1977

Impreso en España
Printed in Spain

ISBN 84-236-1344-5
Depósito Legal. B. 38717-77

Escuela Gráfica Salesiana
Barcelona-Sarriá

Presentación

El presente texto de Tecnología para Primer Curso de Primer Grado de Formación Profesional, ha sido compilado siguiendo el esquema general del Cuestionario Oficial vigente.

El propio Cuestionario, que insertamos más adelante y más detalladamente el índice, dan idea de la ordenación y amplitud de los temas, aun antes de ojear el libro. Pero sólo la observación minuciosa, página por página, permite apreciar la profusión de ilustraciones, esquemas y tablas que duplican el valor y la eficacia pedagógica y práctica del texto.

Los autores se complacen en afirmar que cuanto aquí se expone ha sido ampliamente experimentado por ellos mismos, como profesores de la asignatura, en los muchos años que han dedicado a la Enseñanza Profesional, dato que estimamos equivale a un auténtico certificado de garantía,

LOS EDITORES

CUESTIONARIO OFICIAL

O. M. 13-VII-74; BOMEC, 5-VIII-74

Primer Curso de Primer Grado

Técnicas mecánicas

Puesto de trabajo del ajustador.
Técnicas de medidas. Aparatos de medida y verificación.
Técnicas de trazado. Aparatos de trazado.
Limado.
Aserrado de metales. Utiles y herramientas.
Cincelado y burilado. Utiles y herramientas.
Roscado. Tipos de roscas. Características. Utiles y herramientas.
Trabajo de metales en frío.
Soldaduras blandas.

Conocimientos de materiales

Propiedades mecánicas de los materiales.
Propiedades químicas de los metales: oxidación y corrosión metálica. Aleaciones resistentes a la oxidación y corrosión. Medios de protección contra la corrosión.
Aleaciones.
Materiales aislantes.
Materiales conductores: hilos y cables.

Manejo y preparación de conductores

Empalmes y derivaciones.
Terminales.
Resistencias de contacto.

Instalaciones básicas de alumbrado

Instalaciones de alumbrado con lámparas fluorescentes.
El alumbrado eléctrico. Unidades fotométricas.
Instalaciones de alumbrado con lámparas incandescentes.
Nociones sobre otros tipos de lámparas de iluminación.
Pequeño material de accionamiento y protección utilizado en las instalaciones de alumbrado. Dispositivos automáticos.
Diseños de cuadros de maniobras y protección.
Automáticos de escaleras.

Instalaciones de señalización utilizadas en viviendas, oficinas y edificios públicos

Instalaciones de señalizaciones acústicas y ópticas.
Dispositivos de accionamiento y protección utilizados.

Bobinados básicos

Construcción y montaje de electroimanes sencillos. Cálculo.
Bobinadores manuales y automáticos.

Índice

Presentación 5

Cuestionario Oficial 6

Indice. 7

TECNICAS MECANICAS

1 Puesto de trabajo 11
- 1.1 *El banco de trabajo del electricista* 11
- 1.2 *Banco de ajustador* 11
- 1.3 *Tornillo de banco* 12
- 1.4 *Normas para la conservación del tornillo de banco* 12
- 1.5 *Otras herramientas usadas para la sujeción* 12
  - 1.5.1 Mordazas para tubos 12
  - 1.5.2 Entenallas 13
  - 1.5.3 Mordazas para redondos 13
  - 1.5.4 Gatos o sargentos de apriete 13

2 Limado 13
- 2.1 *Limado* 14
- 2.2 *Las limas* 14
- 2.3 *Mangos para limas y su colocación* 15
- 2.4 *Altura del tornillo* 16
- 2.5 *Posición del operario* 16
- 2.6 *Manera de agarrar la lima* 16
- 2.7 *Elección de las limas* 16
- 2.8 *Dirección del limado* 17
- 2.9 *Normas para el cuidado de las limas* 17
- 2.10 *Fijación de las piezas en el tornillo de banco* 18

3 Operaciones de limado a mano 19
- 3.1 *Limado de superficies planas* 19
- 3.2 *Limado de superficies paralelas* 19
- 3.3 *Limado de ángulos convexos* 19
- 3.4 *Limado de ángulos cóncavos* 20
- 3.5 *Limado de superficies curvas, convexas* 20
  - 3.5.1 Casos particulares 20
- 3.6 *Limado de superficies cilíndricas cóncavas* 21
  - 3.6.1 Superficies libres 21
- 3.7 *Limado de superficies tangentes cóncavas y convexas* 22
- 3.8 *Limado de perfiles complejos* 22

METROLOGIA

4 Instrumentos de medida para magnitudes lineales y angulares 23
- 4.1 *Metros y reglas* 24
  - 4.1.1 El metro arrollable 25
  - 4.1.2 La regla graduada 25
- 4.2 *Calibrador o pie de rey* 26
  - 4.2.1 Funcionamiento del nonio 26
  - 4.2.2 Apreciación de los nonios 26
  - 4.2.3 Medición con el pie de rey 28
  - 4.2.4 Características del pie de rey 28
  - 4.2.5 Empleo del calibre 29
- 4.3 *Micrómetro o pálmer* 29
- 4.4 *Medición con compases* 30
- 4.5 *Goniómetros y transportadores* 30
  - 4.5.1 Escuadra universal 30
  - 4.5.2 Goniómetro simple 31
  - 4.5.3 Falsa escuadra 31
- 4.6 *Goniómetros de precisión* 31
  - 4.6.1 Nonio circular 32
  - 4.6.2 Lectura del nonio 32
- 4.7 *Goniómetro óptico* 33

5 Instrumentos de verificación de superficies planas y de ángulos 34
- 5.1 *Verificación* 35
- 5.2 *Verificación de superficies planas* 35
  - 5.2.1 Con reglas de precisión (guardaplanos o reglas de pelo o hilo) 35
  - 5.2.2 Con mármol de verificación 35
  - 5.2.3 Otros procedimientos 37
- 5.3 *Niveles* 38
- 5.4 *Verificación de ángulos. Instrumentos fijos* 38
  - 5.4.1 Escuadras 38
  - 5.4.2 Plantillas de ángulos 38
  - 5.4.3 Normas para su empleo y conservación 39
  - 5.4.4 Verificación de escuadras de 90° 39
  - 5.4.5 Verificación de escuadras de 120° 39
  - 5.4.6 Cubos o dados 40
- 5.5 *Mesa óptica o ciclómetro* 40

TRAZADO

6 Trazado plano 41
- 6.1 *Objeto del trazado* 41
- 6.2 *Clases de trazado* 42
  - 6.2.1 Trazado plano 42
  - 6.2.2 Trazado al aire 42
- 6.3 *Barnices de trazar* 42
- 6.4 *Instrumentos de trazar* 42
  - 6.4.1 Puntas de señalar o de trazar 42
  - 6.4.2 Granete 42
  - 6.4.3 Compás de trazar 42
  - 6.4.4 Escuadras 43
  - 6.4.5 Escuadras de hallar centros 43
  - 6.4.6 Reglas 43
  - 6.4.7 Regla angular 43
- 6.5 *Práctica del trazado en el plano* 43
- 6.6 *Normas para el trazado* 43
- 6.7 *Gramil de marcar* 44

TRABAJO DE LOS METALES

7 Cincelado y burilado, corte, serrado, forjado, estampado y laminado 45
- 7.1 *Formas en que puede presentarse el material* 46
- 7.2 *Elección del material* 46
- 7.3 *Procedimientos empleados para cortar el material* 46
- 7.4 *Objeto del burilado y cincelado* 46
- 7.5 *Cincel o cortafrío* 46
  - 7.5.1 Cabeza 47
  - 7.5.2 Cuerpo 47
  - 7.5.3 Filo o extremo de corte 47
- 7.6 *Buril y gubia* 47
  - 7.6.1 Buril 47
  - 7.6.2 Gubias 47
- 7.7 *Martillo* 47
  - 7.7.1 Partes de la cabeza de un martillo 47
  - 7.7.2 Empleo 47
  - 7.7.3 Mango 48

7.8 *Mazas* 48
7.9 *Modo de cincelar* 48
7.10 *Trabajos característicos con el cincel, buril o gubia* 48
7.10.1 Acanalado 48
7.10.2 Desbastado 49
7.10.3 Chaflanado 49
7.10.4 Troceado de chapa gruesa 49
7.10.5 Troceado con auxilio de taladros 49
7.10.6 Trabajos varios 49
7.11 *Corte de chapas* 49
7.11.1 Tijeras accionadas a mano 49
7.11.2 Tijeras de sobremesa 50
7.11.3 Troceado de chapa fina, con cincel 50
7.11.4 Cizallas-guillotina de pie 50
7.11.5 Cizallas-guillotina a motor 50
7.11.6 Cizalla 51
7.12 *Corte del material con desprendimiento de viruta. Aserrado* 51
7.12.1 Troceado con desprendimiento de virutas 51
7.12.2 Sierra de mano 51
7.12.3 Hoja de sierra 51
7.12.4 Arco de sierra 52
7.13 *Normas para aserrar a mano* 53
7.14 *Serradoras mecánicas* 54
7.14.1 Serradoras alternativas 54
7.14.2 Serradoras circulares 54
7.14.3 Serradoras de cinta 54
7.15 *Forjado* 55
7.15.1 Fragua 55
7.15.2 Herramientas empleadas para forjar 55
7.16 *Estampado* 56
7.17 *Laminación* 56

ROSCADO A MANO DE LOS METALES

8 **Roscas** 58
8.1 *Tornillo y tuerca* 58
8.1.1 Generación de una rosca 58
8.2 *Clasificación de las roscas* 59
8.2.1 Según el número de filetes 59
8.2.2 Por la forma del filete 59
8.2.3 Según su posición 59
8.2.4 Según el sentido de la hélice 59
8.3 *Elementos de las roscas. Perfil* 59
8.4 *Dimensiones fundamentales de una rosca* 60
8.4.1 Paso (P) 60
8.4.2 Avance (a) 60
8.4.3 Diámetro exterior 60
8.4.4 Diámetro interior 60
8.4.5 Diámetro medio 60
8.4.6 Profundidad de las roscas 60
8.4.7 Diámetro nominal 60
8.5 *Representación de las roscas* 60
8.6 *Designación de las roscas* 60
8.7 *Acotación de las roscas* 61
8.8 *Sistemas de roscas* 61
8.8.1 Sistema Whitworth 61
8.8.2 Sistema Sellers 61
8.8.3 Sistema ISO 61
8.8.4 Sistema Whitworth para tubos 61

9 **Roscado, herramientas de roscar y roscado a mano** 65
9.1 *Machos y cojinetes de roscar* 65
9.1.1 Machos de roscar 65
9.1.2 Cojinetes de roscar 67
9.2 *Terrajas de peines* 67
9.2.1 Tipos de terrajas 68
9.3 *Práctica del roscado* 68
9.4 *Roscado de tuercas* 68
9.4.1 Taladrado previo 68
9.4.2 Achaflanado 69
9.4.3 Roscado propiamente dicho 69
9.5 *Roscado de tornillos* 71
9.5.1 Torneado previo 71
9.5 2 Roscado propiamente dicho 71

TALADRADO DE LOS METALES

10 **Brocas, máquinas de taladrar y taladrado** 74
10.1 *Taladrado* 75
10.2 *Broca* 75
10.3 *Brocas helicoidales* 75
10.3.1 Cola o mango 75
10.3.2 Cuerpo 76
10.3.3 Boca o punta 76
10.4 *Tipos de brocas helicoidales* 76
10.5 *Afilado de las brocas helicoidales* 77
10.5.1 Angulo de punta 77
10.5.2 Angulo de incidencia y destalonado 77
10.6 *Brocas especiales* 77
10.7 *División de las taladradoras* 78
10.8 *Elementos de una taladradora* 79
10.8.1 Soporte general o bancada 79
10.8.2 Soporte para fijación de las piezas 79
10.8.3 Cabezal 80
10.8.4 Dispositivos para fijar la broca 82
10.9 *Estudio del plano o dibujo* 84
10.10 *Elección de la máquina* 84
10.11 *Colocación de la broca* 85
10.12 *Fijación de la pieza* 85
10.13 *Operación de taladrar* 86
10.14 *Casos especiales* 88
10.15 *Algunos defectos y accidentes que pueden presentarse en el taladrado y sus causas* 88

SOLDADURA

11 **Soldadura eléctrica, autógena, blanda y desoldadura** 91
11.1 *Soldadura eléctrica* 91
11.1.1 Soldadura por arco 91
11.1.2 Soldadura por puntos 92
11.2 *Soldadura autógena* 92
11.2.1 Oxígeno para soldadura 92
11.2.2 Gas acetileno para soldadura 92
11.2.3 Generadores de gas acetileno 92
11.2.4 Sopletes 93
11.3 *Soldadura blanda y su empleo* 94
11.3.1 Preparación del cloruro de cinc 94
11.3.2 Lámpara de butano 94
11.3.3 Soldadores eléctricos 94
11.3.4 Soldador rápido 94
11.3.5 Elección del soldador 95
11.3.6 Preparación del soldador 95
11.3.7 Ejecución de la soldadura 95
11.3.8 Soldadura en circuitos impresos 96
11.3.9 El estaño. Su presentación 96
11.4 *Desoldadura* 96

CONOCIMIENTO Y ENSAYOS DE MATERIALES

12 **Conocimiento de materiales** 98
12.1 *Hierro* 99
12.2 *Minerales de hierro* 99
12.3 *El alto horno* 99
12.4 *Hierro colado* 100
12.5 *Hierro fundido* 100
12.6 *Aceros* 100
12.7 *Obtención del acero. Procedimiento Bessemer* 102
12.8 *Obtención del acero. Procedimiento Thomas* 102
12.9 *Obtención del acero. Procedimiento Martin-Siemens* 103
12.10 *Elementos de aceración* 103
12.11 *Formas comerciales de los aceros* 103
12.12 *Metales no férreos* 104
12.12.1 Cobre 104
12.12.2 Aluminio 105
12.12.3 Estaño 106
12.12.4 Plomo 106
12.12.5 Cinc 106
12.12.6 Cromo 107
12.12.7 Níquel 107
12.12.8 Cadmio 107
12.12.9 Cobalto 107
12.12.10 Tungsteno o wolframjo 107
12.12.11 Mercurio 108
12.12.12 Plata 108
12.13 *Propiedades químicas de los metales* 108
12.13.1 Oxidación metálica 108
12.13.2 Aleaciones resistentes a la oxidación 108
12.13.3 Corrosión 109
12.13.4 Aleaciones resistentes a la corrosión 110
12.13.5 Medios de protección contra la corrosión 110

13 **Identificación de materiales** 112
13.1 *Identificación por las apariencias* 112
13.2 *Identificación por las características* 112
13.2.1 Ensayos químicos 112
13.2.2 Ensayos físicos 112
13.2.3 Ensayos metalográficos 113
13.2.4 Ensayos mecánicos 113

13.3 *Identificación por las características mecánicas* 113
13.3.1 Ensayo de tracción 113
13.3.2 Ensayo de resiliencia 115
13.3.3 Ensayo de dureza 115

CONOCIMIENTOS BASICOS DE FISICA ELECTRICA

14 **Nociones de electricidad y magnetismo** 120
14.1 *Qué es la electricidad* 120
14.2 *Teoría atómica* 121
14.2.1 Electrización de los átomos 122
14.2.2 El electrón 122
14.3 *Carga eléctrica (ley de Coulomb)* 122
14.3.1 Definición 122
14.3.2 Medida de la carga 122
14.3.3 Ley de Coulomb 123
14.4 *Cómo se puede producir electricidad* 123
14.4.1 Producción de electricidad por frotamiento 124
14.4.2 Producción de electricidad por presión 124
14.4.3 Producción de electricidad por acción química 124
14.4.4 Producción de electricidad por acción magnética 124
14.4.5 Producción de electricidad por acción de la luz 124
14.4.6 Producción de electricidad por acción del calor 125
14.5 *Movimiento de electrones (corriente eléctrica)* 125
14.6 *Corriente eléctrica: su sentido, clases y efectos* 125
14.6.1 El circuito eléctrico 125
14.6.2 Clases de corriente eléctrica 126
14.6.3 Efectos de la corriente eléctrica 126
14.7 *Qué es el magnetismo* 127
14.7.1 Polos e interacción entre imanes 127
14.7.2 Campo magnético 128
14.7.3 Creación de campos magnéticos a partir de electricidad 128

15 **Magnitudes eléctricas** 129
15.1 *Resistencia eléctrica* 129
15.1.1 Unidad, múltiplos y submúltiplos 130
15.2 *Cantidad de electricidad* 130
15.3 *Intensidad de corriente (medida de la corriente eléctrica)* 131
15.3.1 Submúltiplos 131
15.3.2 Ejercicios de aplicación 132
15.4 *Fuerza electromotriz. Diferencia de potencial* 133
15.4.1 Símiles hidráulicos 133
15.4.2 Unidad, múltiplos y submúltiplos 134
15.5 *Aparatos de medida* 134
15.5.1 Voltímetro 134
15.5.2 Amperímetro 135
15.5.3 Ohmímetro u óhmetro 135
15.6 *Ley de Ohm* 135
15.6.1 Potencial eléctrico en un circuito 136
15.6.2 Ejercicios de aplicación 136
15.7 *Potencia y energía eléctrica* 137
15.7.1 Diferentes formas de expresar la potencia eléctrica 138
15.7.2 Energía eléctrica 138
15.7.3 Unidades, múltiplos y submúltiplos 138
15.7.4 Aparatos de medida 139
15.7.5 Ejercicios de aplicación 139

16 **Resistencia eléctrica** 142
16.1 *Cálculo de la resistencia de un conductor* 142
16.1.1 Resistividad 143
16.1.2 Conductividad 143
16.1.3 Ejercicios de aplicación 143
16.2 *Conductancia* 144
16.3 *Clases de resistencias* 144
16.3.1 Resistencias fijas 144
16.3.2 Resistencias variables 145
16.3.3 Resistencias dependientes 146
16.4 *Efecto Joule* 147
16.4.1 Ejercicios de aplicación 148
16.4.2 Aplicaciones 149
16.4.3 Cálculo de fusibles 149
16.5 *Variación de la resistencia en función de la temperatura* 150
16.5.1 Ejercicio de aplicación 150
16.6 *Acoplamiento de resistencias en serie* 151
16.6.1 Cálculo de la resistencia equivalente 151
16.6.2 Características eléctricas del circuito 151
16.6.3 Ejercicio de aplicación 152
16.7 *Acoplamiento de resistencias en paralelo* 153
16.7.1 Cálculo de la resistencia equivalente 153
16.7.2 Características eléctricas del circuito 154
16.7.3 Ejercicio de aplicación 154
16.8 *Circuitos mixtos (serie-paralelo)* 155
16.8.1 Ejercicios de aplicación 155

17 **Condensadores** 159
17.1 *Introducción* 159
17.1.1 Funcionamiento de un condensador 159
17.1.2 Elementos de un condensador 159
17.2 *Capacidad de un condensador* 160
17.2.1 Relación de la capacidad con la tensión y la carga 160
17.2.2 Unidades de capacidad 160
17.2.3 Relación de la capacidad con las dimensiones 161
17.2.4 Valores de la constante dieléctrica. Ejercicios de aplicación 161
17.3 *Carga y descarga de un condensador. Símil hidráulico* 162
17.3.1 Símil hidráulico 162
17.4 *Perforación del dieléctrico* 163
17.5 *Clases de condensadores* 163
17.5.1 Condensadores fijos 163
17.5.2 Condensadores variables 165
17.6 *Asociación de condensadores* 165
17.6.1 Asociación serie 165
17.6.2 Asociación paralelo 166
17.6.3 Ejercicios de aplicación 167

18 **Bobinas** 168
18.1 *Introducción al electromagnetismo* 169
18.2 *Campo creado por un conductor rectilíneo* 169
18.2.1 Sentido de las líneas de fuerza 169
18.2.2 Atracción o repulsión de dos corrientes 169
18.2.3 Inducción magnética en un punto 170
18.3 *Campo creado por una espira* 171
18.4 *Campo creado por un solenoide (bobina)* 171
18.4.1 Inducción magnética 171
18.4.2 Coeficiente de permeabilidad 172
18.4.3 Intensidad de campo magnético 172
18.5 *Clases, bobinas y circuitos magnéticos* 173
18.5.1 Circuitos magnéticos 174

MANEJO Y PREPARACIÓN DE CONDUCTORES

19 **Materiales aislantes** 175
19.1 *Materiales aislantes* 175
19.2 *Propiedades de los aislantes* 176
19.2.1 Propiedades eléctricas 176
19.2.2 Propiedades mecánicas 177
19.2.3 Propiedades químicas 177
19.2.4 Características térmicas 177
19.3 *Plásticos* 177
19.4 *División de los plásticos* 177
19.4.1 Termoestables 177
19.4.2 Termoplásticos 178
19.5 *Fabricación de piezas en plástico* 178
19.5.1 Por inyección 178
19.5.2 Por prensado 178
19.5.3 Por expulsión 178
19.6 *Aislantes y cubiertas para conductores* 179
19.6.1 Goma sintética SBR 179
19.6.2 Policloruro de vinilo. Pirepol 179
19.6.3 Policloruro de vinilo. Sintenax 179
19.6.4 Etileno propileno 179
19.6.5 Polietileno reticulado 179
19.6.6 Papel impregnado 179
19.7 *Cubiertas para conductores* 179
19.7.1 Policloropreno (neopreno) 179
19.7.2 Policloruro de vinilo. Pirepol 179
19.7.3 Policloruro de vinilo. Sintenax 179
19.7.4 Plomo 180

20 **Conductores: hilos y cables** 180
20.1 *Conductores eléctricos* 181
20.2 *Hilos y cables* 181
20.3 *Densidad de corriente eléctrica* 181
20.4 *Recubrimiento de los conductores* 182
20.5 *Tipos de conductores* 183
20.5.1 Tipo IAAR 183
20.5.2 Tipo IKB 183
20.5.3 Tipo 3 900 BT 183
20.5.4 Tipo GTR 183
20.5.5 Tipo pirepol 183

21 **Herramientas utilizadas en la especialidad** 185
21.1 *Herramental de la especialidad* 185
21.1.1 Destornilladores 185
21.1.2 Alicates 186
21.1.3 Pinzas y agarradores 186
21.1.4 Tijeras de electricista 186
21.1.5 Cuchillo de electricista 187
21.1.6 Pelahilos 187
21.1.7 Barrena de mano 187
21.1.8 Llaves 187
21.1.9 Cinta métrica 187
21.1.10 Guía 187
21.2 *Precauciones contra la oxidación de las herramientas* 188

INSTALACIONES BASICAS DE ALUMBRADO

22 **Alumbrado con lámparas incandescentes** 189
22.1 *Naturaleza de la luz* 189
22.2 *Percepción de la luz. El ojo humano* 191
22.3 *Magnitudes y unidades fotométricas* 191
22.3.1 Flujo luminoso 191
22.3.2 Intensidad luminosa 191
22.3.3 Nivel de iluminación 192
22.3.4 Luminancia 192
22.4 *Rendimiento luminoso* 193
22.5 *Nivel de iluminación de locales* 193
22.6 *Lámparas incandescentes* 193
22.6.1 Filamento 193
22.6.2 Ampolla 194
22.6.3 Casquillo 194
22.7 *Tipos y fabricación* 195
22.7.1 Lámparas con filamento de carbón y vacío interior 195
22.7.2 Lámparas con filamento metálico y vacío interior 195
22.7.3 Lámparas con filamento metálico y atmósfera gaseosa interior 195
22.8 *Instalaciones de puntos de luz* 195
22.8.1 Punto de luz simple 196
22.8.2 Lámpara gobernada desde dos puntos 196
22.8.3 Lámpara gobernada desde tres puntos 196

23 **Alumbrado con lámparas de descarga** 197
23.1 *Principio de las lámparas de descarga* 198
23.1.1 Luminiscencia 193
23.1.2 Luminiscencia por descarga eléctrica en un gas 198
23.2 *Lámparas fluorescentes* 198
23.2.1 Tubo de descarga 198
23.2.2 Casquillos de conexión y electrodos 198
23.2.3 Gas de relleno 199
23.2.4 Polvos fluorescentes 199
23.3 *Componentes de un equipo fluorescente* 199
23.3.1 Reactancia 199
23.3.2 Cebador 199
23.4 *Instalaciones de tubos fluorescentes* 200
23.4.1 Instalación de tubos iguales con una sola reactancia 200
23.4.2 Instalación de tubos de encendido rápido 200
23.5 *Otros tipos de lámparas de descarga* 201
23.5.1 Lámparas de vapor de sodio 201
23.5.2 Lámparas de vapor de mercurio 201
23.5.3 Lámparas de halogenuros metálicos 202
23.5.4 Lámparas de neón 202

24 **Materiales utilizados en instalaciones interiores domésticas** 203
24.1 *Generalidades* 203
24.2 *Aparatos de maniobra* 203
24.2.1 Interruptor 203
24.2.2 Conmutador 204
24.2.3 Conmutador de cruzamiento 204
24.2.4 Pulsador 205
24.2.5 Regulador de iluminación 205
24.3 *Aparatos de conexión* 205
24.3.1 Base de enchufe 205
24.3.2 Clavija 206
24.3.3 Clavijas múltiples y adaptadores 206
24.3.4 Portalámparas 207
24.3.5 Portatubos y portacebadores 207
24.4 *Aparatos de protección* 208
24.4.1 Cortacircuitos fusibles 208
24.4.2 Cortacircuitos automáticos 208
24.4.3 Interruptores diferenciales 208

25 **Señalización** 209
25.1 *Generalidades* 209
25.2 *Señalizaciones acústicas* 210
25.2.1 Timbre 210
25.2.2 Zumbador 210
25.3 *Señalizaciones ópticas* 211
25.3.1 Señalizaciones visuales 211
25.3.2 Señalizaciones luminosas 211
25.4 *Automáticos de escalera* 214

26 **Instalaciones de cuadros de mando y maniobra** 215
26.1 *Elementos de mando* 215
26.1.1 Interruptores 216
26.1.2 Selectores 216
26.1.3 Conmutadores 217
26.1.4 Pulsadores 217
26.2 *Dispositivos de maniobra* 218
26.2.1 Definición y principio de funcionamiento de un relé 218
26.2.2 Relés auxiliares 219
26.2.3 Relés temporizados 219
26.2.4 Contactores 220
26.3 *Protección: relés y fusibles* 220
26.3.1 Fusibles 220
26.3.2 Relés de protección 221
26.3.3 Relés electromagnéticos 221
26.3.4 Relés magnetotérmicos 222
26.4 *Centros de mando y control* 222

BOBINADOS

27 **Bobinados básicos** 224
27.1 *Generalidades sobre electroimanes* 224
27.2 *Magnitudes utilizadas en cálculos de electroimanes* 225
27.3 *Circuito magnético de los electroimanes* 225
27.4 *Bobinas de los electroimanes* 226
27.5 *Cálculo de electroimanes* 226
27.5.1 Fuerza de atracción 226
27.5.2 Fuerza magnetomotriz (f. m. m.) total 227
27.5.3 Cálculo de las bobinas 228
27.6 *Bobinadoras* 229
27.6.1 Bobinadoras manuales 229
27.6.2 Bobinadoras automáticas 230

28 **Bobinados de transformadores** 231
28.1 *Introducción* 231
28.2 *Conductores empleados en bobinados* 232
28.2.1 Hilos 232
28.2.2 Cables 232
28.2.3 Pletinas 232
28.3 *Materiales aislantes para bobinados* 232
28.3.1 Esmaltes con aceites 232
28.3.2 Esmaltes sintéticos 233
28.3.3 Algodón, seda y rayón 233
28.4 *Impregnación y recubrimiento* 233
28.5 *Circuitos magnéticos para transformadores* 233
28.6 *Bobinas. Su colocación* 234
28.7 *Bobinados toroidales* 235

29 **Bobinado de motores** 236
29.1 *Constitución del motor universal* 236
29.1.1 Funcionamiento 237
29.2 *Bobinas polares* 237
29.3 *Bobinado del inducido* 238
29.4 *Proceso de bobinado del inducido* 238
29.5 *Motores trifásicos* 239
29.5.1 Funcionamiento 240
29.6 *Bobinado de los motores trifásicos* 240
29.6.1 Tipos de bobinados 241
29.6.2 Realización del bobinado 241
29.7 *Conexionado* 241

NORMALIZACION

30 **Simbología y normalización** 243
30.1 *Normalización* 243
30.2 *Hojas de normas* 244
30.3 *Aplicación de las normas* 244
30.4 *Esquema* 244
30.4.1 Tipos de esquemas 244
30.4.2 Clases de representación de esquemas 245
30.5 *Aplicación de los símbolos* 246
30.6 *Utilización de los símbolos* 246
30.7 *Normas para la representación de símbolos* 247
30.8 *Utilización de los símbolos* 249
30.9 *Utilización de los símbolos* 249
30.10 *Utilización de los símbolos* 250
30.11 *Utilización de los símbolos* 252
30.12 *Utilización de los símbolos* 253
30.13 *Algunos símbolos utilizados, según las normas DIN* 255
30.14 *Algunas normalizaciones eléctricas* 256
30.14.1 Del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión 256
30.14.2 De UNE (Una Norma Española) 258

1. Técnicas mecánicas

Tema 1. Puesto de trabajo

OBJETIVOS

— *Conocimiento de la utilidad de cada uno de los accesorios que componen el banco de trabajo.*
— *Conservación y limpieza del banco y demás herramientas.*

GUION

— El banco de trabajo del electricista.
— Banco de ajustador.
— Tornillo de banco.
— Normas para la conservación del tornillo de banco.
— Otras herramientas usadas para la sujeción:
  Mordazas para tubos.
  Entenallas.
  Mordazas para redondos.
  Gatos o sargentos de apriete.

PUNTOS CLAVE

— Conocimiento y utilización del tornillo de banco.
— Utilización de accesorios para trabajos especiales.
— Conservación del banco y herramental.

EXPOSICION DEL TEMA

1.1 El banco de trabajo del electricista

El banco de trabajo, para la especialidad eléctrica, debe ser de madera; de construcción sólida y con una altura de 80 a 90 cm. La anchura ideal suele ser de 70 cm. Hay bancos de uno, dos o tres puestos de trabajo. Deben estar provistos de cajones individuales para herramientas y pequeño material eléctrico. Estos cajones deberán tener un pequeño compartimiento para guardar en él las herramientas más delicadas.

El banco tiene que ir equipado con un cuadro provisto de toma de corriente, lámpara de serie y aparato de protección.

1.2 Banco de ajustador

Consta esencialmente de una robusta mesa donde se fija el *tornillo de banco* que, a su vez, sirve para fijar las piezas que deban trabajarse.

Es ordinariamente de madera o de madera y metal combinados. También

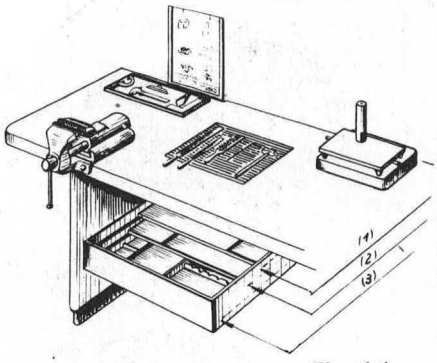


Fig. 1.1

se hacen totalmente metálicos. Su construcción debe ser sólida, su altura de 80 a 90 cm y su ancho de 70 a 80 cm. Puede ser sencillo o doble (fig. 1.2).

En este banco se fijan los llamados tornillos de banco, los cuales no deben estar demasiado juntos unos con otros; de disponer de espacio suficiente, será conveniente colocarlos a 1,50 m de distancia; la mayor o menor separación dependerá del tipo de trabajo normal que deba realizarse en la sección de ajuste.

Debajo de la mesa, se dispone de uno o dos cajones por tornillo para guardar en ellos las herramientas (figs. 1.1 y 1.3).

Deben tener los bancos algún dispositivo o sistema para sostener los dibujos, de manera que no se deterioren.

En los bancos dobles es recomendable que haya en el centro una pequeña repisa, a manera de separación, no más alta de 20 cm. La separación representada en la figura 1.2 es muy práctica, pues sirve no sólo para proteger a los operarios que trabajen uno frente al otro, sino también para poder colgar en ellos unos marcos o tableros con los dibujos.

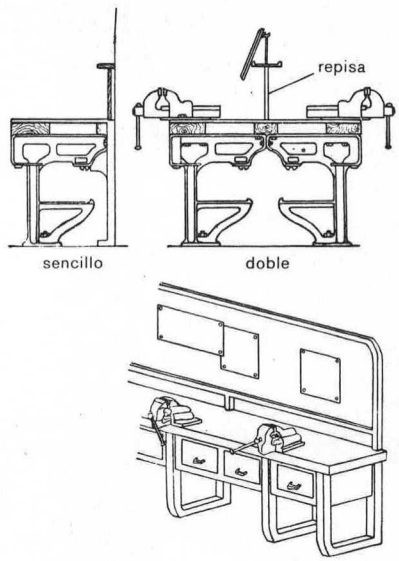


Fig. 1.2 Banco de ajustador.

1.3 Tornillo de banco

El banco dispondrá de tornillos paralelos (fig. 1.4) de acero forjado o fundido para sujetar las piezas sobre las que se trabaja. Estos tornillos constan de una parte fija (1) sujeta al banco, y otra móvil (2) que encaja en la fija mediante unas guías. La apertura, el cierre y el apriete se realizan al roscar un tornillo acoplado a la parte móvil en una tuerca alojada en la parte interior de la mandíbula fija. Esta operación se realiza mediante una palanca (4) colocada en el extremo externo del tornillo.

En las mandíbulas, tanto la fija como la móvil van atornilladas unas mordazas estriadas (3) que permiten una mejor sujeción de las piezas a trabajar.

Los tornillos de banco pueden ser fijos o giratorios; estos últimos pueden girar en redondo para una mejor orientación de la pieza a trabajar (fig. 1.5).

Para trabajos fuertes como forja, doblado de hierros, corte mediante cincel, etc., se emplean tornillos especiales mucho más robustos (fig. 1.6).

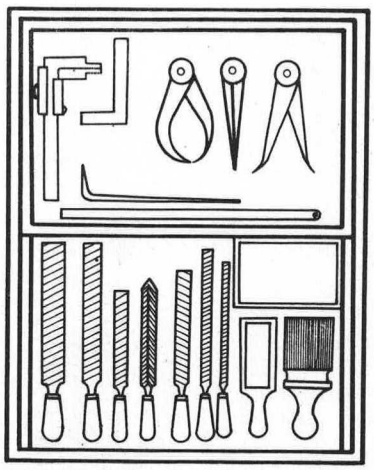


Fig. 1.3 Limas ordenadas en cajones.

1.4 Normas para la conservación del tornillo de banco

Para conservar el tornillo de banco en perfectas condiciones de trabajo, se deben seguir las siguientes normas:

1.ª Limpiarlo frecuentemente para impedir que se acumulen limaduras en las guías y partes de roce.

2.ª No limar las mandíbulas del tornillo. Para evitarlo se pondrá mucho cuidado en la colocación de las piezas.

3.ª Se procurará, siempre que sea posible, colocar las piezas en el centro de la mordaza, evitando así esfuerzos irregulares que deformen el tornillo.

4.ª No dejar apretadas las mandíbulas después de terminado el trabajo.

5.ª No golpear la palanca de apriete para conseguir una mayor firmeza.

6.ª Engrasar las guías, eliminando el exceso de grasa para evitar que las limaduras queden adheridas.

7.ª Cuando sea necesario golpear sobre piezas colocadas en el tornillo, hacerlo siempre en el sentido de la parte fija del tornillo, de tal forma que sea ésta la que sufra y no la móvil.

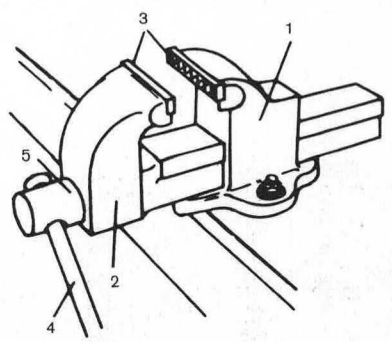


Fig. 1.4 Tornillo de banco.

1.5 Otras herramientas usadas para la sujeción

Además de los tornillos de banco, se utilizan otras herramientas para la sujeción de piezas. Las más corrientes son: mordazas para tubos, entenallas, mordazas para redondos y gatos o sargentos de apriete.

1.5.1 *Mordazas para tubos*

Para la sujeción de tubos se emplean unas mordazas especiales (fig. 1.7) que, al tener muchos puntos de contacto con el tubo, permiten la sujeción sin realizar una gran presión. Se logra evitar así la deformación del tubo, cosa que sucedería si se empleara un tornillo normal.

1.5.2 *Entenallas*

Esta herramienta (fig. 1.8) es muy interesante para la fijación de piezas difíciles de sujetar con las manos. Otros trabajos, como la unión de varias chapas para taladrar, soldar, etc., se realizan cómodamente con las entenallas.

1.5.3 *Mordazas para redondos*

Se utiliza esta herramienta (fig. 1.9) para sujetar pequeñas piezas cilíndricas y varillas para roscar. Los orificios de fijación pueden ser redondos o cuadrados. Mediante un fleje de acero se mantienen unidas sus dos partes en posición de apertura. La herramienta en cuestión se acopla a las mordazas ordinarias de los tornillos de banco.

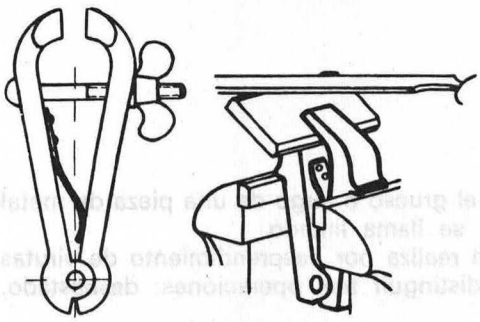


Fig. 1.8 Entenallas y tornillo de mano.

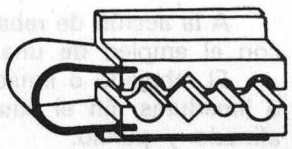


Fig. 1.9 Mordaza para sujetar redondos.

1.5.4 *Gatos o sargentos de apriete*

Esta herramienta (fig. 1.10) sirve para la sujeción de piezas de madera en la operación de encolado, aserrado, taladrado, etc.

También se utiliza para sujetar pletinas, perfiles de hierro, etc., en su proceso de mecanizado.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Recopilar información sobre tornillos de banco y describir algunos de características especiales.

CUESTIONARIO

1.1 ¿Por qué las mandíbulas están estriadas?

1.2 ¿Por qué, al golpear una pieza sujeta al tornillo, hay que hacerlo en la dirección de la parte fija?

1.3 ¿Por qué las mordazas para sujetar tubos han de tener muchos puntos de contacto?

1.4 ¿Cómo sujetarías una pieza pulida en un tornillo con mandíbulas normales?

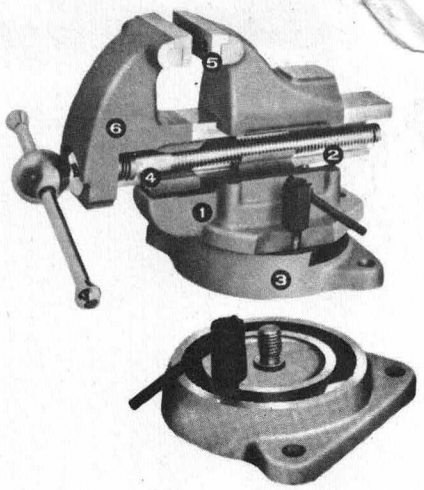


Fig. 1.5 Tornillo giratorio.

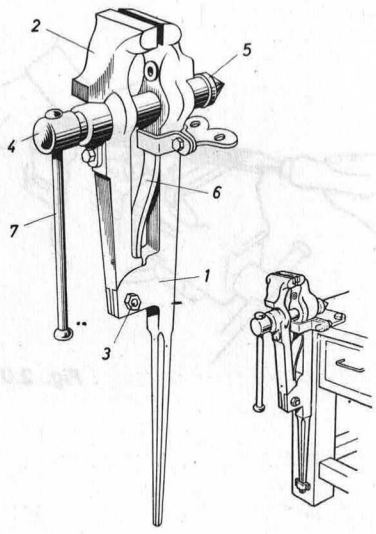


Fig. 1.6 Tornillo articulado.

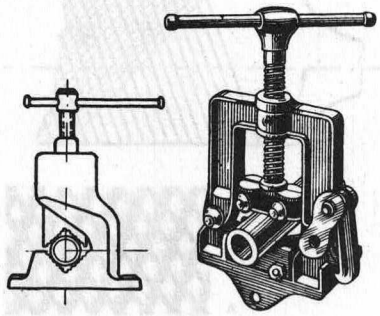


Fig. 1.7 Sujeción de tubos.

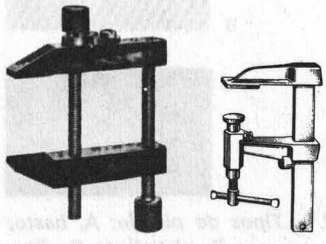


Fig. 1.10 Sargentos.

Tema 2. **Limado**

OBJETIVOS

— *Conocimientos fundamentales de las herramientas complementarias de empleo frecuente en la profesión.*

— *Descripción de una lima, considerando sus partes esenciales.*

— *Nomenclatura específica por la que se clasifica una lima: por su picado, forma y tamaño.*

— *Seleccionar las distintas clases de limas según el material a trabajar.*

— *Conocer las normas, la conservación y el empleo de las limas.*

GUION

— Limado.
— Las limas.
— Mangos para limas y su colocación.
— Altura del tornillo.
— Posición del operario.

— Manera de agarrar la lima.
— Elección de las limas.
— Dirección del limado.
— Normas para el cuidado de las limas.
— Fijación de las piezas en el tornillo de banco.

PUNTOS CLAVE

— Colocación de mangos.
— Normas de seguridad en el manejo de las limas.
— Criterios de selección para el correcto empleo de la lima.
— Posturas idóneas en la operación de limado.
— Prevención de accidentes.
— Orientaciones y consejos prácticos.

EXPOSICION DEL TEMA

2.1 Limado

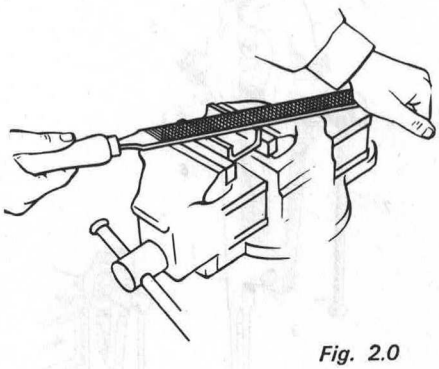


Fig. 2.0

A la acción de rebajar la anchura y el grueso o largo de una pieza de metal con el empleo de una lima adecuada, se llama limado.

El rebajado o limado de la pieza se realiza por desprendimiento de virutas o limaduras. En el limado se pueden distinguir tres operaciones: desbastado, afinado y pulido.

El desbastado se realiza empleando una lima de picado basto, que arranca material en grandes limaduras. Este limado deja profundas rayas en la superficie de la pieza.

El afinado se hace empleando, primeramente, limas de picado entrefino y, a continuación, limas finas lo que hace que la superficie de las piezas quede libre de huellas apreciables a simple vista.

El pulido o acabado de las piezas se logra con una lima fina, sobre la que se deposita tiza. La tiza se hace pasar sobre los dientes hasta que queden rellenados. El pulido se debe realizar ejerciendo poca presión sobre la lima y guardando especial atención en que ésta se mantenga sin limaduras adheridas al picado ya, que éstas podrían rayar la superficie a pulir.

2.2 Las limas

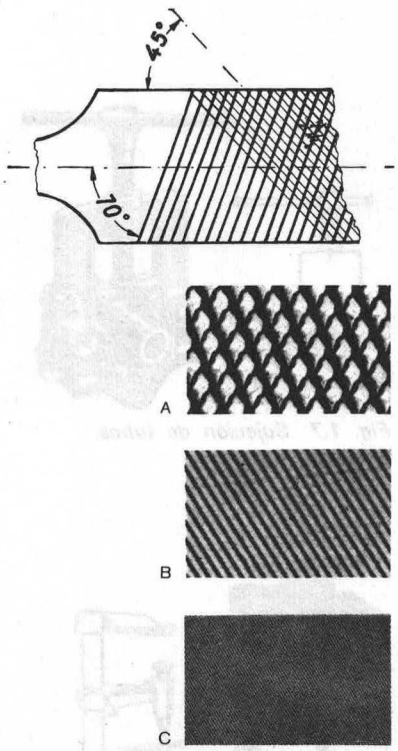


Fig. 2.1 Tipos de picado: A, *basto;* B, *entrefino;* C, *fino.*

Las limas son piezas de acero de muy variadas formas con las superficies rayadas y debidamente templadas. Al deslizar las limas sobre la superficie de las piezas ejerciendo la debida presión, se produce la operación del limado.

Las limas más empleadas son las de picado doble, que consiste en un doble rayado: el primero con un ángulo de unos 70° respecto al eje de la lima y el segundo, menos profundo, con un ángulo aproximado de 45° (fig. 2.1).

Las limas se distinguen:

1.° Por su picado, que puede ser: basto, entrefino y fino (fig. 2.1).

2.° Por su longitud, dada en pulgadas y midiendo solamente la parte útil o cuerpo (fig. 2.2).

3.° Por su forma o sección transversal (fig. 2.3).

a) plana paralela;
b) plana de punta;
c) triangular;
d) cuadrada;
e) mediacaña;
f) redonda.

En la tabla 2.4 vemos las propiedades y empleo de las limas.

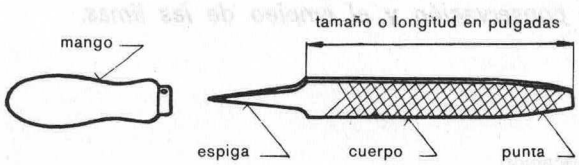


Fig. 2.2 Partes de una lima.

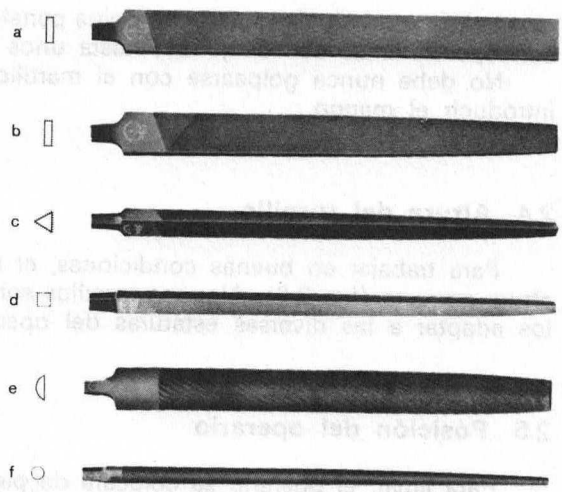
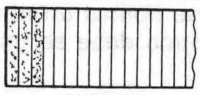
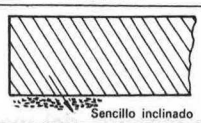
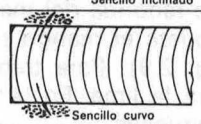
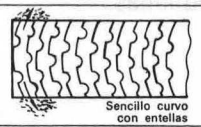
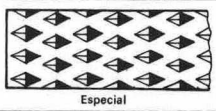
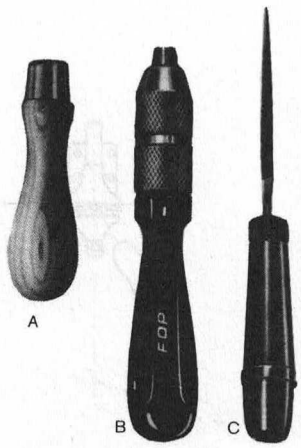


Fig. 2.3 Formas de limas.

Tabla 2.4 Propiedades y empleo de las limas

Picado	*Propiedades*	*Empleo*
 Doble o cruzado	Los dientes están desplazados con el fin de evitar huellas.	Limado de materiales férreos (aceros, fundiciones...).
 Sencillo recto	Lima embotada, la viruta no cae.	Limado de materiales blandos: (estaño, plomo, zinc, aluminio...).
 Sencillo inclinado	Expulsa la viruta por el costado.	
 Sencillo curvo	Expulsión de la viruta por ambos lados. Se debe hacer mucho esfuerzo sobre la lima.	
 Sencillo curvo con entellas	Expulsión de la viruta por ambos lados. No se necesita tanto esfuerzo como en el caso anterior.	Limado de madera, cuero, plástico...
 Especial	Los dientes están independientes entre sí y alejados unos de otros.	



2.3 Mangos para limas y su colocación

Para su fácil y seguro manejo, las limas deben ir provistas de mango. Estos mangos suelen ser de madera dura. Hoy día se está extendiendo el uso de mangos de material plástico. El tamaño debe ser adecuado a la medida de la lima (fig. 2.5).

Para la colocación del mango, se efectúa un taladro centrado de diámetro menor que el que corresponde al extremo puntiagudo de la espiga y con una profundidad igual a la longitud de la misma. Seguidamente se pasará una broca de diámetro igual al ancho que tiene la espiga, a los dos tercios de la punta. La profundidad de este segundo taladro será la mitad de la longitud de la espiga o cola.

Hecho el taladro, se coloca la espiga de la lima en él y, sujetando la lima con la mano, se golpea el mango sobre una superficie dura y firme. De esta

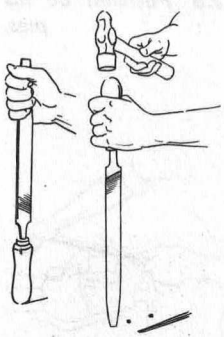


Fig. 2.5 Mangos de lima: A, *de madera;* B, *especial con pinza;* C, *de plástico.*

manera se va consiguiendo que la espiga penetre en el mango hasta unos 15 mm del tope en limas de 10" y 12", hasta unos 10 mm en limas menores.

No debe nunca golpearse con el martillo sobre la punta de la lima para introducir el mango.



Fig. 2.6 Altura correcta del tornillo.

2.4 Altura del tornillo

Para trabajar en buenas condiciones, el tornillo de banco debe estar a la altura correcta (fig. 2.6). Algunos tornillos son regulables en altura para poderlos adaptar a las diversas estaturas del operario.

2.5 Posición del operario

Para limar, el operario se colocará de pie, de manera que el pie izquierdo quede algo adelantado y cerca de la vertical del tornillo de banco (figs. 2.7 y 2.8).

El tronco deberá acompañar ligeramente al movimiento de la lima cuando se desbaste. Para pulir o cuando se empleen limas pequeñas, deberá mantenerse más bien quieto.

Es decir, que para trabajos de desbaste, el cuerpo no deberá permanecer rígido. Así intervienen todos los músculos del cuerpo que ayudan al empuje rítmico y evitan el cansancio prematuro.

Con limas finas o pequeñas, actúan sólo la muñeca y el codo.

El ritmo y la precisión sobre la lima, dependen del tamaño de la misma, de la clase de material y del tipo de trabajo. Puede considerarse normal un ritmo de 40 a 60 golpes por minuto. Trabajando aceros duros, el ritmo debe ser más lento.



Fig. 2.7 Posición correcta del limado.

2.6 Manera de agarrar la lima

La lima se agarra con la mano derecha, para que la parte redonda del mango se apoye contra la palma de la mano. El dedo pulgar aprieta el mango por arriba, mientras los otros cuatro lo rodean por debajo [1] (fig. 2.9). Para trabajos especiales, ya indicaremos en cada caso cómo se agarra la lima. En la figura 2.10 observamos cómo hay que agarrar las limas pequeñas.

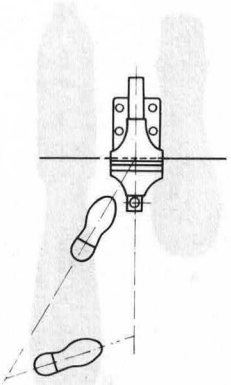


Fig. 2.8 Posición de los pies.

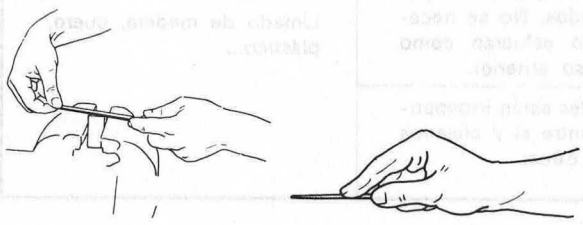


Fig. 2.10 Cómo agarrar las limas pequeñas.

2.7 Elección de las limas

Cuando se desea limar materiales muy duros deben emplearse limas de picado fino; y para materiales blandos como cobre, aluminio, etc., limas de picado basto. Para plomo y madera se emplean limas especiales llamadas escofinas. Para aleaciones de cobre no deben emplearse limas que se hayan utilizado para limar aceros, porque resbalarían.

En la tabla 2.11 se presenta gráficamente la aplicación de las limas, sus propiedades y empleo.

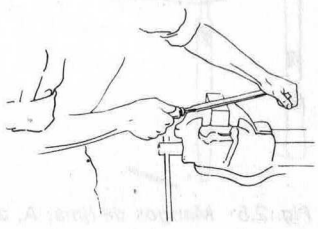


Fig. 2.9 Cómo agarrar la lima.

[1] Si se es zurdo o ambidextro, se agarra la lima de igual forma a la explicada para la mano derecha. Resulta muy práctico saber trabajar con ambas manos.

Tabla 2.11 Aplicaciones de las limas, propiedades y empleo

Perfil de la lima	Aplicaciones
	Limado de superficies planas.
	Limado de cuadrados interiores y chavetas
	Limado de ángulos mayores de 60° y avivar esquinas.
	Limado de ángulos pequeños.
	Limado de superficies cóncavas de poco radio.
	Limado de superficies cóncavas de gran radio y planas.

2.8 Dirección del limado

La lima debe moverse, en general, en dirección horizontal formando un ángulo de 45° con el borde de la pieza. A cada movimiento de vaivén, corre también en sentido transversal una distancia aproximadamente igual a la mitad del ancho de la lima. Una vez esté limada la pieza en una dirección, se cruzará el rayado limando perpendicularmente a la dirección anterior. La uniformidad del rayado indica la perfección del trabajo realizado (fig. 2.12).

Este limado cruzado tiene también por objeto hacer desaparecer las ondulaciones o rayas que se hayan producido limando en un solo sentido. Algunas veces, para acabar y pulir la pieza, se emplean limas finas de través, como se ve en la figura 2.13. Sin embargo, no debe abusarse del limado de través, ya que, si bien es cierto que el aspecto de la pieza queda muy favorecido, la precisión es menor, si no se hace con sumo cuidado.

Para aprender a limar en dirección exactamente horizontal, cosa que es esencial para el ajustador, son precisas mucha constancia y atención, comprobando a menudo la pieza que se trabaja.

Dicha comprobación se hace con escuadras, reglas, mármoles, calibres, etc., como más adelante se expone.

El ritmo de limado y la presión sobre la lima dependen:
— de la clase de material;
— del tamaño de la lima;
— del tipo de trabajo.

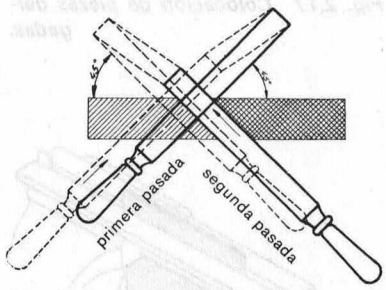
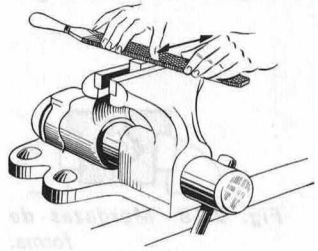


Fig. 2.12 Dirección del limado.


Fig. 2.13 Limado a través.

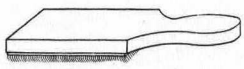
2.9 Normas para el cuidado de las limas

1.ª Cuando se use una lima por primera vez, se debe engrasar ligeramente la superficie a emplear.

2.ª La lima debe gastarse primero por una de las caras, dando con tiza a la otra para su mejor localización.

3.ª Cuando se tengan que limar piezas cubiertas de cascarilla u óxido, se procurará quitar esa capa con una lima vieja; de no disponer de ella, se hará con una de las aristas de la lima nueva.

4.ª La lima debe mantenerse limpia, quitando las limaduras que se alojen en el picado con la ayuda de una carda de hilos de acero (fig. 2.14).


Fig. 2.14 Carda.

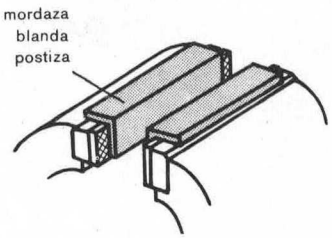


Fig. 2.15 Empleo de mordazas postizas.

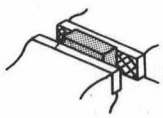


Fig. 2.16 Colocación de piezas centradas en las mordazas.

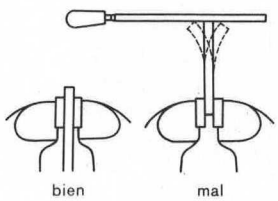


Fig. 2.17 Colocación de piezas delgadas.

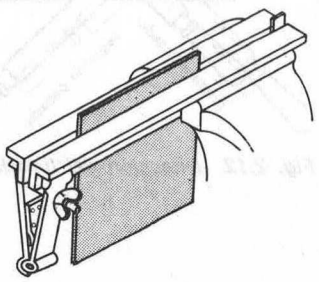


Fig. 2.18 Sujeción de piezas largas.

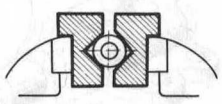


Fig. 2.19 Mordazas de forma.

Esta operación de limpiado con la carda se ha de hacer con especial cuidado, frotando siempre en el sentido del picado. Si se frota descuidadamente en otro sentido, lo único que haremos será desgastar la lima con los hilos de acero de la carda.

5.ª No emplear la lima como palanqueta ni para golpear, ya que al ser de acero templado, puede saltar en trozos y lesionar gravemente la cara, ojos, etcétera.

6.ª Las limas no deben amontonarse unas con otras ni con el resto de las herramientas. Deben colocarse por separado y, a ser posible, envueltas en un paño.

2.10 Fijación de las piezas en el tornillo de banco

La operación de limar requiere, ante todo, la fijación de la pieza en el tornillo de banco.

Las piezas ya desbastadas o pulidas, hay que protegerlas, colocando mordazas postizas (fig. 2.15) y hacer lo mismo con piezas delicadas que puedan deformarse; pueden emplearse también mordazas fijas rectificadas y sin estrías para trabajos de precisión. En las figuras 2.16 a 2.19 pueden verse otras particularidades.

SEGURIDAD E HIGIENE

— Importancia de la postura adecuada.

— El maestro debe corregir, ya desde el principio, todo aquello que pueda ser perjudicial para el alumno y llevarle a evitar la adquisición de defectos y vicios profesionales.

— Recuérdese, además de lo dicho en el apartado de los mangos, que para hacer el taladro previo a la colocación de las limas en los mangos, es preciso sujetarlos bien durante la operación; y no solamente con la mano por el daño que ello pudiera ocasionar.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Importancia de los mangos en las limas.

— Explicar motivos para la variedad de picado en las limas.

— Observa a tus compañeros y a profesionales, ya mayores, durante el trabajo de limado y haz un comentario crítico, y por escrito, de los detalles que te parezcan importantes desde el punto de vista de seguridad e higiene.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— Colocación de mangos de lima.

— Selecciona y ordena las varias limas de tu equipo en tu puesto de trabajo: durante el trabajo; al terminar el trabajo.

— Limpieza de las limas, empleo de la carda.

— Ejercítate en empuñar correctamente limas de varios tamaños.

— Ejercítate en limar corrigiendo posiciones incorrectas.

CUESTIONARIO

2.1 ¿Cómo pueden ser los picados de las limas?

2.2 Dibuja la manera correcta de poner el mango a las limas.

2.3 Según el grado de corte se distinguen tres tipos de limas. ¿Cómo se denominan?

2.4 ¿Qué ángulo en grados suelen tener el picado doble y el sencillo?

2.5 Defectos que pueden tener las limas.

2.6 Selecciona las distintas clases de limas según la dureza de los materiales.

2.7 Otras limas no son planas en su sentido longitudinal, ¿es una ventaja o inconveniente?

2.8 ¿Qué criterios seguirías para elegir las limas según su grado?

2.9 ¿Para qué es el anillo metálico en los mangos de madera?

2.10 Clases de limas según su forma. Haz una relación y dibuja la sección geométrica transversal de cada una.

2.11 ¿De qué clase de material se fabrican las limas?

2.12 Dibuja una lima y señala los nombres de las diferentes partes.

2.13 Cita alguna norma para fijar las piezas en los tornillos.

2.14 ¿Cómo lograrías la altura correcta del tornillo de banco:

— para un individuo muy alto;

— para uno muy bajo?

2.15 ¿Es siempre igual la posición del operario durante el limado? Pon algún ejemplo que justifique tu respuesta.

2.16 ¿Todas las limas se sujetan de igual manera?

2.17 ¿Qué es la operación de limado? ¿Qué objeto tiene?

2.18 ¿Qué precauciones hay que tomar al sujetar una pieza de pequeño espesor y de mucha longitud?

2.19 Indica dos ventajas del limado cruzado.

Tema 3. **Operaciones de limado a mano**

OBJETIVOS

— *Saber elegir de una manera concreta el proceso a seguir en el limado, en varios casos característicos.*

— *Orden a seguir para el limado de perfiles complejos.*

GUION

— Limado de superficies planas.
— Limado de superficies paralelas.
— Limado de ángulos convexos.
— Limado de ángulos cóncavos.
— Limado de superficies curvas, convexas.
— Limado de superficies cilíndricas cóncavas.
— Limado de superficies tangentes, cóncavas y convexas.
— Limado de perfiles complejos.

PUNTOS CLAVE

— Procesos de limado en casos concretos.

EXPOSICION DEL TEMA

3.1 Limado de superficies planas

Se lleva a cabo siguiendo este orden:

1.º *Desbastado.* Con lima gruesa o basta, comprobando de vez en cuando con regla y escuadra.

2.º *Aplanado.* Con limas entrefinas y finas, comprobando con guardaplanos (fig. 3.1).

3.º *Acabado.* Con lima finísima, limando en una sola dirección, comprobando en el mármol de verificar o con guardaplanos.

Cuando se trate de piezas largas y delgadas que se hayan de acabar por las dos caras, habrá que ir haciéndolas alternativamente de uno y otro lado, ya que, al limar una cara, suele deformarse la opuesta. Si se comprueba sobre el mármol, no ejercer presión para no deformar la pieza.

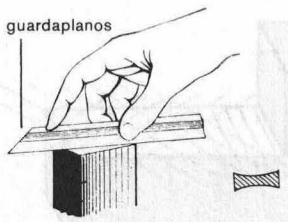


Fig. 3.1 Verificación con guardaplanos.

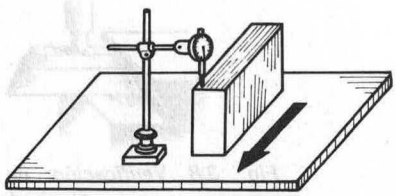


Fig. 3.2 Comparación de paralelismo.

3.2 Limado de superficies paralelas

Elaboración de superficies paralelas. Si las dos caras son externas, no habrá ninguna dificultad.

Se trabaja una, luego otra, tal como se indicó anteriormente y se comprobará el paralelismo con el compás de espesores, o el comparador (fig. 3.2). La medida se comprueba con el calibrador o pie de rey. Para piezas muy precisas, se puede usar también el micrómetro y los calibres fijos de tolerancia.

Si las dos caras paralelas son internas su limado (fig. 3.3) y comprobación serán más difíciles porque el operario no verá el trabajo hecho por la lima. Cuando las caras internas sean también paralelas a otras externas (fig. 3.4), se terminarán éstas en primer lugar, para que sirvan de referencia al trabajar las caras interiores.

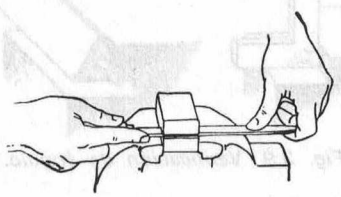


Fig. 3.3 Limado de caras internas estrechas.

3.3 Limado de ángulos convexos

En general se trata de ángulo de 90º.

1.º Se planea una cara, la de referencia [1].

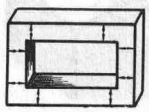


Fig. 3.4 Comprobación de caras paralelas internas.

[1] Superficie de referencia: es aquélla que primero se mecaniza y que sirve de base para las mediciones.

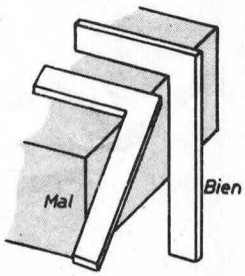


Fig. 3.5 Comprobación con escuadra.

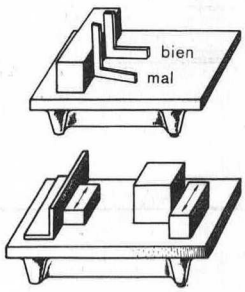


Fig. 3.6 Comprobación con cubos y mármol o mármol y escuadra.

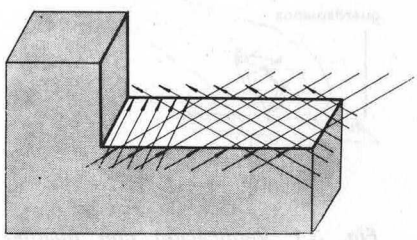


Fig. 3.7 Sentido del limado en ángulos cóncavos.

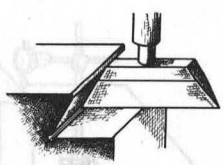


Fig. 3.8 Verificación de planitud.

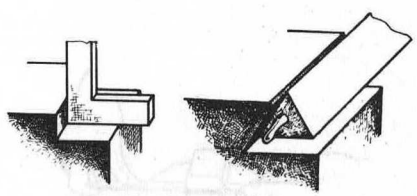


Fig. 3.9 Verificación de ángulo.

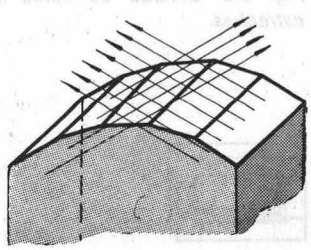


Fig. 3.10 Limado de superficies convexas.

2.º Se planea la otra cara y se comprueba el ángulo con escuadras fijas (fig. 3.5), con goniómetros, con dados o cubos-mármol (fig. 3.6).

3.4 Limado de ángulos cóncavos

Es más difícil que los convexos, ya que aquí no puede limarse cruzadamente al menos en toda la extensión (fig. 3.7).

1.º Se desbastan las dos caras del ángulo.

2.º Se van planeando ambas caras, y se comprueba la planitud (fig. 3.8) y el ángulo (fig. 3.9):

— no conviene terminar una cara y luego la otra, ya que fácilmente, al limar la segunda, se estropea la primera;

— siempre que sea posible o admisible, se hace una pequeña canal o entalladura en el vértice para facilitar la operación (fig. 3.8);

— la verificación final se hace, a ser posible, con una escuadra-mármol (fig. 3.9).

3.5 Limado de superficies curvas, convexas

Generalidades:

— trazar los límites de la curva y contornear limando a base de pequeños planos tangentes al trazado (fig. 3.10);

— se van matando las aristas de cada dos planos consecutivos por medio de otro nuevo plano también tangente;

— controlar la orientación de cada cara;

— la lima se llevará cruzada respecto de cada cara, hasta que dichos planos sean tan pequeños que se reduzcan a generatrices de la curva, en cuyo momento la lima se desplazará según estas generatrices (fig. 3.11).

3.5.1 *Casos particulares*

Existen varios casos particulares.

3.5.1.1 *Superficies cilíndricas libres*

— las intersecciones de las caras son paralelas al eje del cilindro y entre sí;

— colocar la plantilla de comprobación en cada extremo de la superficie y comprobar la rectilineidad de las generatrices (fig. 3.12).

3.5.1.2 *Superficies cónicas libres*

— las intersecciones de las caras en el desbaste convergen todas en el vértice del cono (fig. 3.13);

— la pendiente se comprueba con una plantilla que se colocará en la *mediana* de cada cara y por el centro del trazado.

Convendrá hacer una plantilla para cada extremo de la superficie (fig. 3.14) y comprobar la uniformidad con guardaplanos y escuadra. Las generatrices deben converger en el vértice del cono.

3.5.1.3 *Superficies secantes, no libres, a superficies planas*

— desbastar las dos superficies;

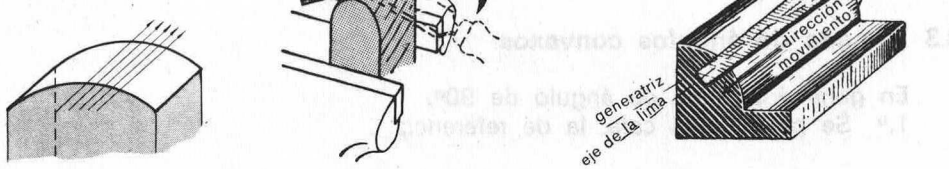


Fig. 3.11 Acabado de superficies convexas.

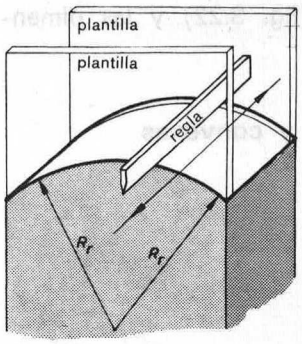


Fig. 3.12 Verificación de superficies redondas.

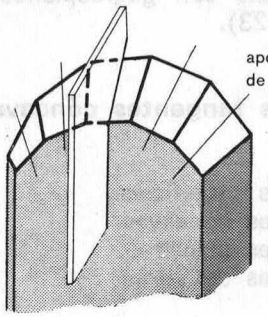


Fig. 3.13 Verificación de superficies curvas cónicas, libres en el desbaste.

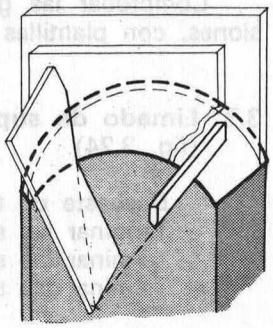


Fig. 3.14 Verificación de superficies curvas cónicas, libres en el acabado.

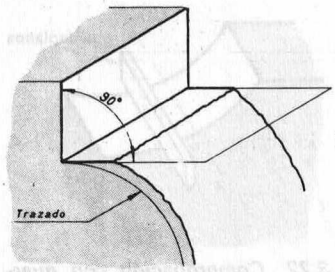


Fig. 3.15 Principio del limado de superficies secantes no libres.

— terminar el ángulo formado por la superficie plana y el plano tangente a la curva (fig. 3.15). Este ángulo sólo podrá terminarse limando en dirección del plano y de la generatriz de la curva (fig. 3.16);

— ir aproximando la curva por medio de caras tangentes;

— controlar con plantilla apoyada en la superficie plana, tomada como superficie de referencia (fig. 3.17).

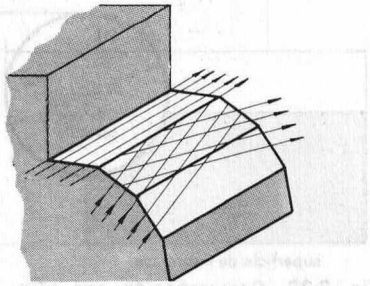


Fig. 3.16 Limado de superficies secantes no libres.

3.5.1.4 *Superficies tangentes a superficies planas*

— terminar las superficies planas;

— trazar las curvas;

— aproximarlas con caras tangentes, empezando por las próximas a las superficies planas (fig. 3.18);

— comprobar con plantillas entre surcos testigo [1] (fig. 3.19).

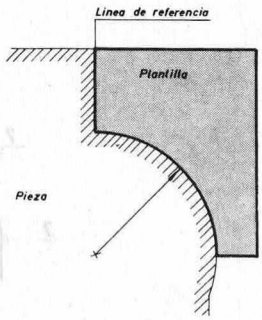


Fig. 3.17 Verificación con plantilla.

3.6 Limado de superficies cilíndricas cóncavas

Siempre que sea posible estas superficies se harán por medio de taladrado y escariado.

Generalidades:

— trazar la forma de los surcos testigo;

— elegir una línea redonda, media caña, etc., de radio ligeramente menor al de la curva;

— hacer un desbaste rápido limando en la dirección de las generatrices;

— acabar con movimientos cruzados utilizando la parte convexa de la lima y desplazándola lateralmente según la directriz de la curva; los desplazamientos longitudinales de la lima han de ser cortos ($\pm$ 20 mm) (figs. 3.20A y 3.20B).

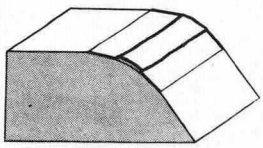


Fig. 3.18 Limado de superficies redondas tangentes a supervicies planas: iniciación.

3.6.1 *Superficies libres*

Si es posible, prever un exceso en las superficies límites de la curva (al ejecutar las curvas, las aristas se redondean), que se eliminará después de terminada la curva (fig. 3.21).

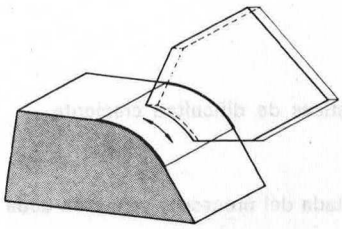


Fig. 3.19 Verificación de superficies curvas tangentes.

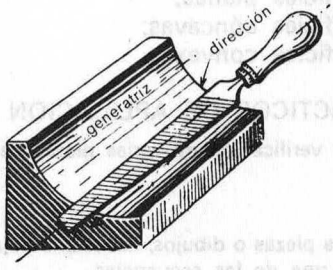


Fig. 3.20A Forma de limado de superficies cóncavas.

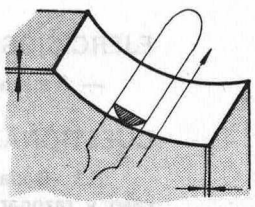


Fig. 3.20B Detalle del limado.

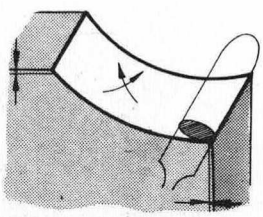


Fig. 3.21 Forma del limado de superficies cóncavas.

[1] Surcos testigo: llamamos así a las líneas trazadas o a los surcos hechos con una lima, en los extremos de la curva, de manera que se confunda con la generatriz de la curva en ese punto.

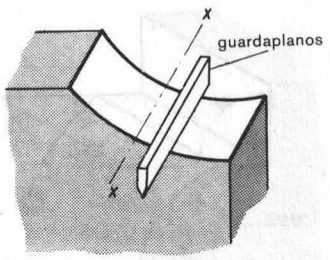


Fig. 3.22 Comprobación con guardaplanos.

Comprobar las generatrices con guardaplanos (fig. 3.22) y las dimensiones, con plantillas (fig. 3.23).

3.7 Limado de superficies tangentes cóncavas y convexas (fig. 3.24)

— Desbaste de todas las superficies.
— Terminar las superficies cóncavas.
— Terminar las superficies planas.
— Terminar las superficies convexas.

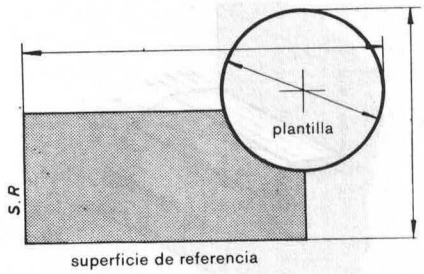


Fig. 3.23 Comprobación con plantilla.

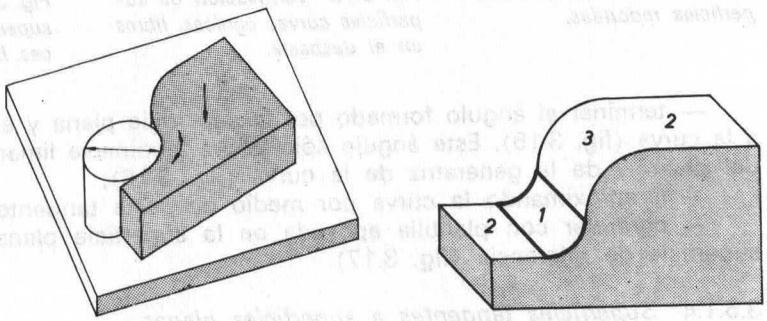


Fig. 3.24 Superficies tangentes.

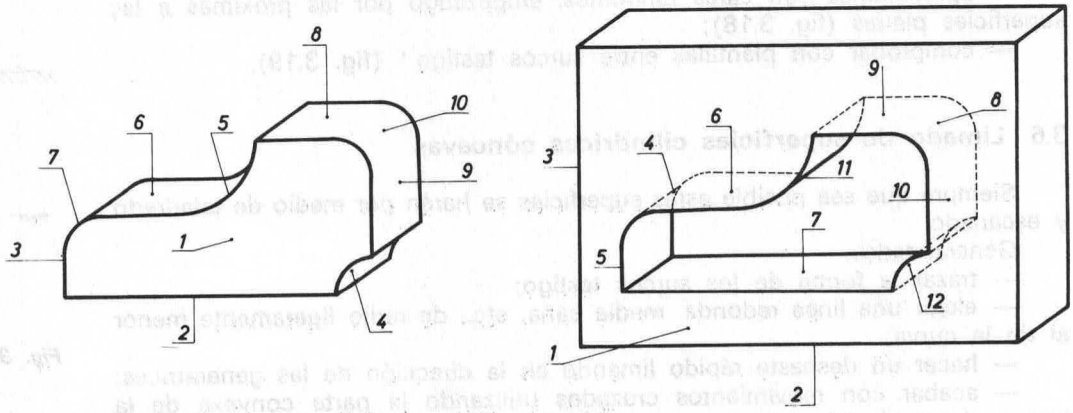


Fig. 3.25 Orden del limado en superficies complejas.

3.8 Limado de perfiles complejos (fig. 3.25)

Realizar por este orden:
1.º un desbaste a todas las superficies:
2.º las tres superficies de referencia;
3.º las superficies planas;
4.º las superficies cóncavas;
5.º las superficies convexas.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— Realización y verificación de varias piezas características de dificultad creciente.

CUESTIONARIO

3.1 Dadas varias piezas o dibujos, hacer una hoja detallada del proceso a seguir en cada caso y razonar cada una de las secuencias.

2. Metrología

Tema 4. Instrumentos de medida para magnitudes lineales y angulares

OBJETIVOS

— *Conocer los diversos sistemas de medida y sus unidades.*
— *Conocer los instrumentos de medida lineal más utilizados en el taller.*
— *Resolver algunos problemas de aplicación sobre apreciación del nonio.*
— *Conocer los diversos instrumentos empleados en la medición de ángulos.*
— *Conocer la escuadra universal o combinada y las posibilidades de medición y trazado de centros de piezas.*
— *Interpretación correcta de las medidas efectuadas.*

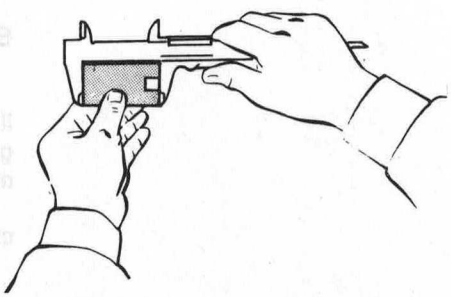


Fig. 4.1

GUION

— Metros y reglas.
— Calibrador o pie de rey.
— Micrómetro o pálmer.
— Medición con compases.
— Goniómetros y transportadores.
— Goniómetro de precisión.
— Goniómetro óptico.

PUNTOS CLAVE

— Fundamento del pie de rey: el nonio, grado de apreciación.
— Comprender el funcionamiento de los diversos nonios circulares.
— Lectura y medición con goniómetros.

EXPOSICION DEL TEMA

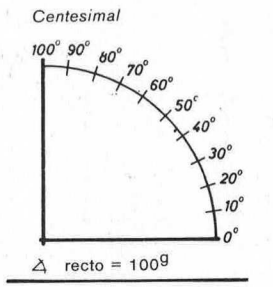
Durante el proceso de fabricación es necesario controlar el estado de la superficie y las dimensiones de los mismos; *la ciencia que se emplea del estudio de estas mediciones se denomina Metrología.* Cuando se limita a la medición de las dimensiones, recibe el nombre de Metrología Dimensional.

— *Medir.* Es la operación por la cual establecemos cuántas veces una magnitud es mayor o menor que otra tomada como unidad (fig. 4.1). En el taller mecánico, la unidad de medida empleada es el milímetro (mm) y los submúltiplos de éste son: la décima, centésima y milésima o micra de milímetro.

En el sistema inglés se emplea como unidad de medida la pulgada, que equivale a 25,4 mm, y los submúltiplos de la pulgada expresados en fracción decimal son: décima, centésima y milésima de pulgada (tabla 4.2).

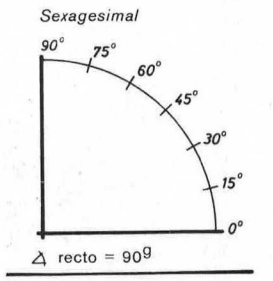
Tabla 4.2

1 mm	=	1	mm
1 décima	=	0,1	mm
1 centésima	=	0,01	mm
1 milésima	=	0,001	mm
1 pulgada	=	25,4	mm
1 décima de pulgada	=	2,54	mm
1 centésima de pulgada	=	0,25	mm
1 milésima de pulgada	=	0,025	mm



$1^g = 100^c$
$1^c = 100^{cc}$

4 rectos = circunferencia = 400^g



$1^o = 60'$
$1' = 60''$

4 rectos = circunferencia = 360^o

Fig. 4.4

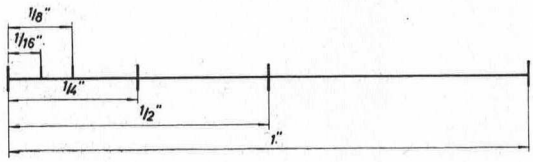


Fig. 4.3

También suele emplearse las fracciones quebrados de pulgada, (fig. 4.3):

$$\frac{3}{4}'', \frac{5}{8}'', \frac{1}{2}'', \frac{3}{8}'', \frac{1}{4}'', \frac{1}{8}'', \frac{3}{16}'', \text{ etc.}$$

— *Comparar* Es la operación con la que examinamos dos o más objetos o elementos geométricos para descubrir sus relaciones, diferencias o semejanzas.

Con esta operación, comprobamos si son iguales, si tienen la misma forma, pero sin expresar numéricamente su valor.

— *Verificar.* Es comprobar si una cosa es verdadera.

En mecánica la operación de verificar comprende tanto medir como comparar.

La verificación es fundamental y puede extenderse, tanto a formas y medidas como a propiedades y características de materiales así como acabado de superficies (figs. 5.7, 5.11, 5.17, 5.32, etc...).

Para las mediciones angulares, se pueden emplear los dos sistemas conocidos de unidades: el centesimal y el sexagesimal (fig. 4.4).

Veamos los puntos comunes y las diferencias entre ellos:

— En los dos, partimos del ángulo recto o cuarta parte de la circunferencia.

— La diferencia estriba en que:

a) en el centesimal consideramos al ángulo recto dividido en 100 partes;

b) los submúltiplos son 100 veces menores que su anterior;

c) en el sexagesimal, el ángulo recto lo dividiremos en 90 partes;

d) los submúltiplos son 60 veces menores que el anterior.

Sistema centesimal (o sistema moderno)

En el sistema centesimal, el ángulo recto se divide en 100 partes iguales llamadas grados centesimales. Se abrevia en la escritura con una g: 40^g. Cada grado centesimal se divide en 100 partes iguales, cada una de las cuales se llama minuto centesimal y se abrevia con una c: 35^c.

Cada minuto centesimal se divide en 100 partes iguales, cada una de las cuales es un segundo centesimal, abreviado con cc: 75^{cc}.

Sistema sexagesimal

Por las razones expuestas, es aún este sistema el más empleado: con todo, va cediendo terreno al centesimal.

En este sistema, el ángulo recto se divide en 90 partes iguales llamadas grados sexagesimales. Se abrevia en denominaciones y operaciones con un °: 27°.

Cada grado sexagesimal se divide en 60 partes iguales, cada una de las cuales se llama minuto sexagesimal, que se abrevia con una comilla: 43'.

Cada minuto se divide en 60 partes iguales cada una de las cuales es un segundo sexagesimal, que se abrevia con dos comillas: 22".

Así un ángulo de 27 grados, 43 minutos y 22 segundos sexagesimales se escribe: 27° 43' 22".

La circunferencia se dividirá, pues, en 360 partes iguales o grados sexagesimales.

4.1 Metros y reglas

Llamaremos magnitud lineal a aquélla que exprese una longitud. Según la precisión que queramos obtener en la apreciación de una longitud, emplearemos metros, reglas, calibradores o micrómetros.

Los metros son cintas o varillas graduadas en centímetros o milímetros, construidos en madera, acero, latón o aleaciones de aluminio.

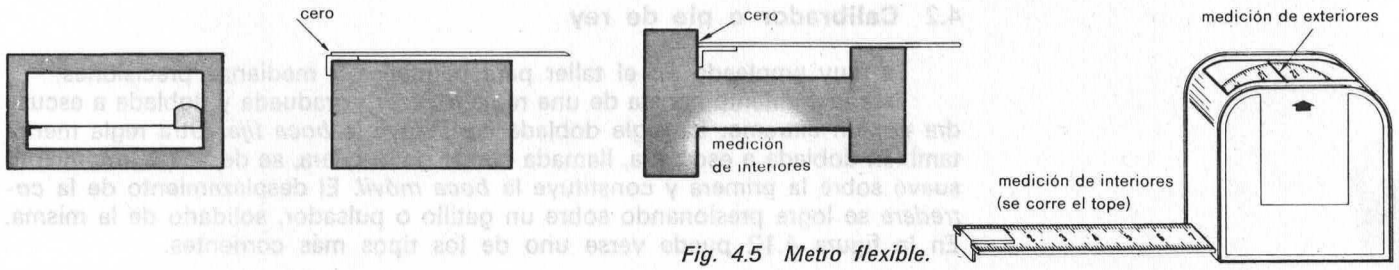


Fig. 4.5 Metro flexible.

4.1.1 *El metro arrollable* (fig. 4.5)

Es una cinta de acero flexible graduada en centímetros y milímetros y de longitud de 1 ó 2 metros, que va arrollada en el interior de una cajita, para su mejor manejo y conservación. Es suficientemente rígido, gracias a su temple y alabeo. No hay que confundirlo con la cinta métrica, de más longitud, generalmente de 20 ó 50 metros, empleada comúnmente en agrimensura, que suele ser de fibras textiles tejidas y reforzadas con hilos metálicos (fig. 4.6).

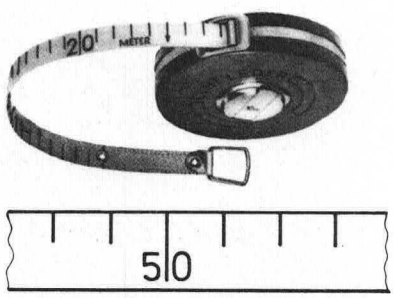


Fig. 4.6 Cinta métrica.

4.1.2 *La regla graduada*

Es una barra rígida de acero, de sección rectangular. La longitud oscila entre los 10 cm y los 2 m y se emplea para medir y para el trazado de líneas rectas (fig. 4.7).

Otros tipos de reglas empleadas son:

— de tacón (fig. 4.8);
— verticales (fig. 4.9);
— con correderas (fig. 4.10).

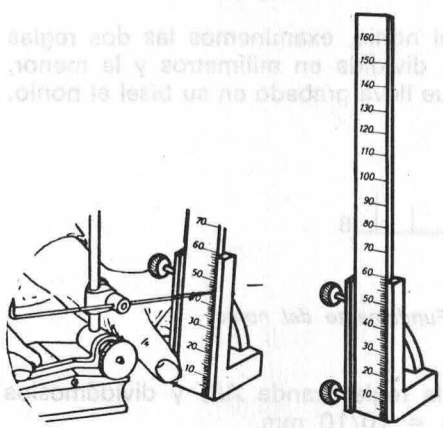


Fig. 4.9 Regla vertical.

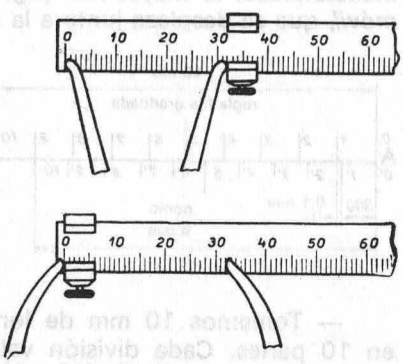


Fig. 4.10 Regla con corredera.



Fig. 4.7 Regla.

Con los metros y reglas, la precisión obtenida no podrá ser nunca mayor que la menor división de ellas. Además, hay que emplearlas debidamente (figura 4.11) para evitar errores, que podrían ser muy notables. Son, pues, instrumentos de medición directa, pero de poca precisión.

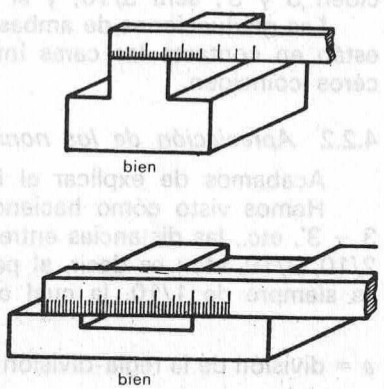


Fig. 4.11 Manera de medir con reglas.

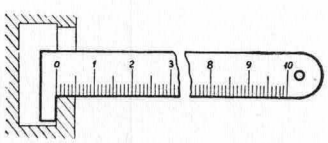


Fig. 4.8 Regla de tacón.

4.2 Calibrador o pie de rey

Es muy empleado en el taller para pequeñas y medianas precisiones.

Este instrumento consta de una regla de acero graduada y doblada a escuadra por un extremo. La regla doblada constituye la *boca fija.* Otra regla menor también doblada a escuadra, llamada cursor o corredera, se desliza a frotamiento suave sobre la primera y constituye la *boca móvil.* El desplazamiento de la *corredera* se logra presionando sobre un gatillo o pulsador, solidario de la misma. En la figura 4.12 puede verse uno de los tipos más corrientes.

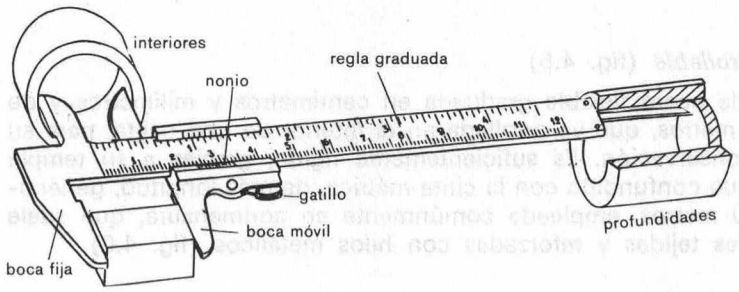


Fig. 4.12 Calibrador o pie de rey.

Lleva bordes biselados, en uno de los cuales tiene una graduación especial llamada *nonio* que, al desplazarse, lo hace junto a la escala graduada de la regla.

Muchos calibradores llevan dos escalas graduadas con sus respectivos nonios.

4.2.1 *Funcionamiento del nonio*

Para comprender el funcionamiento del nonio, examinemos las dos reglas mencionadas: la mayor *AB* (fig. 4.13) *fija,* dividida en milímetros y la menor, *móvil,* que se desplaza junto a la mayor y que lleva grabado en su bisel el nonio.

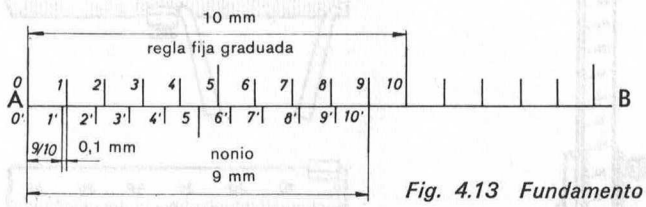


Fig. 4.13 Fundamento del nonio.

— Tomemos 10 mm de longitud de la regla grande *AB,* y dividámoslos en 10 partes. Cada división valdrá 1 mm = 10/10 mm.

— Tomemos ahora 9 mm de longitud en la regla pequeña y dividámoslos también en 10 partes. Cada división valdrá 9/10 de mm.

— Si hacemos coincidir los ceros de ambas reglas, la separación existente entre 1 y 1' será: 10/10 − 9/10 = 1/10 de mm; la separación entre 2 y 2' será: 2/10; la de 3 y 3' será: 3/10; y así sucesivamente.

— Ahora hagamos coincidir la 1 y 1' y la distancia entre 0 y 0' será exactamente 1/10; si coinciden 2 y 2', la separación entre 0 y 0' será 2/10; si coinciden 3 y 3', será 3/10; y si 8 y 8', será 8/10, etc.

Las graduaciones de ambas reglas están hechas de tal manera que, cuando están en contacto las caras interiores de las dos bocas (calibre cerrado), los ceros coinciden.

4.2.2 *Apreciación de los nonios*

Acabamos de explicar el funcionamiento de un nonio de 10 divisiones.

Hemos visto cómo haciendo coincidir sucesivamente en 1 − 1', 2 − 2', 3 − 3', etc., las distancias entre los ceros 0 y 0' eran respectivamente de: 1/10, 2/10, 3/10, etc.; es decir, al pasar de una división a la siguiente, la diferencia es siempre de 1/10, la cual es pues la apreciación del nonio y vale:

$$a = \text{división de la regla-división del nonio} = 1 - \frac{9}{10} = \frac{10}{10} - \frac{9}{10} = \frac{1}{10} \text{ mm}$$

Podremos lograr mayor precisión, haciendo que la diferencia entre las divisiones de la regla y las del nonio sean menores.

En la práctica se logra esto empleando nonios de 20 y de 50 divisiones (figs. 4.14 y 4.15).

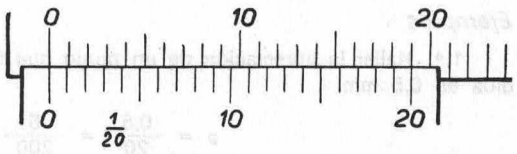


Fig. 4.14 Nonio de 20 divisiones.

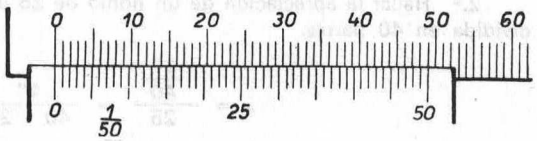


Fig. 4.15 Nonio de 50 divisiones.

Veamos qué apreciación logramos con ellos.

— *Nonio de 20 divisiones*

Si tomamos en la corredera 19 mm y los dividimos en 20 partes, cada una de ellas valdrá $\frac{19}{20}$ mm y su apreciación será:

$$a = 1 - \frac{19}{20} = \frac{20 - 19}{20} = \frac{1}{20} \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{20} = 0{,}05 \text{ mm}$$

— *Nonio de 50 divisiones*

En la corredera 49 mm los dividimos en 50 partes, cada una de las cuales valdrá $\frac{49}{50}$ mm; la apreciación del aparato será:

$$a = 1 - \frac{49}{50} = \frac{50 - 49}{50} = \frac{1}{50} \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{50} = 0{,}02 \text{ mm}$$

— *Nonio en fracción de pulgada*

Veamos aún otro caso muy corriente en los calibradores con escala en pulgadas (fig. 4.16).

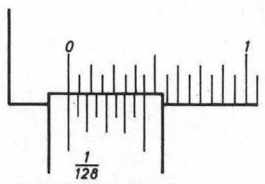


Fig. 4.16 Nonio para medir en pulgadas.

La regla está dividida en 1"/16 y el nonio abarca 7 divisiones de la regla estando, a su vez, dividido en 8 partes, cada una de las cuales valdrá, por tanto:

$$\frac{\frac{7''}{16}}{8} = \frac{7''}{8 \times 16}$$

y la apreciación del aparato será:

$$a = \frac{1''}{16} - \frac{7''}{8 \times 16} = \frac{8 - 7}{8 \cdot 16} = \frac{1''}{128}$$

también podríamos hacer:

$$a = \frac{1}{16} - \frac{\frac{7}{16}}{8} = \frac{\frac{1}{16} \cdot 8}{8} - \frac{\frac{7}{16}}{8} = \frac{\frac{8}{16} - \frac{7}{16}}{8} = \frac{\frac{1''}{16}}{8}$$

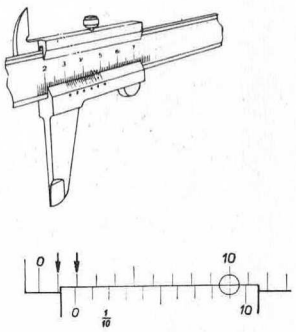


Fig. 4.17 *Lectura de un nonio.*

Vemos que siempre nos resulta un quebrado en el cual el numerador es el valor de la división de la regla, y el denominador el número de divisiones del nonio, de donde podremos deducir la siguiente regla: la apreciación del nonio es igual al valor de la menor división de la regla dividido por el número de divisiones del nonio.

Ejemplos

1.º Hallar la apreciación de un nonio que tenga 20 divisiones y cuya regla esté dividida en 0,5 mm.

$$a = \frac{0{,}5}{20} = \frac{5}{200} = 0{,}025 \text{ mm}$$

2.º Hallar la apreciación de un nonio de 25 divisiones si cada pulgada de la regla está dividida en 40 partes.

$$a = \frac{\frac{1''}{40}}{25} = \frac{1''}{40 \cdot 25} = \frac{1''}{1\,000}$$

3.º ¿Cuántas divisiones debe tener un nonio para que aprecie 0,05 si la regla está dividida en medios milímetros?

Solución:

$$a = \frac{\text{división regla}}{\text{n.º divisiones nonio}} = \frac{r}{x}$$

$$x = \frac{r}{a} = \frac{0{,}5}{0{,}05} = 10 \text{ divisiones}$$

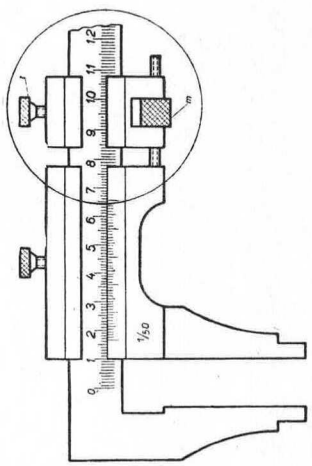


Fig. 4.18 *Calibre con tornillo de fijación y aproximador.*

4.º ¿Cuántas divisiones deberá tener un nonio para apreciar 0,01" si en la regla cada pulgada está dividida en 25 divisiones?

Solución:

$$a = \frac{r}{x}$$

$$x = \frac{r}{a} = \frac{\frac{1''}{25}}{0{,}01''} = \frac{1}{25 \times 0{,}01} = 4 \text{ divisiones}$$

4.2.3 *Medición con el pie de rey*

Al medir con el calibre, se nos pueden presentar dos casos:
a) que el cero del nonio coincida con una división de la regla;
b) que no coincida.

— *Medición exacta en milímetros*

Si el cero del nonio coincide con un trazo de la regla, nos indicará su valor exacto. Por ejemplo: 6 mm.

— *Medición en décimas*

Si el cero del nonio está entre dos trazos de la regla (fig. 4.17), por ejemplo uno y dos, el trazo de la regla situado a la izquierda del cero del nonio representará la parte entera, 1 mm; el trazo del nonio que coincida con una división cualquiera de la regla indicará la parte decimal, por ejemplo, 9. Su lectura será 1,9 mm.

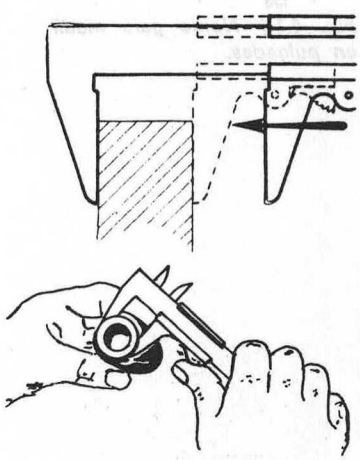


Fig. 4.19 *Medición de exteriores. Detalle.*

— *Colocación de medidas*

Para poner una medida dada en el calibre, por ejemplo 11,4 mm, se procede de la siguiente manera:
— se sitúa el cero del nonio entre las divisiones 11 y 12 de la regla y la *cuarta* división del nonio se hace coincidir con una división de la regla.

4.2.4 *Características del pie de rey*

Los calibres se diferencian por:
— la longitud de la regla en cm: de 15 cm, de 25 cm, etc.;
— por el grado de apreciación del nonio: 0,1; 0,05; 0,02 mm; etc.;

— material: acero, acero inoxidable, etc., mate o brillante;
— forma de sus bocas: puntiagudas, rectas, etc.
— especiales: con tornillo de fijación y aproximador (fig. 4.18).

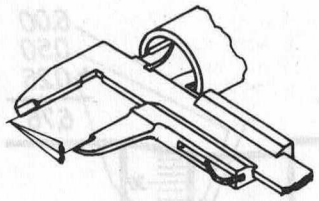


Fig. 4.20 Medición de interiores.

4.2.5 *Empleo del calibre*

El calibre se puede emplear para:

4.2.5.1 *Medir exteriores* (fig. 4.19)

— se toma el calibre con una abertura mayor que el espesor a medir;
— una vez encarado el calibre con las superficies de la pieza, se acercan las dos bocas hasta conseguir un contacto suave con ellas;
— este contacto entre calibre y pieza debe realizarse en una zona amplia, lo más cerca posible de la regla y no únicamente en las puntas y evitar así un desgaste desigual;
— leer el número de milímetros enteros y la fracción si la hay.

4.2.5.2 *Medir interiores* (fig. 4.20)

— se cierran las bocas y se introducen en el hueco a medir;
— se abren hasta hacer contacto suave con ellas;
— efectuar la lectura;
— cerrar el calibre y retirarlo de la pieza.

Cuando se emplean los llamados calibres de tornero (fig. 4.21), se procede de igual manera, pero a la lectura habrá que añadir el grueso de las puntas, ordinariamente 10 mm.

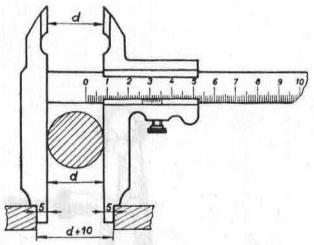


Fig. 4.21 Medición de interiores con calibre de tornero.

4.2.5.3 *Medir profundidades*

Esto sólo puede hacerse con calibres que lleven una varilla o sonda como el de la figura 4.12.

— se apoya el calibre al borde de la profundidad a medir;
— abrimos las bocas hasta que la sonda o varilla toque suavemente en el fondo.

En estos casos, es todavía más importante hacer el contacto con suavidad, sobre todo en cotas grandes, porque la varilla fácilmente se dobla y da lugar con ello a errores en la medida;

— hacemos la lectura, y separamos el calibre. También podemos retirar primero el calibre sin cerrarlo y hacer luego la lectura.

Para medir profundidades con mayor precisión, se emplean los calibres de profundidad o sondas (fig. 4.22).

La mayor precisión se logra:
— por el mejor apoyo que supone la corredera especial;
— por la mayor rigidez de la regla, respecto a la varilla de los calibres ordinarios.

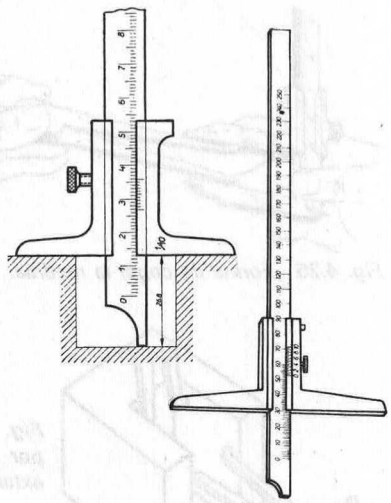


Fig. 4.22 Calibrador de profundidades o sonda. Detalle.

4.3 Micrómetro o pálmer

En medidas de mucha precisión, como hilo de bobinar, etc., se emplea el micrómetro o pálmer (fig. 4.23).

Para utilizar el micrómetro, se coloca entre las dos bocas o puntas el material a medir, cerrándose aquéllas hasta que se aprecie su ajuste con el material. Nunca debe forzarse. El cuerpo fijo (*E*) está graduado con divisiones cortas (0,5 mm) y largas (1 mm). El cuerpo móvil (*P*), tambor del tornillo micrométrico, está graduado en centésimas; el valor de cada vuelta es de 0,50 milímetros. Por cada vuelta del tambor el tornillo micrométrico avanza medio milímetro. La lectura se obtiene al añadir a las divisiones de la parte fija (*E*) las centésimas indicadas en el tambor.

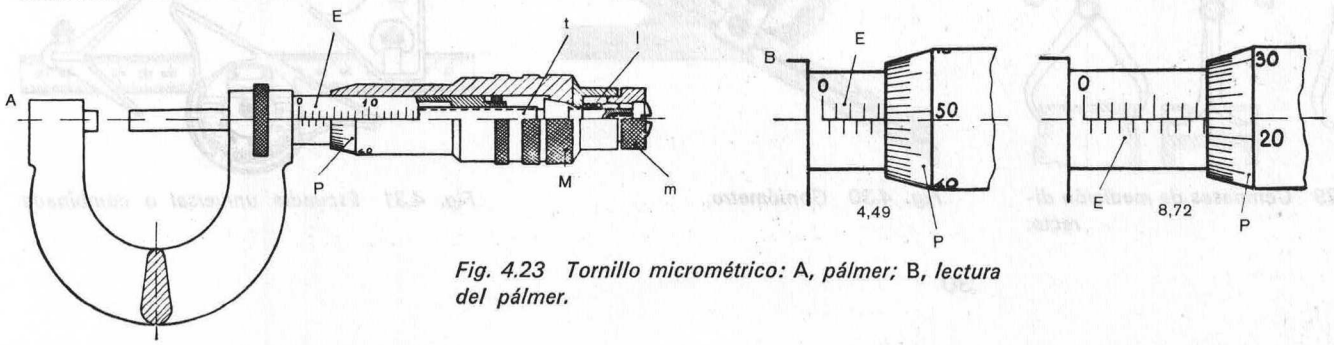
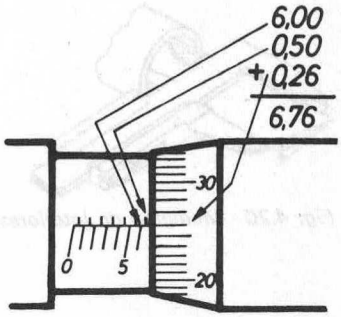


Fig. 4.23 Tornillo micrométrico: A, *pálmer;* B, *lectura del pálmer.*



Ejemplos

1.º ¿Cuánto medirá un hilo de cobre si partiendo de cero, la graduación móvil nos indica 35?

Respuesta 35 centésimas = 0,35 mm = 3,5 décimas.

2.º ¿Qué medida indicará el pálmer si, sobrepasando la segunda línea larga del cuerpo fijo, la graduación móvil nos indica 22?

Respuesta: 2,22 mm.

3.º ¿Qué medida indicará el pálmer si, sobrepasando la tercera raya corta, la graduación móvil indica 15?

Respuesta: 2,65 mm.

La tercera raya corta supone 2,5 mm, más 15 centésimas, suponen en total 2,65 mm.

Existen micrómetros especiales para medir interiores, roscas y dientes de engranajes. Al igual que con los calibradores hay que poner especial cuidado en su conservación, no dándoles golpes y manteniéndolos limpios.

4.4 Medición con compases

Ver las diversas formas de medición que se presentan en las figuras 4.24 a 4.29.

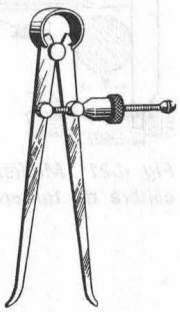


Fig. 4.24 Compás de interiores.

4.5 Goniómetros y transportadores

Para medir magnitudes angulares, se emplean unos instrumentos llamados goniómetros (fig. 4.30).

4.5.1 *Escuadra universal*

El goniómetro de la figura 4.31 se llama escuadra universal o escuadra combinada. Tiene muchas aplicaciones, no sólo para medir, sino también para trasportar ángulos y en trazados.

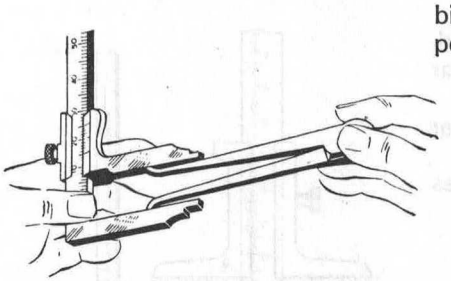


Fig. 4.25 Forma de coger la medida.

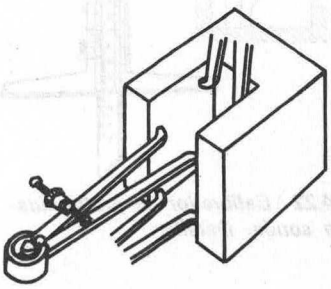


Fig. 4.26 Medición por comparación de exteriores.

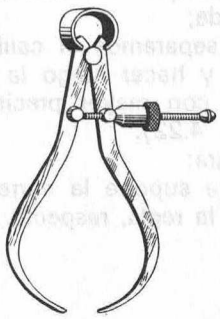


Fig. 4.27 Compás de gruesos o espesores para comparar exteriores.

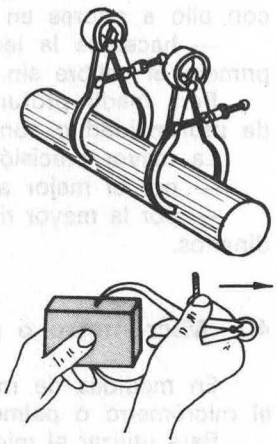


Fig. 4.28 Medición por comparación de exteriores.

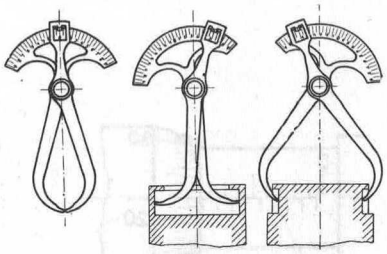


Fig. 4.29 Compases de medición directa.

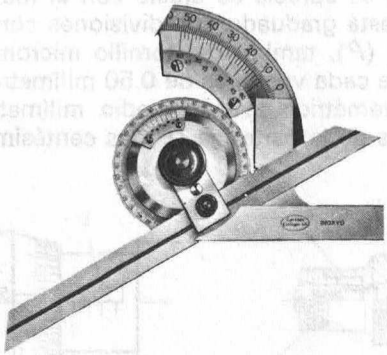


Fig. 4.30 Goniómetro.

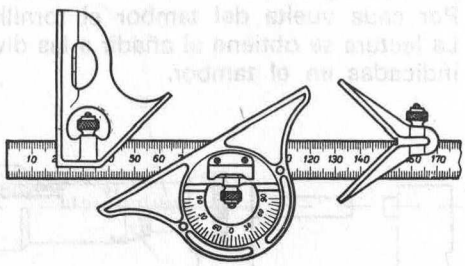


Fig. 4.31 Escuadra universal o combinada.

Pueden comprobarse directamente ángulos de 45° y 90° y hallar los centros de perfiles redondos.

Lleva incorporado un nivel que puede emplearse para medir la pendiente de planos inclinados.

4.5.2 *Goniómetro simple*

El goniómetro más simple es el de brazo móvil (fig. 4.32), que se emplea, tanto para medir, como para trazar y transportar ángulos. Está formado por un semicírculo dividido en 180°. Un *brazo-regla* gira alrededor de un eje en el centro del semicírculo.

Por medio de un tornillo, puede fijarse en cualquier posición.

En algunos llevan un nonio, pero en los normales sólo tienen el trazo del cero.

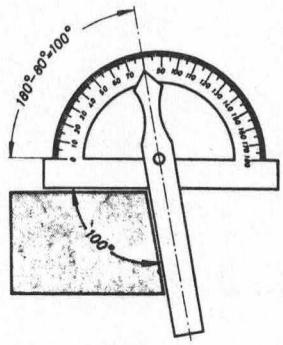


Fig. 4.32 Goniómetro o transportador sencillo.

4.5.3 *Falsa escuadra*

Como transportadores, se emplean también los llamados falsas escuadras (fig. 4.34).

Sirven para comprobar ángulos y para trazado.

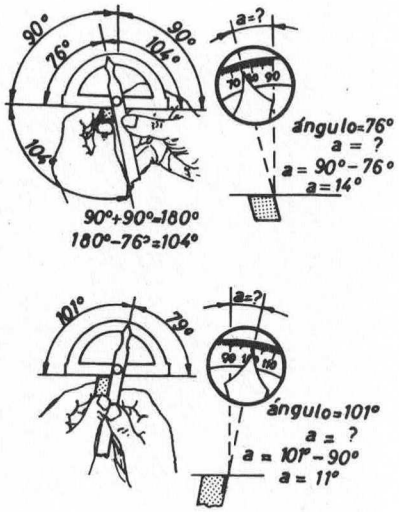


Fig. 4.33 Forma de medir con el goniómetro simple.

4.6 **Goniómetros de precisión**

En la figura 4.35, se muestra uno de los goniómetros más usados y de precisión; puede apreciar hasta 5'.

Consta de los elementos siguientes:

1.° regleta;
2.° tornillo de fijación de la regleta;
3.° tornillo de inmovilización;
4.° limbo;
5.° nonio;
6.° cuerpo principal.

El cuerpo principal lleva la superficie de referencia o apoyo y el limbo fijo, con divisiones en grados.

El nonio va incorporado al disco central giratorio y puede inmovilizarse en cualquier posición por medio de una robusta tuerca unida al eje central.

La regleta tiene una ranura que permite desplazarse longitudinalmente.

Un tornillo y brida la hacen solidaria del disco giratorio en posición siempre precisa respecto a la línea de referencia del nonio.

Sus extremos forman ángulos de 45° y 60°, muy útiles para mediciones especiales (fig. 4.36).

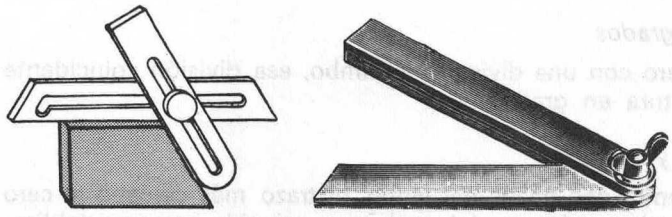


Fig. 4.34 Falsa escuadra.

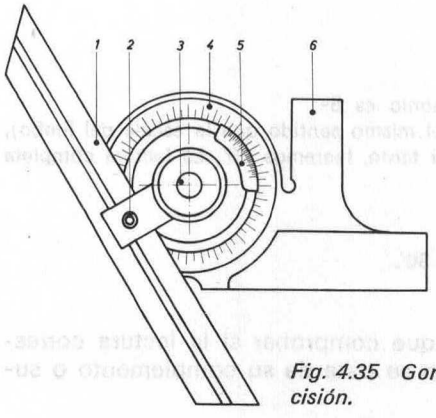


Fig. 4.35 Goniómetro de precisión.

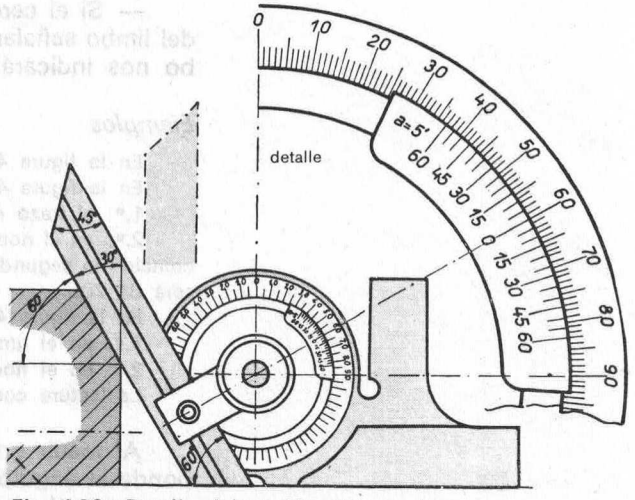


Fig. 4.36 Detalle del goniómetro: nonio.

4.6.1 *Nonio circular*

Según detalle de la figura 4.36, tiene el mismo fundamento que el lineal, con 12 divisiones y está repetido en los dos sentidos a partir del 0 central, lo mismo que la escala del limbo. La lectura la haremos siempre en el nonio que tiene la numeración en el mismo sentido que la escala del limbo en el que estamos trabajando.

La apreciación la hallaremos aplicando la regla general:

$$a = \frac{d}{n}$$

donde:

a = apreciación del nonio;
d = menor división de la regla principal (del limbo en este caso);
n = número de divisiones del nonio.

En el goniómetro de la figura tenemos:

$$a = \frac{d}{n} = \frac{1^\circ}{12} = \frac{60^\circ}{12} = 5'$$

En la figura 4.37 representamos un nonio de apreciación 2' 30''.

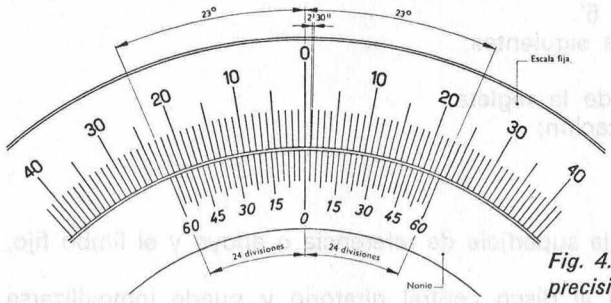


Fig. 4.37 Detalle del goniómetro de precisión: 2' 30''.

4.6.2 *Lectura del nonio*

Al hacer la lectura, se pueden representar dos casos:
a) que el cero del nonio coincida con una división del liibo;
b) que no coincida.

Lectura exacta en grados

— Si coincide el cero con una división del limbo, esa división coincidente con el cero será la lectura en grados.

Lectura en grados y minutos

— Si el cero está entre dos trazos del limbo, el trazo más cercano al cero del limbo señalará los grados y el trazo del nonio que coincida con una del limbo nos indicará los minutos.

Ejemplos

En la figura 4.36, la lectura será: 60°.
En la figura 4.38, leeremos así:
1.° el trazo del limbo anterior al cero del nonio es 8°;
2.° en el nonio (el de la derecha por tener el mismo sentido que la escala del limbo), coincide la segunda raya con una del limbo y, por tanto, leeremos 20'. La lectura completa será 8° 20'.
En la figura 4.39, leeremos así:
1.° en el limbo leeremos 13°;
2.° en el nonio (de la izquierda), leeremos 30'.
La lectura completa será 13° 30'.

Al medir con estos instrumentos, hay que comprobar si la lectura corresponde al ángulo que queremos medir o bien se trata de su complemento o suplemento (fig. 4.40).

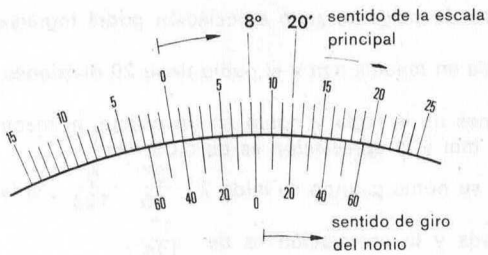


Fig. 4.38 Lectura: el nonio gira hacia la derecha.

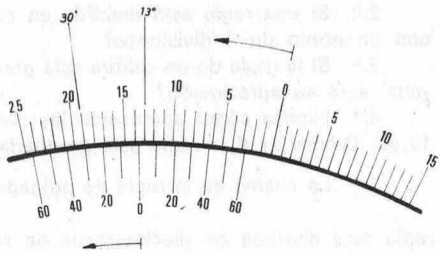
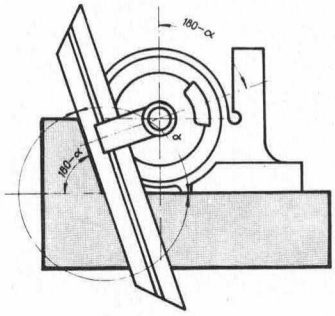


Fig. 4.39 Lectura: el nonio gira hacia la izquierda.



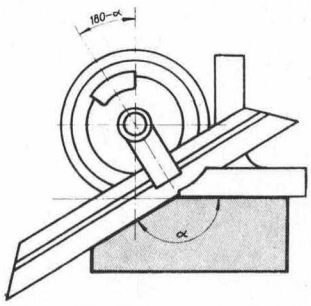


Fig. 4.40 Lectura de ángulos complementarios y suplementarios.

4.7 Goniómetro óptico

Para mediciones de precisión se emplean goniómetros ópticos. En la figura 4.41 vemos uno de estos y, en el detalle, la escala tal como se ve a través del ocular (fig. 4.42).

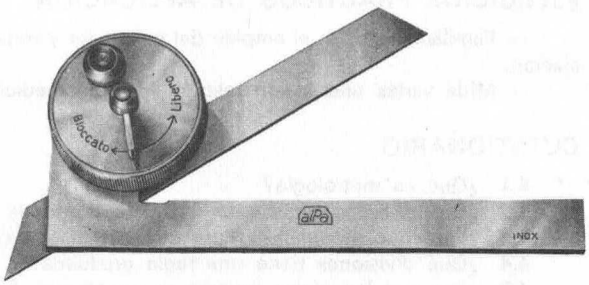


Fig. 4.41 Goniómetro óptico,

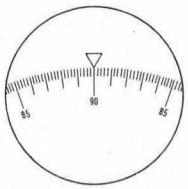


Fig. 4.42 Detalle del visor en el goniómetro óptico.

PROBLEMAS

1.° Un goniómetro tiene la escala principal graduada en medios grados. ¿Cuántos aprecia el aparato si el nonio tiene 5 divisiones?

2.° Reducir a segundos sexagesimales 20° 30' 45".

Solución:

$$20° = 20 \cdot 60 = 1\,200' \quad ; \quad 1\,200 \cdot 60 = 72\,000''$$
$$30' = 30 \cdot 60 = 1\,800''$$
$$45''$$
$$73\,845''$$

3.° Reducir a grados sexagesimales 14 400".

Solución:

$$14\,400'' = \frac{14\,400}{60} = 240' \quad ; \quad \frac{240'}{60} = 4°$$

4.° Reducir a grados sexagesimales 35° 20' 16".

Solución:

$$16'' = \frac{16}{3\,600} = 0{,}0044°$$

$$20' = \frac{20}{60} = 0{,}3333°$$

$$35{,}0000°$$
$$35{,}3377°$$

PROBLEMAS A RESOLVER

1.° Si una regla está graduada en mm, ¿cuántas divisiones deberá tener el nonio para que aprecie 0,025 mm?

2.º Si una regla está dividida en cuartos de pulgada, ¿qué apreciación podrá lograrse con un nonio de 4 divisiones?

3.º Si la regla de un calibre está graduada en medios mm y el nonio tiene 20 divisiones, ¿cuál será su apreciación?

4.º Explica cómo aparecerán las divisiones de la regla y nonio en un calibre, al medir 17,45. Dibujarlas si la regla está graduada en mm y la apreciación es de 0,05 mm [1].

5.º Lo mismo en la regla de pulgadas y su nonio cuando se mide $2'' \frac{3''}{16} \frac{5''}{128}$, si la regla está dividida en dieciseisavos de pulgada y la apreciación es de $\frac{1''}{128}$.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Mide las dimensiones de las bocas del tornillo de banco, en el taller.
— Compara los resultados obtenidos con los que obtengan tus compañeros.
— Explica el funcionamiento del nonio.
— Describe modelos diversos de calibres y su empleo más adecuado.
— Deduce la fórmula de apreciación del nonio circular y explica su construcción.
— Explica por qué los goniómetros llevan nonio doble.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— Familiarizarse con el empleo del calibrador y tratar de conseguir de él la máxima apreciación.
— Mide varias piezas con instrumentos de medición directa (goniómetros).

CUESTIONARIO

4.1 ¿Qué es metrología?
4.2 ¿Qué diferencia hay entre un instrumento de verificar con graduación o sin ella?
4.3 ¿Para qué medimos? ¿Para qué comparamos?
4.4 ¿Qué divisiones tiene una regla graduada?
4.5 ¿Por qué las reglas gruesas se construyen biseladas?
4.6 ¿Cómo son los nonios en calibres graduados en pulgadas?
4.7 ¿Cuáles son las características por las que se diferencian los calibres?
4.8 Mide varias piezas con calibres de distinta apreciación y escribe sus valores.
4.9 ¿Qué hay que hacer al medir un agujero con un *calibre de tornero?*
4.10 ¿Qué sistemas conoces para medir ángulos?
4.11 El limbo de un goniómetro está graduado en grados, ¿cuántas divisiones tiene el nonio si aprecia 12'?
4.12 ¿Se puede medir con el goniómetro cualquier ángulo sin tomar ninguna precaución?
4.13 ¿Todos los instrumentos tienen la misma precisión?
4.14 Si construimos un nonio con 24 divisiones dobles a izquierda y derecha del nonio y las hacemos coincidir con 23 divisiones del limbo, ¿qué apreciación tiene el aparato, si la *regla* está dividida en grados?

Tema 5. **Instrumentos de verificación de superficies planas y de ángulos**

OBJETIVOS

— *Seleccionar los instrumentos adecuados para la verificación de superficies y manera de usarlos.*
— *Adquirir conocimientos y destreza para la verificación de una superficie plana.*
— *Adquirir los conocimientos necesarios para verificar ángulos, así como la información de los instrumentos empleados para este fin.*
— *Conocer las normas para el manejo y conservación correcta de las escuadras.*
— *Conocer el empleo del cubo de precisión para verificar la escuadra con el mármol.*

[1] Valerse de un calibre si es necesario para la resolución y dibujo de estos problemas.

GUION

— Verificación.
— Verificación de superficies planas.
— Niveles.
— Verificación de ángulos. Instrumentos fijos.
— Mesas ópticas o ciclómetros.

PUNTOS CLAVE

— Elección del instrumento adecuado para la verificación prevista.
— Antes de verificar el ángulo de dos superficies, asegurarse de que están planas.

EXPOSICION DEL TEMA

5.1 Verificación

En general, entendemos por verificar la operación que se lleva a cabo para comprobar si las piezas o las máquinas y aparatos se ajustan exactamente a las indicaciones del plano o exigencias del pedido.

El fin de la verificación es, pues, conseguir que los productos obtenidos resulten de buena calidad y evitar operaciones con piezas que ya estén inutilizadas por algún error anterior.

La verificación puede ser:

a) verificación de las materias primas, o ensayo de materiales; no se hace en el taller, sino en laboratorios a propósito;

b) verificación a pie de máquina. Cada fase u operación se verifica para evitar seguir trabajando con piezas ya inútiles;

c) verificación global. Se verifican piezas completamente terminadas, ordinariamente en el laboratorio o sección de control;

d) verificación de grupo. Esta verificación se lleva a cabo una vez montadas todas las piezas que forman un grupo y después que todos los grupos están acoplados; es decir, la máquina completa.

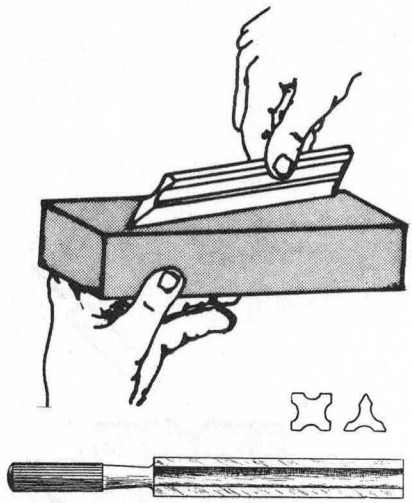


Fig. 5.1 Reglas o guardaplanos y su utilización.

5.2 Verificación de superficies planas

Para verificar superficies planas se emplean varios procedimientos:

5.2.1 *Con reglas de precisión (guardaplanos o reglas de pelo o hilo)* (fig. 5.1)

Estas reglas son de acero templado y estabilizadas*. El filo se hace por rectificado y posterior rodado sobre mármoles de precisión con abrasivos finísimos y un redondeado de 0,1 mm de radio. Con ello se logra que el contacto tenga lugar prácticamente sobre una línea. La verificación es correcta aun con inclinaciones de 50° respecto al plano (fig. 5.2) y pueden apreciarse magnitudes de 0,01 mm perfectamente por la rendija de luz que pasa entre la pieza y el filo de la regla.

Se construyen en tamaños desde 30 a 300 mm de longitud de una o varias aristas.

Para poder verificar lugares angostos, suelen tener uno o ambos extremos biselados, como se ve en la figura 5.1.

Al verificar no debe deslizarse la regla sobre la superficie, sino dejarla descansar con suavidad.

Una superficie plana se verifica en varias direcciones, levantando la regla cada vez. Así se prolonga la vida y exactitud de la regla (fig. 5.3).

Durante el trabajo, deben dejarse sobre un tablero o bayeta sin rozar con otras herramientas. Al terminar, dejar los guardaplanos limpios, engrasarlos con vaselina neutra y guardarlos en estuche apropiado.

Para que resulten más agradables al tacto y evitar su oxidación por el sudor de la mano, algunos llevan unos mangos de plástico (fig. 5.3).

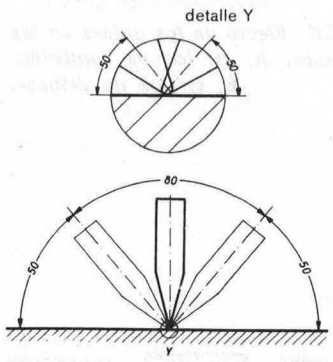


Fig. 5.2 Verificación correcta.

5.2.2 *Con mármol de verificación*

Llamamos mármol de verificación a un plano de fundición de la mejor calidad, ordinariamente perlítica*, de grano fino, perfectamente estabilizado y de una gran exactitud y finura en el plano.

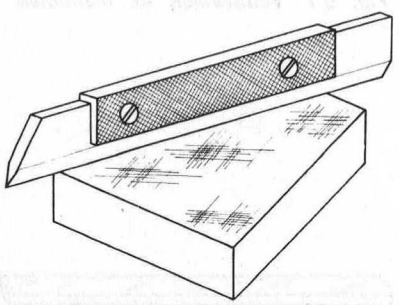


Fig. 5.3 Verificación de superficies planas.

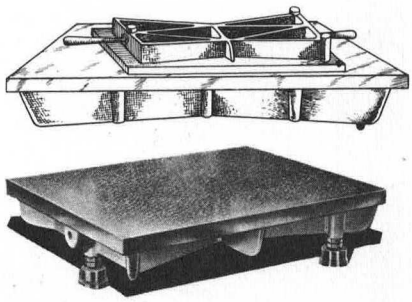


Fig. 5.4 Mármoles de verificación.

Llevan unos nervios en la parte inferior, perfectamente distribuidos con la finalidad de que resulten ligeros a la vez que robustos y rígidos (fig. 5.4); los pequeños y medianos llevan unos mangos o asas para su manipulación.

Todos se apoyan en tres puntos no alineados y en robustas mesas. Para lograr un perfecto apoyo, uno de los puntos suele ser regulable.

Se emplean para verificación de otras superficies, comprobación de útiles y para apoyo de otros aparatos de verificación, cuando se requieren verificaciones precisas.

Hoy día se emplean también mármoles de un material natural llamado *diabasa* (es una variedad de granito negro) (fig. 5.5).

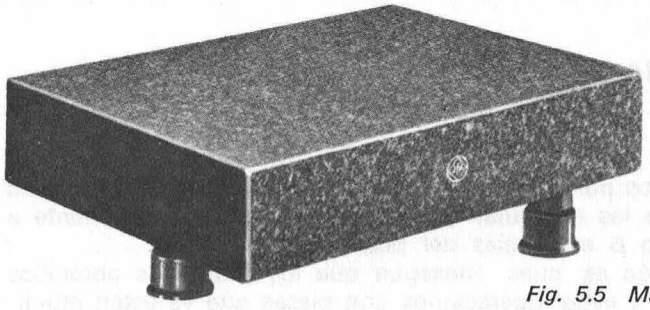


Fig. 5.5 Mármol de diabasa.

Es un material aparecido en la primera era geológica, cuyo envejecimiento natural de millones de años garantiza la ausencia absoluta de tensiones y una estabilización perfecta. A esta gran estabilidad natural, se une la característica de que, aun bajo grandes cargas, no se deforma en absoluto.

No sucede así con los mármoles de fundición.

Otra pequeña ventaja es que, si reciben algún golpe (cosa que no debería suceder), puede saltar una esquirla, mas no producirse abultamientos como sucede con los metálicos (fig. 5.6).

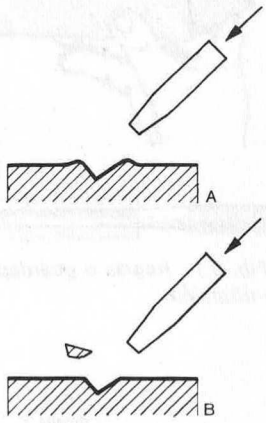


Fig. 5.6 Efecto de los golpes en los mármoles: A, en los de fundición; B, en los de diabasa.

Para la fabricación, tanto en los de fundición como en los de diabasa, se suele autocontrolar con tres mármoles a la vez (fig. 5.7).

Otras ventajas no pequeñas presentan los mármoles de diabasa:

— admitir un acabado de mayor finura;

— no ser atacados por ácidos (excepto el fluorhídrico), ni por álcalis;

— no estar expuestos a la corrosión, por lo cual no necesitan ser engrasados después de usarlos;

— no son magnéticos ni conductores de la electricidad.

Además de los mármoles normales, existen otros en forma de reglas, tanto metálicos como de diabasa. Se usan para la verificación de largas superficies donde no pueden emplearse otros mármoles (fig. 5.8).

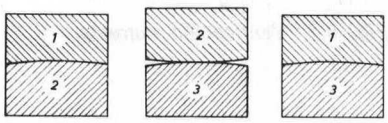


Fig. 5.7 Verificación de mármoles.

5.2.2.1 *Entintado o colorante*

Para comprobar las piezas que se han de planear, se esparce una ligera capa de material colorante sobre el mármol.

Pueden usarse para ellos estos colores: *negro de humo, azul de prusia* o *minio,* con aceite. También tinta de imprenta con gasolina.

Para esparcir el color uniformemente se empapa un paño, que luego se envuelve en otro (exento de pelo) para formar una muñequilla de 3 ó 4 cm de diámetro; luego se pasa sobre el mármol de manera que deje una finísima capa de unas 5 micras. Esta muñequilla deberá guardarse en una caja cerrada, para evitar que recoja polvo o virutas, que luego podrían raspar el mármol y las piezas y deteriorarlas.

La pieza que se deba comprobar se deslizará suavemente en todas las direcciones sobre el mármol (fig. 5.9).

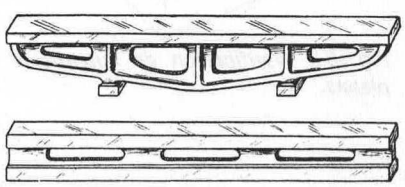


Fig. 5.8 Mármoles reglas.

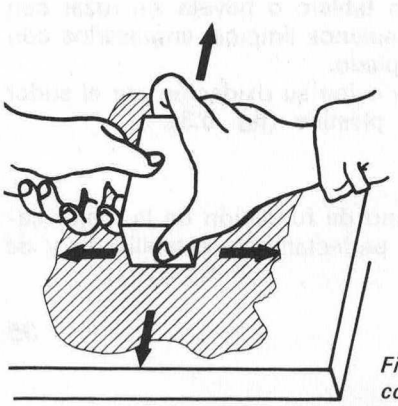


Fig. 5.9 Verificación de superficies con color.

La pieza estará tanto mejor cuantos más puntos queden marcados (fig. 5.10) y más uniformemente distribuidos.

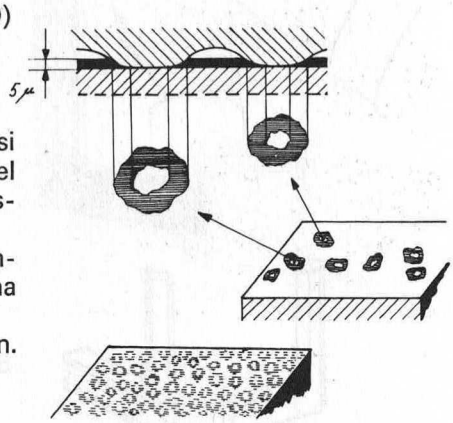


Fig. 5.10 Puntos marcados.

5.2.2.2 *Normas de uso y conservación*

Al usar el mármol, hay que evitar el desgaste desigual que se produce si siempre se pasan las piezas por el mismo sitio. No colocar piezas encima del mármol que no estén perfectamente pulidas y limpias. No basta un simple desbastado, que estropearía la superficie del mármol.

Los mármoles, una vez terminado su uso, deben ser cuidadosamente limpiados y los de fundición además engrasados con vaselina o aceites de buena calidad.

Todos deben estar protegidos con cubierta apropiada cuando no se utilicen.

5.2.3 *Otros procedimientos*

Se emplean otros muchos medios de verificación, por ejemplo:

5.2.3.1 *Por medio de regla y bloques patrón*

Se apoya la regla sobre dos bloques iguales y con un tercer bloque igual; se tantea para ver si pasa por debajo la regla (fig. 5.11):

— si pasa con holgura, indica superficie cóncava,
— si no pasa, superficie convexa,
— si pasa de manera uniforme y sin holgura la superficie está bien.

Esta comprobación debe hacerse en varias direcciones.

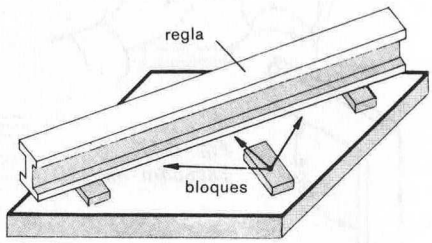


Fig. 5.11 Verificación con regla.

5.2.3.2 *Por medio de regla, bloques patrón y comparador de reloj* (fig. 5.12)

Es una variante de la anterior, con la ventaja de que nos da el valor numérico de las irregularidades. Puede hacerse así el *mapa topográfico* de la superficie (fig. 5.13).

Hay que disponer de una regla perfectamente paralela y de un soporte apropiado para el comparador.

Deslizando a lo largo de la regla soporte y comparador, éste nos dará la medida de cada punto (fig. 5.12).

En la figura 5.14 indicamos la forma ordinaria de verificar con regla de precisión y el orden que debe seguirse.

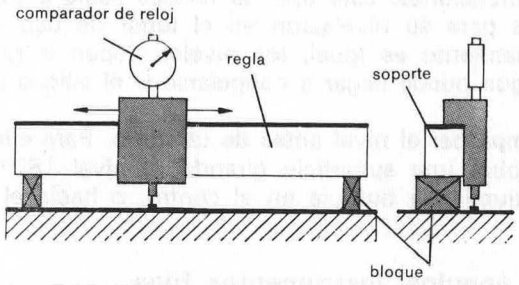


Fig. 5.12 Verificación con regla, bloques y comparador de reloj.

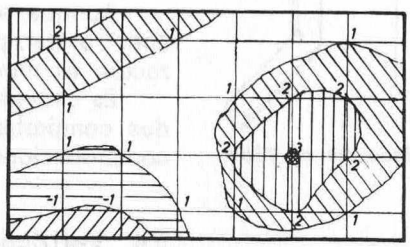


Fig. 5.13 Mapa topográfico de la superficie.

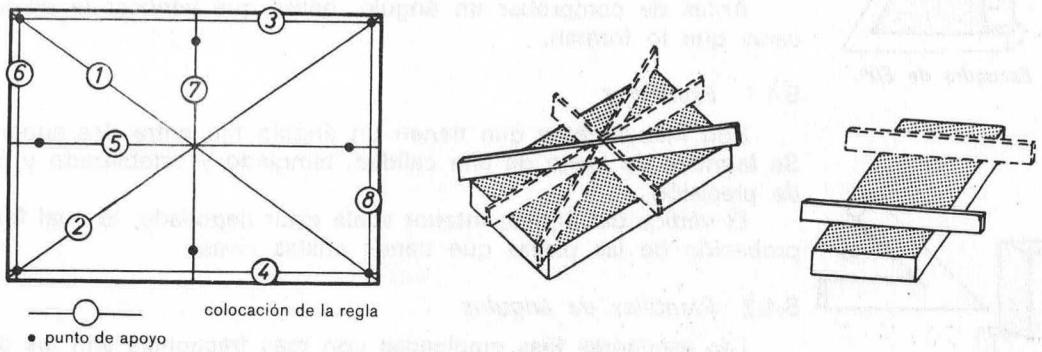
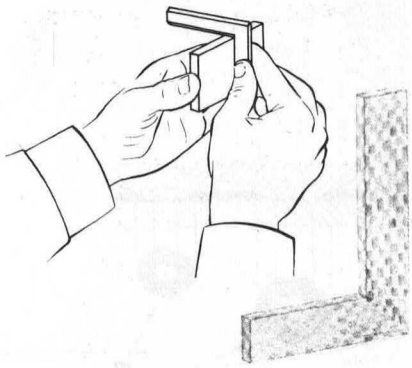
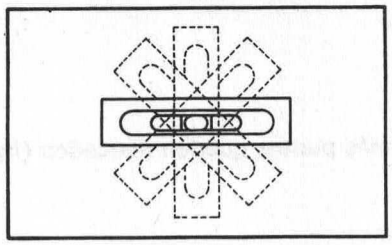
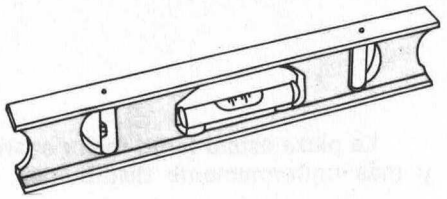


Fig. 5.14 Orden a seguir en la comprobación de una superficie plana.







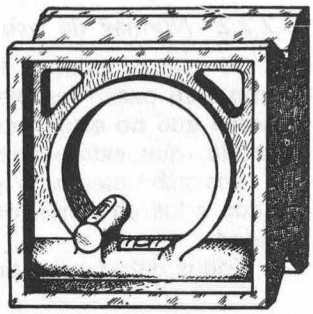


Fig. 5.15 Niveles.

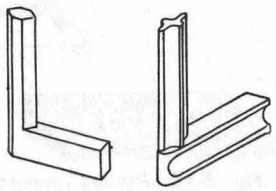


Fig. 5.16 Escuadra de 90°.

5.3 Niveles

El nivel de burbuja es el más empleado, existiendo un gran número de modelos. Aquí describiremos los más empleados en máquinas y montajes.

El nivel, en sí, es un tubo de vidrio ligeramente curvado y cerrado, una vez relleno de agua, éter o alcohol, de forma que quede una pequeña burbuja de aire. Este tubo va colocado en una base de madera o de metal (fig. 5.15) perfectamente plana.

La burbuja de aire, al tener menos densidad que el líquido, quedará en la parte superior del tubo, es decir, en el centro de la curva cuando la base está nivelada, y desplazada a uno u otro lado cuando esté inclinada.

Para comprobar, por ejemplo, si el eje de una máquina está a nivel en su sentido longitudinal, se coloca el nivel sobre el eje; si la burbuja queda a la derecha del centro, es señal de que está levantado de ese lado; e igual ocurre si desplazara la burbuja hacia la izquierda.

Los tubos llevan marcadas dos líneas entre las que queda la burbuja cuando el conjunto está nivelado.

Hay niveles que tienen la base plana, y otros con un canal en forma de *V*; éste sirve para apoyarlo en ejes y superficies cilíndricas.

El segundo tubo que se aprecia en la figura 5.15 sirve para comprobar la verticalidad, pues poniendo el nivel en esta posición, la burbuja entre las dos rayas indica que la pieza está vertical o aplomada.

Otro nivel de burbuja es el esférico. Consiste este nivel en una cajita con tapa de vidrio y cierre hermético. La tapa, ligeramente convexa, tiene marcado un pequeño círculo en el que debe coincidir la burbuja si la horizontalidad es perfecta en todas las direcciones. Este tipo de niveles suele ir incorporado en máquinas semiportátiles para su nivelación en el lugar de uso.

Aunque el funcionamiento es igual, los niveles deben ir rellenos de alcohol o éter, pues el agua puede llegar a congelarse si el sitio o lugar de utilización es muy frío.

Es conveniente comprobar el nivel antes de utilizarlo. Para ello basta hacer dos comprobaciones sobre una superficie girando el nivel 180°. En las dos comprobaciones debe quedar la burbuja en el centro, o hacia el mismo lado.

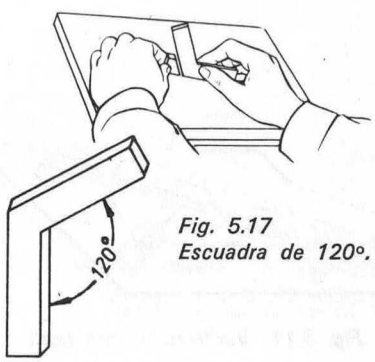


Fig. 5.17 Escuadra de 120°.

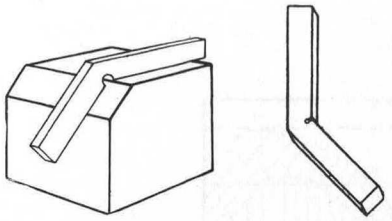


Fig. 5.18 Escuadra de 135°.

5.4 Verificación de ángulos. Instrumentos fijos

Comprobar ángulos con exactitud es difícil y requiere aparatos costosos. Sin embargo, para los casos más corrientes que se presenten en el taller, son suficientes las escuadras fijas y sus variantes: escuadras guía y dados o cubos.

Antes de comprobar un ángulo, habrá que verificar la planicidad de las caras que lo forman.

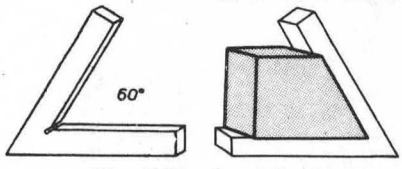


Fig. 5.19 Escuadra de 60°.

5.4.1 *Escuadras*

Son instrumentos que tienen un ángulo fijo entre dos superficies planas. Se fabrican de acero de alta calidad, templado y estabilizado y de alto grado de precisión.

El vértice del ángulo interior suele estar degollado, lo cual facilita la comprobación de las piezas que tienen aristas vivas.

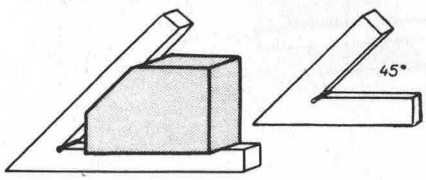


Fig. 5.20 Escuadra de 45°.

5.4.2 *Plantillas de ángulos*

Las escuadras fijas empleadas con más frecuencia son las de 90°, 120°, 135°, 60° y 45° (figs. 5.16 a 5.20).

También son empleadas plantillas de ángulos fijos para diversas aplicaciones (figs. 5.21 a 5.23).

En la figura 5.24 se presenta una plantilla para verificar superficies curvas.

5.4.3 *Normas para su empleo y conservación*

No debe comprobarse con una escuadra pequeña una superficie grande por el riesgo de que haya un error más allá del campo de contacto de la escuadra (fig. 5.26).

No se debe deslizar la escuadra sobre la cara a verificar.

Para el buen manejo de la escuadra, es recomendable seguir las siguientes instrucciones:

— quitar todas las rebabas que pueda presentar la superficie de la pieza a comprobar. Con un paño eliminar virutas, aceite y suciedad;

— limpiar la escuadra con un paño o gamuza;

— colocar la pieza a contraluz para que su perfil se destaque con claridad.

5.4.4 *Verificación de escuadras de 90°*

Para la verificación de las escuadras de 90°, pueden seguirse varios métodos:

1.° Caso de disponer de tres escuadras, procederemos de la siguiente forma (fig. 5.27):

— se toman las escuadras 1 y 2 y, apoyándolas en un mármol de verificación, se hace que se toquen los otros dos lados;

— se toman de igual modo las escuadras 1 y 3 y se hace la misma operación;

— se comparan la 2 y 3 de igual manera. Si en estas tres operaciones coinciden perfectamente las escuadras, es que el ángulo de 90° es perfecto.

2.° Sobre un mármol de verificación se apoyará un cilindro perfectamente rectificado, de base también rectificada y perfectamente a escuadra, apoyando la escuadra en el mármol y haciéndola resbalar sobre él con suavidad hasta que toque la generatriz del cilindro; así tendremos una de las maneras más sencillas y exactas de comprobar escuadras y otras piezas de ángulo recto (fig. 5.28).

5.4.5 *Verificación de escuadras de 120°*

Para vefificar escuadras de 120° podrá seguirse el mismo procedimiento que el empleado en el apartado 5.4.4 para la de 90°.

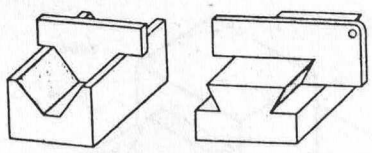


Fig. 5.21 Plantillas para verificación de ángulos.

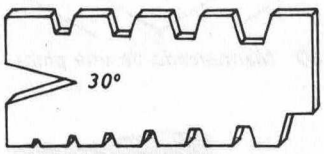


Fig. 5.22 Plantilla de ángulos.

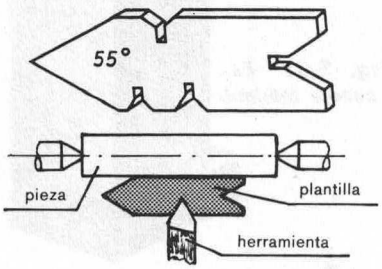


Fig. 5.23 Plantilla de ángulos para herramientas.

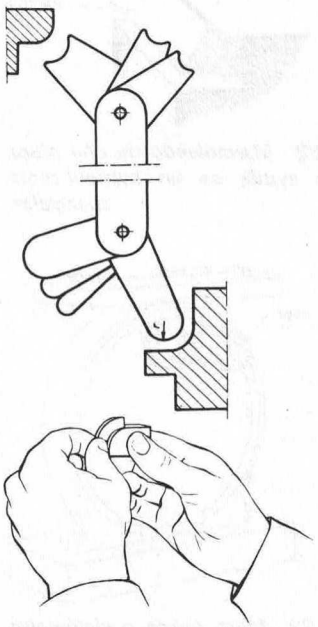


Fig. 5.24 Plantilla de verificación de superficies curvas.

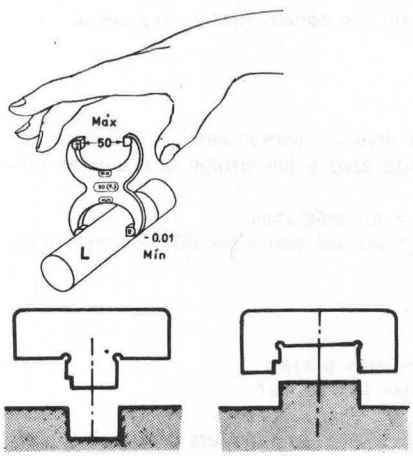


Fig. 5.25 Plantillas de medición de longitudes.

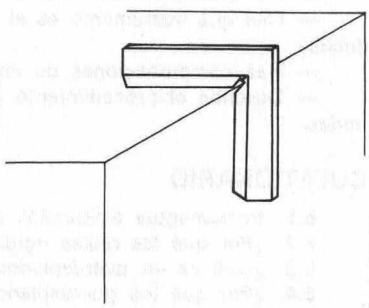


Fig. 5.26 Comprobación incorrecta.

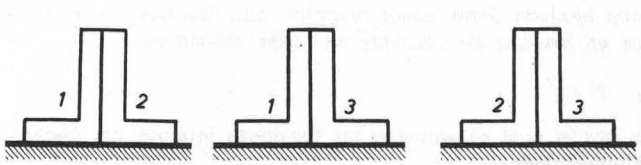


Fig. 5.27 Verificación de escuadra de 90°.

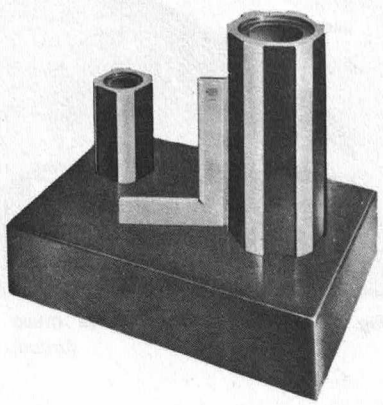


Fig. 5.28 Verificación con columna.

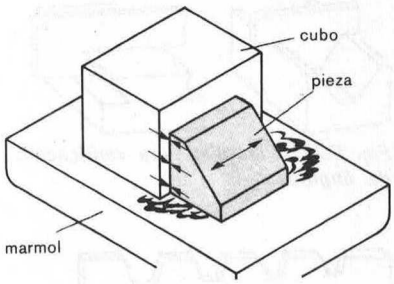


Fig. 5.30 Marmoleado de una pieza.

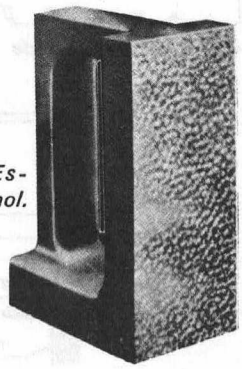


Fig. 5.31 Escuadra mármol.

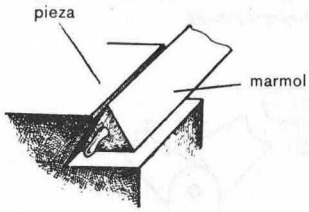


Fig. 5.32 Marmoleado de una pieza con la ayuda de un mármol-regla triangular.

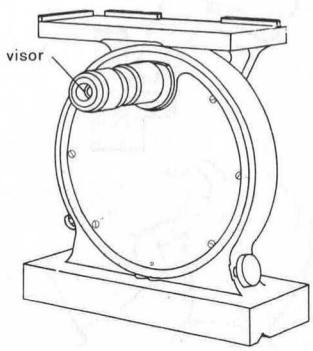


Fig. 5.33 Mesa óptica o ciclómetro.

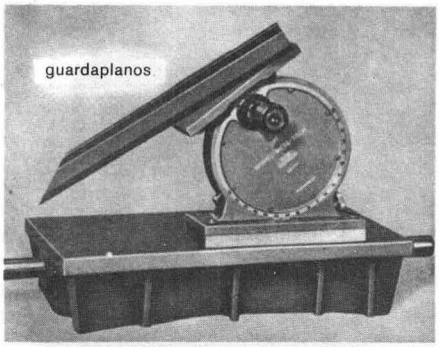


Fig. 5.34 Aplicaciones de la mesa óptica.

Aquí será preciso disponer de cuatro escuadras (fig. 5.29). Para la verificación de escuadras de distintos ángulos se emplearán goniómetros de precisión, escuadras patrón o elementos de laboratorio adecuados.

Si se desea comparar ángulos de cualquier medida, se emplearán las falsas escuadras, para lo cual se ajustará la abertura por medio de escuadras patrón.

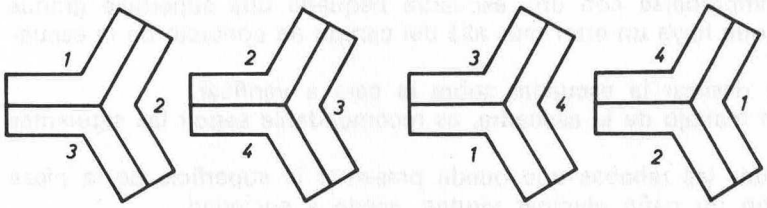


Fig. 5.29 Verificación de escuadras de 120º.

5.4.6 *Cubos o dados*

Son paralelepípedos con caras muy lisas y ángulos muy exactos (fig. 5.30).

Los defectos de escuadría y planitud de las caras de la pieza a comprobar, se aprecian con la ayuda de colorantes, y de mármoles de verificar (figs. 5.31 y 5.32).

5.5 **Mesa óptica o ciclómetro** (fig. 5.33)

Sirven también para colocar piezas en máquinas y para medir; se colocará la pieza con un ángulo previo leído por el visor óptico o se medirá el paralelismo respecto a un plano de referencia.

Los hay que llevan un nivel.

En algunas de estas mesas puede lograrse una precisión de segundos.

En la figura 5.34 puede verse la manera de empleo con ayuda de un guardaplanos.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Haz una relación de procedimientos que conozcas e instrumentos empleados para verificar superficies planas.

— Tipos de escuadras empleadas, material, forma de construirlas y emplearlas.

— Medios de verificación de ángulos.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— Comprobación de superficies varias, con los diversos instrumentos disponibles.

— Cita qué instrumento es el más apto para cada caso y los errores que puedan producirse.

— Haz comprobaciones de ángulos: en piezas y en máquinas.

— Describe el procedimiento previsto y el adoptado, así como las dificultades encontradas.

CUESTIONARIO

5.1 Instrumentos empleados para verificar superficies planas.
5.2 ¿Por qué las reglas rígidas tienen sus aristas templadas?
5.3 ¿Qué es un guardaplanos?
5.4 ¿Por qué los guardaplanos están provistos de una empuñadura aislante?
5.5 ¿Qué quiere decir material estabilizado?
5.6 ¿Qué entiendes por rodado?
5.7 ¿Qué ventajas tiene el mármol de diabasa respecto a los de fundición?
5.8 ¿Qué otros medios conoces para verificar superficies planas?
5.9 ¿A qué se llama escuadra?
5.10 ¿Qué misión tiene el pequeño orificio situado en el ángulo interior de las escuadras?
5.11 Describe la forma de emplear un dado para la comprobación de ángulos rectos.
5.12 ¿Por qué una escuadra biselada tiene mayor precisión que una que no lo esté?
5.13 Describe varios casos en los que se empleen las falsas escuadras.

VOCABULARIO TECNICO

Estabilización: Tratamiento por el cual se eliminan las tensiones internas del material y se evita la posibilidad de deformaciones.

Fundición perlítica: Fundición de estructura perlítica.

3. Trazado

Tema 6. Trazado plano

OBJETIVOS

— *Estudiar los principios del trazado, los instrumentos empleados y su manejo y utilización en la práctica del trazado.*

— *Conocer el objeto del trazado y sobre qué tipos de piezas se realiza.*

GUION

— Objeto del trazado.
— Clases de trazado.
— Barnices de trazar.
— Instrumentos de trazar.
— Prácticas del trazado en el plano.
— Normas para el trazado.
— Gramil de marcar.

PUNTOS CLAVE

— ¿Cuándo debe hacerse el trazado y cuándo no?

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Principios geométricos y trazado de construcciones geométricas.
— Lectura e interpretación de documentos técnicos.

EXPOSICION DEL TEMA

6.1 Objeto del trazado

El trazado consiste en marcar, sobre la superficie exterior de una pieza de metal, el contorno, las líneas que indican el límite de desbaste, o bien, los ejes de simetría de los agujeros o ranuras.

Puede ser una operación previa al ajuste y mecanizado.

Se hace:

— sobre piezas fundidas;
— sobre piezas forjadas o estampadas;
— sobre perfiles laminados.

De su correcta realización depende, algunas veces, la exactitud de las restantes operaciones; de ahí, la responsabilidad del trazador.

Para muchas operaciones, hasta hace pocos años, era muy importante; hoy, sin embargo, ya no lo es tanto, porque las modernas máquinas y técnicas de trabajo lo hacen innecesario o, a lo sumo, sirve de orientación.

El trazado no elimina las operaciones finales de verificación.

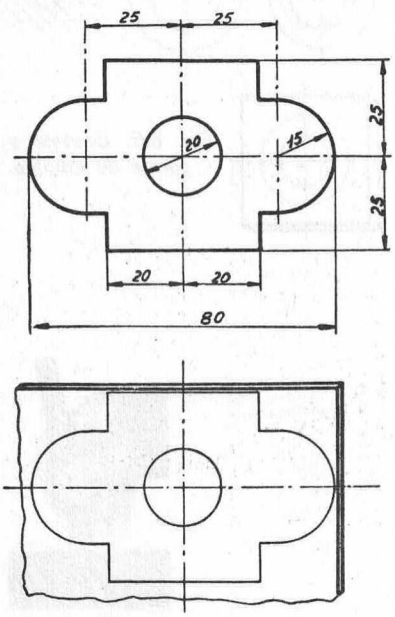


Fig. 6.1 Trazado en el plano.

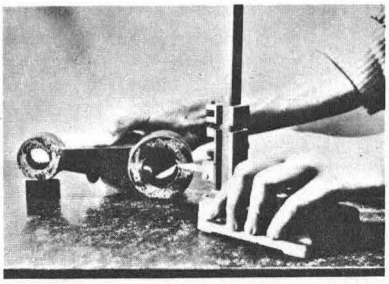


Fig. 6.3 Pintado con barniz blanco.

6.2 Clases de trazado

El trazado puede ser en el *plano* o *al aire* (figs. 6.1 y 6.2).

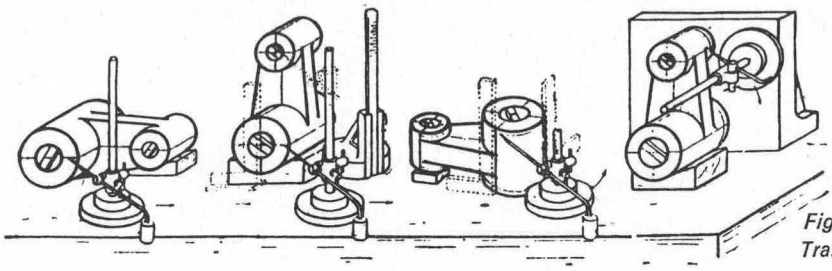


Fig. 6.2 Trazado al aire.

6.2.1 *Trazado plano*

El primero se llama así porque todas las líneas señaladas están sobre una única superficie plana, en la cual se dibujan los contornos y detalles de una pieza. Por ejemplo: trazado de plantillas de chapa, desarrollo de recipientes, situación de taladros, etc.

6.2.2 *Trazado al aire*

Si se traza sobre piezas en tres dimensiones, se llamará trazado al aire o en el espacio.

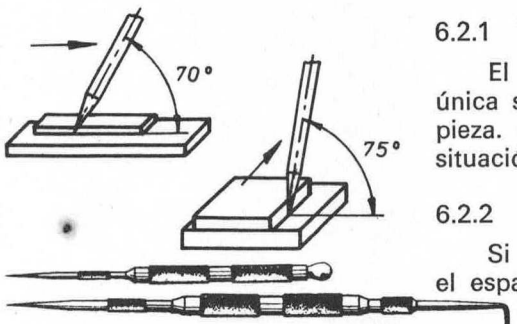


Fig. 6.4 Puntas de trazar.

6.3 Barnices de trazar

Cuando hay que trazar una pieza, es preciso que tenga un fondo de color apropiado para que destaquen las líneas. Para ello se pintan las piezas con *barnices de trazar.*

Para piezas de fundición y forjadas, se suelen emplear pinturas blancas a base de yeso en polvo y alcohol (fig. 6.3).

Las piezas fundidas de metal ligero, como aluminio, se pintan con un barniz o pintura de color oscuro que adhiera bien.

Las piezas de acero, pulidas y brillantes, se humedecen con una solución de *sulfato de cobre,* que deposita en la superficie del acero una delgada capa de cobre, sobre la cual resultan muy visibles los trazos y los puntos de granete.

El precipitado de cobre se produce sólo sobre superficies metálicas limpias y exclusivamente sobre acero y cinc.

Pueden emplearse también, para piezas pequeñas y pulidas, rotuladores de los existentes en el mercado, que den distintas tonalidades; tienen la ventaja de que secan con rapidez.

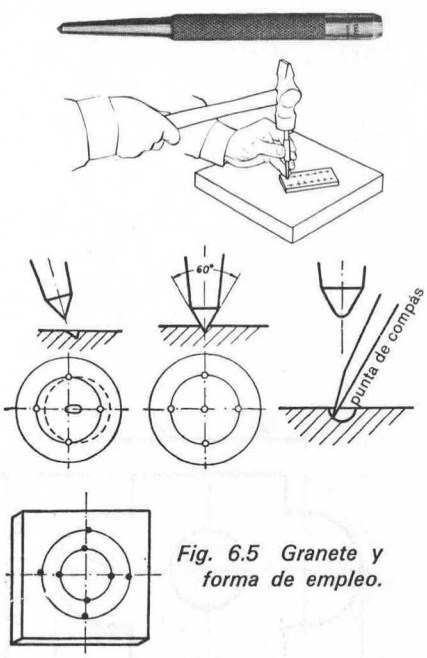


Fig. 6.5 Granete y forma de empleo.

6.4 Instrumentos de trazar

Los útiles más empleados para el trazado son:

6.4.1 *Punta de señalar o de trazar* (fig. 6.4)

Es una varilla de acero terminada en punta cónica templada y muy afilada. Debe conservarse afilada y no emplearla para otros usos. Para conservar la punta en buen estado y evitar accidentes, se la protege con tapones de corcho.

6.4.2 *Granete*

Es un cilindro de acero terminado en punta. Se emplea para señalar o marcar puntos de apoyo y guía, para el compás o la punta de la broca (fig. 6.5).

El ángulo de la punta suele ser de 60° a 70° y debe conservarse perfectamente afilado.

Los granetes automáticos dan golpes muy uniformes sin necesidad de martillo (fig. 6.6). A veces se emplean granetes de doble punta para marcar agujeros equidistantes (fig. 6.7).

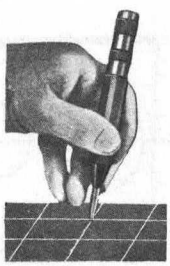


Fig. 6.6 Granete automático.

6.4.3 *Compás de trazar*

El más empleado es el compás de puntas, sencillo o con un muelle (figura 6.8). Se emplea para trazar arcos de círculo, determinar perpendiculares, trasportar distancias y marcar divisiones equidistantes.

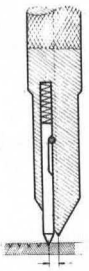


Fig. 6.7 Granete para agujeros equidistantes.

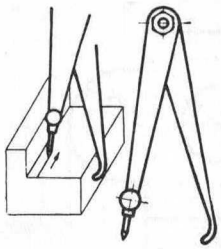


Fig. 6.9 Compases para paralelas.

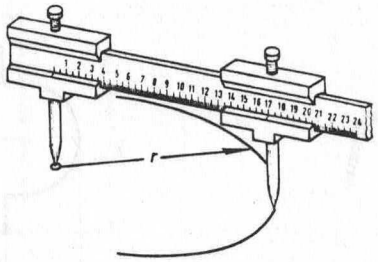


Fig. 6.10 Compases para grandes radios.

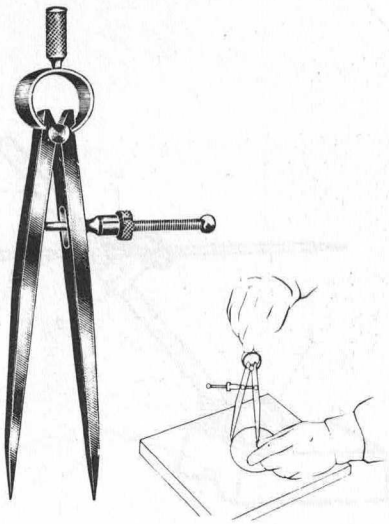


Fig. 6.8 Compás de muelle.

En la figura 6.9 se presenta un compás para trazar paralelas y en la figura 6.10 un compás de varas para trazar grandes radios.

6.4.4 *Escuadras*

Se emplean también en el trazado de las escuadras lisas y, sobre todo, las de solapa (fig. 6.11). Para transportar ángulos, se emplean mucho las falsas escuadras y la escuadra universal ya estudiada anteriormente (fig. 6.12).

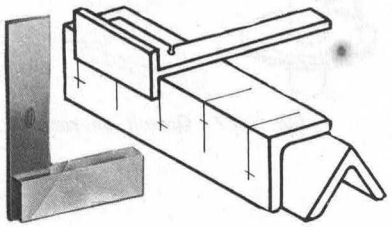


Fig. 6.11 Escuadra de solapa para trazado.

6.4.5 *Escuadras de hallar centros*

Se emplean también las escuadras de centros (fig. 6.13).

6.4.6 *Reglas*

Para tomar medidas, se emplean preferentemente las reglas flexibles graduadas (fig. 6.14). Para el trazado propiamente dicho, se emplean más las reglas rígidas, graduadas o no (fig. 6.15).

6.4.7 *Regla angular*

Para el trazado sobre cilindros, es muy práctica la regla angular (fig. 6.16).

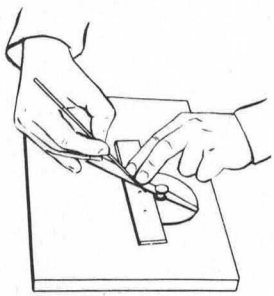


Fig. 6.12 Trazado con goniómetro simple.

6.5 Práctica del trazado en el plano

— Ante todo, hay que estudiar bien el plano o documento técnico que dé los datos para el trazado.
— Determinar bien el proceso de trazado, a fin de que resulte completo.
— Asegurarse de que la pieza tenga las dimensiones suficientes.
— A ser posible, conviene partir, para el trazado, de una línea o superficie de referencia.
— Resolver antes sobre el papel los problemas geométricos complicados, para asegurar una solución adecuada.

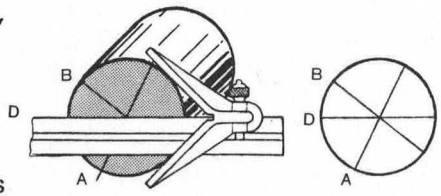


Fig. 6.13 Escuadra universal para hallar centros.

6.6 Normas para el trazado

1.ª Ante todo, estudiar bien el plano o documento técnico que da los datos para el trazado.
2.ª Prever el proceso de trazado para no perder tiempo.
3.ª Resolver antes sobre papel los problemas geométricos complicados para asegurar una solución adecuada.

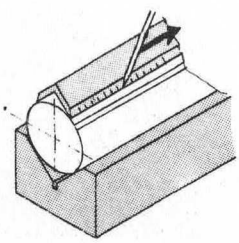


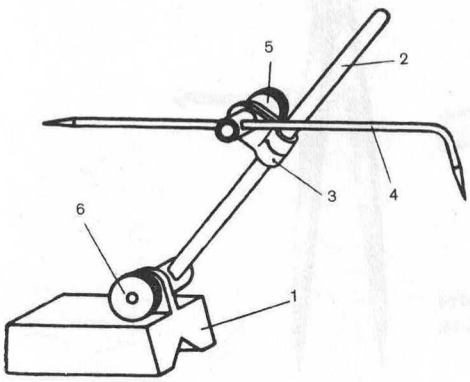
Fig. 6.16 Regla angular.



Fig. 6.14 Regla flexible.



Fig. 6.15 Regla rígida.



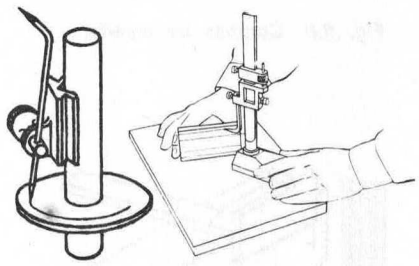


Fig. 6.17 Gramil de marcar.

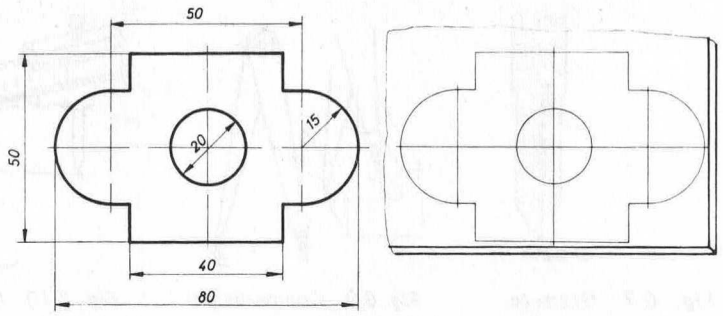


Fig. 6.18 Trazado de piezas en el plano.

6.7 **Gramil de marcar** (fig. 6.17)

Es un instrumento muy utilizado en el trazado al aire, sirve para marcar líneas paralelas entre sí y a una base de apoyo o referencia. Generalmente, la superficie de referencia es la del mármol de trazado.

El gramil consta de los siguientes elementos:

— una base, torneada o cepillada (1) y perfectamente planeada en su asiento. Algunas veces lleva rebajos en forma de *V* para poderlos apoyar sobre árboles o guías;

— un vástago o barra vertical (2) (fija o articulada);

— una corredera (3) que se desliza por el vástago;

— una punta o rayador (4) de acero afilado por sus dos extremos; uno de ellos suele ir doblado.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Describir el proceso para marcar la pieza de la figura 6.18.

— Hacer una relación de los instrumentos y accesorios utilizados en el trazado plano.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— Proceder al afilado de una punta de señalar y de un granete, bajo las indicaciones del profesor.

CUESTIONARIO

6.1 ¿Para qué se emplea el trazado?
6.2 ¿Qué substancias se suelen emplear para la coloración de las piezas a marcar?
6.3 ¿Cómo se afila la punta de señalar?
6.4 ¿Qué ángulo debe tener la punta de un granete?
6.5 Ventajas que tienen los granetes automáticos.
6.6 ¿Qué diferencia hay entre un trazado plano y uno al aire?
6.7 ¿Qué es una escuadra de centrar?

4. Trabajo de los metales

Tema 7. Cincelado y burilado, corte, serrado, forjado, estampado y laminado

OBJETIVOS

— *Conocimiento de las herramientas de burilado y cincelado y su manejo.*
— *Conocer las herramientas para golpear en las operaciones de cincelado, burilado y ajuste, clases y tipos de estas herramientas con sus características.*
— *Conocer el proceso correcto para realizar con eficacia la operación del cincelado.*
— *Saber los trabajos característicos que se pueden realizar con el cincel, buril o gubias y las normas de seguridad a tener en cuenta.*
— *Conocer diversos tipos de herramientas para el corte de chapas.*
— *Saber para qué se emplea cada uno de estos tipos de herramientas.*
— *Adquirir los conocimientos para preparar el material por troceado con desprendimiento de virutas.*
— *Saber elegir correctamente la sierra para cada trabajo.*
— *Conocer y comprender el funcionamiento y manejo de los diferentes tipos de máquina de serrado.*
— *Conocer qué es el forjado.*
— *Conocer los elementos principales para el forjado*
— *Saber el empleo de la fragua.*
— *Conocer el proceso de estampado.*
— *Conocer el proceso de laminación.*

GUION

— Formas en que puede presentarse el material.
— Elección del material.
— Procedimientos empleados para cortar el material.
— Objeto del burilado y cincelado.
— Cincel o cortafríos.
— Buril y gubia.
— Martillo.
— Mazas.
— Modo de cincelar.
— Trabajos característicos con el cincel, buril o gubia.
— Corte de chapas.
— Corte del material con desprendimiento de viruta. Aserrado.
— Normas para aserrar a mano.
— Serradoras mecánicas.
— Forjado.
— Estampado.
— Laminación.

PUNTOS CLAVE

— Preparación y afilado de los útiles de corte: cinceles, gubias y buriles.
— Escoger la herramienta adecuada dependiendo de la chapa a cortar.
— Velocidad y carrera adecuada en el serrado a mano para cada tipo de material.
— Normas prácticas para el empleo de la fragua.
— Empleo de herramienta adecuada para cada caso en la operación de forjado.

EXPOSICION DEL TEMA

7.1 Formas en que pueden presentarse el material

El material empleado en el taller mecánico puede presentarse principalmente de estas tres maneras:

— piezas fundidas;
— piezas forjadas o estampadas;
— perfiles laminados.

Las piezas fundidas, forjadas o estampadas, no necesitan, en general, operaciones previas en el taller, pero los laminados generalmente tienen que cortarse o trocearse. Al final del tema damos unas ideas sobre forja, estampado y laminado.

7.2 Elección del material

El material debe ser elegido según lo especificado en el mismo dibujo, pero aprovéchense siempre los recortes o trozos que hayan quedado de otras veces, al cortar barras largas o chapas grandes. Naturalmente que, para esto, es absolutamente necesario que en el almacén estén los materiales bien ordenados y clasificados por calidades.

7.3 Procedimientos empleados para cortar el material

Los procedimientos empleados son de tres tipos:

— corte mecánico sin desprendimiento de virutas (corte con cincel, buril, cizalla, etc.);
— corte mecánico con desprendimiento de virutas (aserrado);
— procedimientos especiales (corte con soplete).

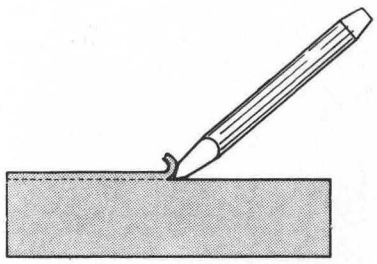


Fig. 7.1 Rebajar con cincel.

7.4 Objeto del burilado y cincelado

El cincelado y burilado tienen por objeto:

— trocear o cortar en trozos, chapas o perfiles delgados sin desprendimiento de viruta;
— rebajar el sobremetal en una parte determinada por desprendimiento de virutas (fig. 7.1).

Esto se logra por medio de una herramienta provista de un filo adecuado llamado cincel o cortafrío, por la acción violenta de un martillo o maza ordinario o de un martillo neumático.

7.5 Cincel o cortafrío (fig. 7.2)

El cortafrío o cincel es un útil cortante en forma de cuña y de acero duro templado en la punta. Se suele fabricar de barras rectangulares de distintos tamaños según el trabajo a que se destine. La longitud más corriente es de unos 150 mm.

Sus partes principales son la *cabeza,* el *cuerpo* y el *filo* (fig. 7.3).

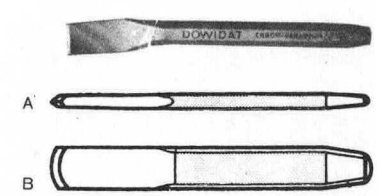


Fig. 7.2 Cortafríos o cincel: A, *punta recta;* B, *punta bombeada.*

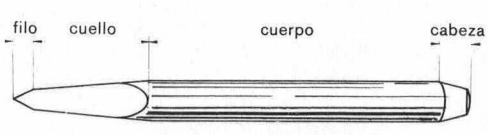


Fig. 7.3 Partes del cincel.

7.5.1 *Cabeza*

La cabeza es la parte en que se golpea.

Esta parte del cortafrío debe ser de pequeña superficie y de forma cónica y bombeada, para evitar que se formen rebabas que puedan lastimar las manos del operario e incluso la cara o los ojos, si se desprenden bruscamente durante el trabajo.

En la figura 7.4, se muestran formas correctas y defectuosas de las cabezas.

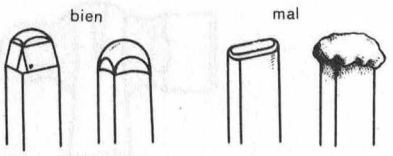


Fig. 7.4 Cabezas de los cortafríos.

7.5.2 *Cuerpo*

El cuerpo o parte central por donde se agarra debe ser de sección rectangular u oval, para que pueda dominarse y no ruede o resbale en la mano, como podría suceder si fuese circular. A veces se emplean otros perfiles, sobre todo el hexagonal.

7.5.3 *Filo o extremo de corte*

El filo es la parte más importante del cortafrío, no solamente porque con ella se realiza directamente el trabajo, sino porque, de no estar perfectamente afilado y templado, no daría un buen rendimiento y produciría un trabajo defectuoso.

La arista cortante o filo debe tener el ángulo conveniente, según el material que se trabaje.

Para fundición y bronce, este ángulo debe ser de 60° a 70°.

Para acero dulce y otros metales, de 50° a 60° (fig. 7.5).

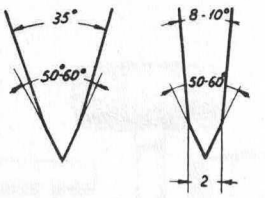
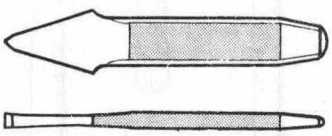


Fig. 7.5 Angulos de filo.

7.6 **Buril y gubia**

Son formas especiales de cortafrío y se emplean para trabajos más específicos, como abrir canales rectos o curvos.

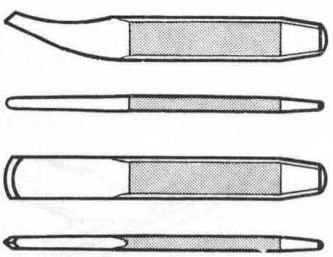

Fig. 7.6 Buril.

7.6.1 *Buril* (fig. 7.6)

Al revés del cortafrío, tiene la arista cortante en sentido transversal a la sección del cuerpo. Tiene, por consiguiente, la longitud del filo mucho menor, por cuyo motivo se emplea para abrir canales o ranuras.

Para que no roce con las caras de las canales que abre, sobre todo cuando son profundas, la parte inmediata al filo es algo más estrecha.

Esta parte debe estar bien alineada con el cuerpo del buril y la arista cortante debe quedar perfectamente perpendicular al eje del cuerpo.


Fig. 7.7 Gubias.

7.6.2 *Gubias* (fig. 7.7)

Son útiles muy semejantes al buril, o al cincel pero su boca o filo suele ser redondeado. Pueden ser de formas muy variadas según el trabajo a que se las destine: ranuras de engrase, canales, etc.

7.7 **Martillo**

Es una herramienta de percusión, de acero, que pesa por lo regular de 0,5 a 2 kg.

Se emplea para muchos fines, como enderezar, curvar, alargar, etc., los metales en frío o en caliente.

Se usa asimismo para remachar y dar golpes sobre los cortafríos y buril, para cortar piezas y cincelar.

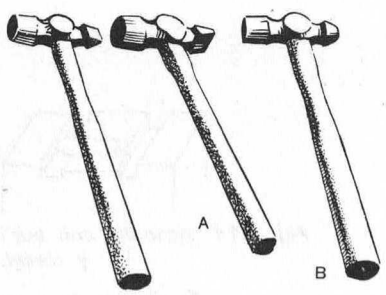


Fig. 7.8 Martillo. Formas: A, *de peña;* B, *de bola.*

7.7.1 *Partes de la cabeza de un martillo*

El martillo de ajustador se compone de tres partes, a saber: la *cara* o *cabeza* que es un poco convexa, el *ojo* y la *peña* o *cuña,* que puede tener también forma de bola (fig. 7.8B).

7.7.2 *Empleo*

Se usa la cabeza para golpear sobre herramientas o hacer ceder el material en todas direcciones. En cambio, se emplea la cuña (fig. 7.8A) si se quiere hacerle ceder en un solo sentido; la bola se usa para remachar.

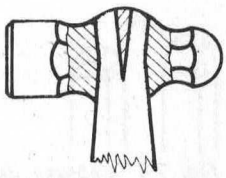


Fig. 7.9 Forma del ojo.

El ojo debe tener una cierta conicidad de dentro hacia fuera, para que la cuña que se pone en el mango para fijarlo con seguridad pueda realizar el máximo esfuerzo (fig. 7.9).

7.7.3 *Mango*

El mango se hace de madera dura (fresno, haya, acacia, etc.) y debe ser proporcionado al grueso del martillo. Actualmente se emplean mangos de plástico que ofrecen grandes ventajas sobre los anteriores. El mango debe ser de sección elíptica, para que tenga mayor resistencia y no gire en la mano (figura 7.10).

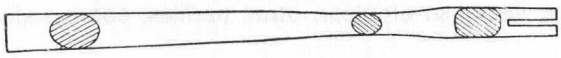


Fig. 7.10 Mango del martillo.

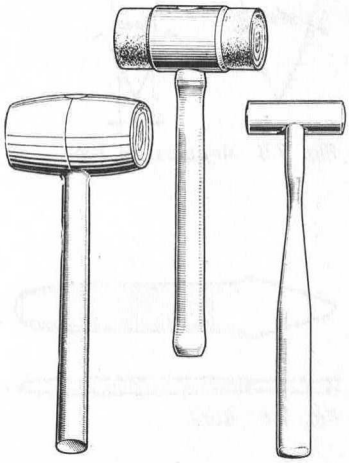


Fig. 7.11 Mazas de diversos materiales.

7.8 **Mazas** (fig. 7.11)

Para trabajos especiales, como el montaje de piezas acabadas, enderezamiento de chapas, para golpear metales dulces, se usan martillos de *latón, plomo, madera, caucho, goma,* etc., llamados *mazas.*

En cualquier caso procúrese que, tanto la cabeza como la cuña, estén secas, ya que las caras aceitadas pueden resbalar y provocar accidentes.

Asimismo, no se debe golpear por los cantos o bordes, sino siempre por el centro del martillo o de las mazas.

7.9 **Modo de cincelar**

La pieza se sujeta fuertemente al tornillo de banco. Si el trabajo ha de ser duro, procúrese emplear el tornillo articulado o al menos el tornillo paralelo de acero forjado (no de fundición) y robusto.

El operario se coloca con el pie izquierdo ligeramente adelantado y el cuerpo mantenido a plomo, pero sin rigidez y acompañando algo a la acción del martillo (fig. 7.12).

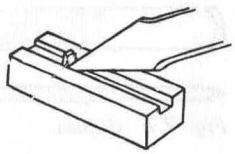


Fig. 7.13 Acanalar con buril.

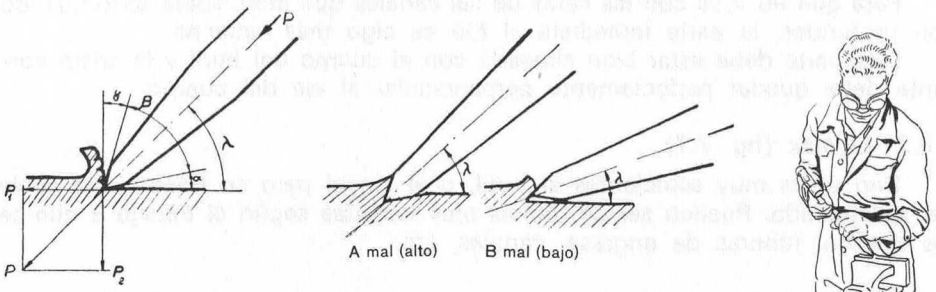


Fig. 7.12 Posición para cincelar y ángulos de posición del cincel: A, *excesiva inclinación;* B, *pequeña inclinación.*

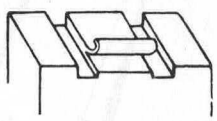


Fig. 7.14 Acanalar con buril y cincel.

7.10 **Trabajos característicos con el cincel, buril o gubia**

Se pueden efectuar varias operaciones, como son:

7.10.1 *Acanalado*

Consiste esta operación, como su nombre indica, en abrir canales en la superficie del metal. Se emplea para este fin el buril (fig. 7.13).

Si la canal no es superior a 8 mm, puede hacerse de una vez.

Si la canal debe ser bastante ancha, deberán abrirse previamente dos o más canales estrechas y terminar con el cincel (fig. 7.14).

En esta operación, más que en ninguna otra, debe tenerse muy en cuenta la posición del cincel; de lo contrario, con facilidad se podrá romper la herramienta.

No debe sacarse una viruta demasiado gruesa; es preferible repetir varias veces la operación dando varias pasadas.

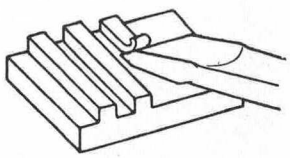


Fig. 7.15 Desbastado con buril y cincel.

7.10.2 *Desbastado*

Para desbastar, es conveniente hacer primero unas canales con el buril y luego con el cincel quitar el material entre canal y canal (fig. 7.15).

En lugar de hacer canales con un buril, resulta más rápido, siempre que sea posible, hacerlas con la sierra; no es inconveniente que dichas canales resulten muy estrechas.

En la figura 7.16 se muestra la manera correcta y la errónea de cincelar en los bordes.

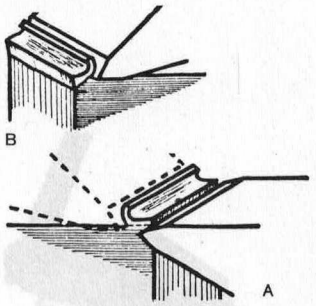


Fig. 7.16 Cincelado en los bordes: A, *bien;* B, *mal.*

7.10.3 *Chaflanado*

Consiste en hacer un rebajo inclinado en los bordes de las piezas. El cincel se presta muy bien para el chaflanado de piezas que hayan de soldarse.

7.10.4 *Troceado de chapa gruesa*

Cuando se trate de piezas algo gruesas, muchas veces no será necesario efectuar el corte completo del cincel: se iniciará por todo el perímetro y se romperá luego la sección entallada con un golpe, apoyando la pieza en el yunque, en una clavera* o en un tornillo del tipo articulado (fig. 7.17).

En estos casos, deberá medirse la intensidad del golpe, para evitar que el trozo salte con violencia y produzca accidentes al propio operario o a otros compañeros de trabajo.

7.10.5 *Troceado con auxilio de taladros*

En la figura 7.18 se ve un caso especial de troceado. Previamente se han hecho unos agujeros y después se completa la rasgadura con un útil especial.

Naturalmente, cuanto más próximos estén los agujeros (deberían estar tangentes) más fácil será la operación. Es un caso muy empleado en ajuste y matricería.

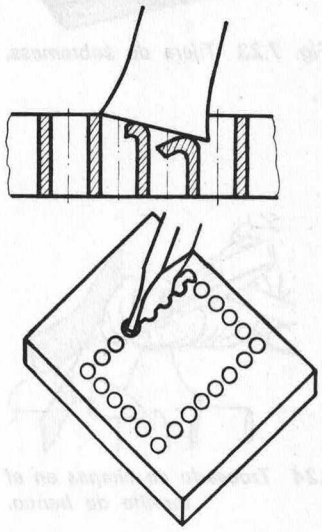


Fig. 7.18 Troceado con taladros previos.

7.10.6 *Trabajos varios*

En la figura 7.19 se muestra cómo se utiliza el cincel de boca ligeramente redondeada para trazar, siguiendo una línea recta o curva.

En la figura 7.20, se nos muestra una gubia a propósito para hacer patas de araña* (ranuras para el engrase) y la forma que suelen tener estas ranuras, bien se hagan sobre superficies planas o curvas.

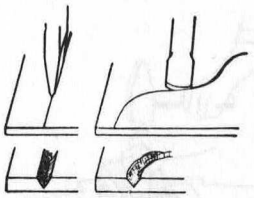


Fig. 7.19 Manera de señalar con el cincel.

7.11 Corte de chapas

El corte de las chapas se puede realizar con máquinas manuales y accionadas a motor. Entre las primeras podemos destacar las tijeras de mano, las tijeras de sobremesa y las cizallas de pie. Entre las impulsadas a motor citamos: las cizallas-guillotinas, las cizallas y las tijeras manuales a motor.

7.11.1 *Tijeras accionadas a mano*

Las tijeras de mano (fig. 7.21) pueden ser para corte recto o curvo. Las de corte recto tienen las hojas rectas, mientras que las de corte curvo o circular las tienen ligeramente curvas hacia un lado u otro, según la dirección del corte.

Hay tijeras para fijar en un yunque o en el tornillo de banco (fig. 7.22). Con las primeras se puede realizar el corte al aire, es decir, sin apoyo alguno, ejerciendo la fuerza para cortar cerrando la mano que porta la tijera. Estas tijeras son solamente válidas para chapas muy finas (0,6 mm de grosor como máximo).

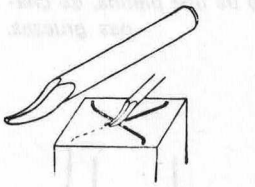


Fig. 7.20 Gubia para patas de araña.

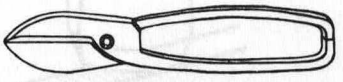


Fig. 7.21 Tijera de cortar chapa.

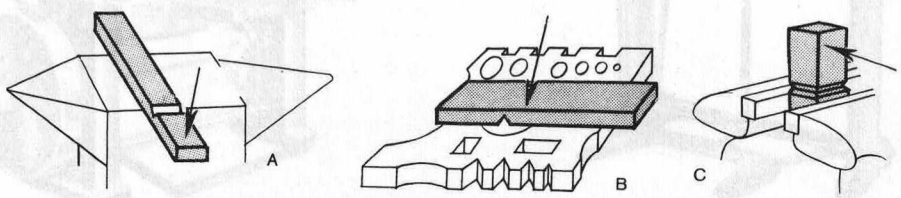


Fig. 7.17 Troceado de piezas cinceladas: A, *sobre yunque;* B, *sobre clavera;* C, *en tornillo.*

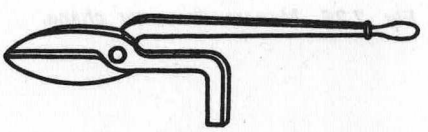


Fig. 7.22 Tijera de cortar chapa de brazo largo.

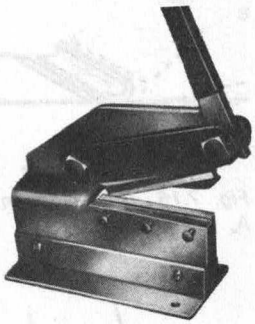


Fig. 7.23 Tijera de sobremesa.

Cuando la chapa tiene un espesor superior a los 0,6 mm resulta más eficaz apoyar uno de los brazos de la tijera sobre el banco y ejercer toda la fuerza sobre el otro. Si fuera necesario, se cargará un poco el peso del cuerpo sobre él. Tanto en un caso como en otro, hay que procurar accionar los brazos de la tijera desde los puntos más distantes al eje.

Cuando la chapa resulte muy dura, por la clase del material o por el grueso, dan mejor resultado las tijeras enunciadas en segundo lugar, es decir, las que se pueden sujetar en un yunque o en el tornillo de banco. Estas tijeras tienen más largo el brazo de accionamiento, por lo que se da más fuerza a la cuchilla con un menor esfuerzo.

7.11.2 *Tijeras de sobremesa*

Estas tijeras (fig. 7.23) son, como se ve, de gran robustez, pudiéndose cortar chapas e incluso pletinas de grosor superior a las que se pueden cortar con tijeras de mano.

La palanca de accionamiento de estas tijeras es de una longitud considerable y, unida a la robustez de la tijera, hace el trabajo con el mínimo esfuerzo.

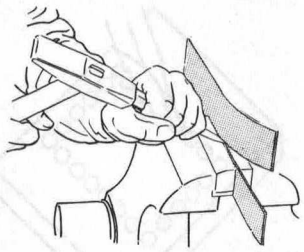


Fig. 7.24 Troceado de chapas en el tornillo de banco.

7.11.3 *Troceado de chapa fina, con cincel*

Es otra manera elemental de separar, en trozos, chapas o perfiles delgados.

Puede emplearse como si fuese la cuchilla móvil de una cizalla, contra la mordaza del tornillo (fig. 7.24) o al estilo de un sacabocados o troquelador, apoyando la chapa en un tas. No emplear nunca los mármoles, ni de trazar ni de verificar. Tampoco es aconsejable hacerlo sobre el yunque de la fragua, puesto que su superficie está endurecida y se deterioraría el filo del cincel. A falta de otro apoyo, puede emplearse el yunque (fig. 7.25), pero colocando encima una gruesa chapa o pletina.

Para cortar piezas delgadas o chapas, no debe apoyarse a la vez toda la longitud del filo. Se coloca la boca un poco inclinada y se va adelantando poco a poco.

Para estos trabajos, convendrá emplear cinceles con boca algo redonda (fig. 7.26).

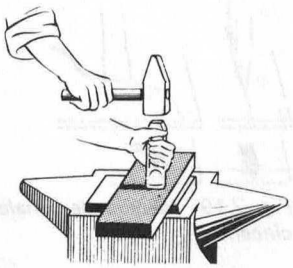


Fig. 7.25 Troceado sobre yunque, con el auxilio de una pletina, de chapas gruesas.

7.11.4 *Cizallas-guillotina de pie*

Estas máquinas (fig. 7.27) constan de una robusta armadura y de dos cuchillas: una fija acoplada a la mesa, y otra móvil acoplada a un puente que se desliza en movimiento ascendente y descendente por unas guías verticales colocadas a los lados de la mesa.

El movimiento se efectúa por medio de un tirante que une el pedal de accionamiento con el puente móvil. La cuchilla fija tiene el filo paralelo al plano de la mesa y la móvil ligeramente inclinado, de forma que el corte del material se va realizando de manera progresiva.

7.11.5 *Cizallas-guillotina a motor*

Son máquinas (fig. 7.28) semejantes a las cizallas de pie, pero en este caso la guillotina es impulsada por un motor eléctrico que, por medio de unas excéntricas y un trinquete, hace que el corte de la cuchilla sea brusco, resultando un corte limpio y recto.

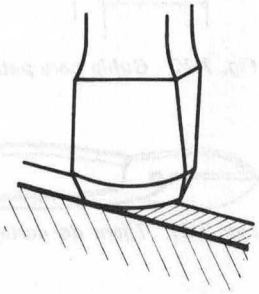


Fig. 7.26 Manera de cortar chapa.

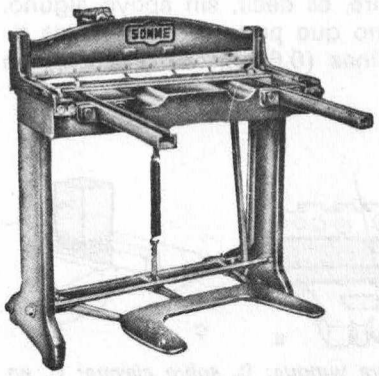


Fig. 7.27 Cizalla de pie manual.

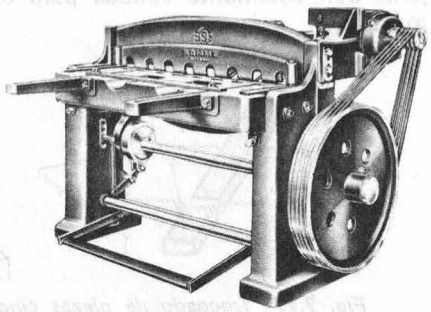


Fig. 7.28 Cizalla de pie eléctrica.

7.11.6 *Cizalla*

El trabajo de esta máquina (fig. 7.29) es similar al de la tijera de sobremesa, pero impulsada por motor eléctrico. Para dar cortes de gran longitud hay que impulsar hacia adelante cada uno de los pequeños cortes que da la cuchilla al trabajar. Esta cizalla corta igualmente pletinas, redondos u otros perfiles. Para estos cortes está equipada la cizalla con alojamientos y cuchillas adecuadas.

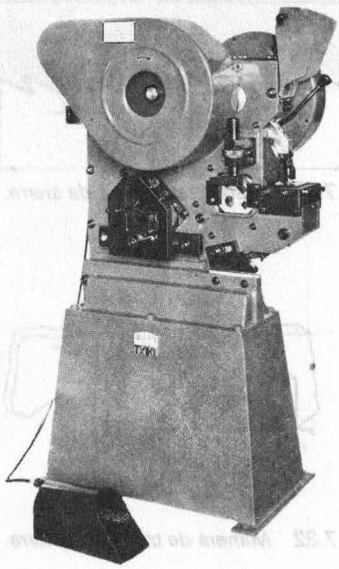


Fig. 7.29 Cizalla para cortes de perfiles.

7.12 Corte del material con desprendimiento de viruta. Aserrado

7.12.1 *Troceado con desprendimiento de virutas*

Tiene la ventaja sobre el corte por desgarramiento, de que se puede aplicar a espesores mucho mayores y de que, además, produce un trabajo mucho más limpio y perfecto y sin deformación de la pieza. Puede hacerse a mano o a máquina.

7.12.2 *Sierra de mano*

La herramienta completa que consta de arco de sierra (que sirve para sujetar y tensar la hoja de sierra) y la hoja de sierra que es la parte activa de la operación, reciben el nombre de sierra de mano.

7.12.3 *Hoja de sierra*

Es una lámina de acero flexible provista de dientes triangulares que actúan como herramientas cortantes.

7.12.3.1 *Dimensiones*

En la figura 7.30 se indican las dimensiones de una hoja de sierra.

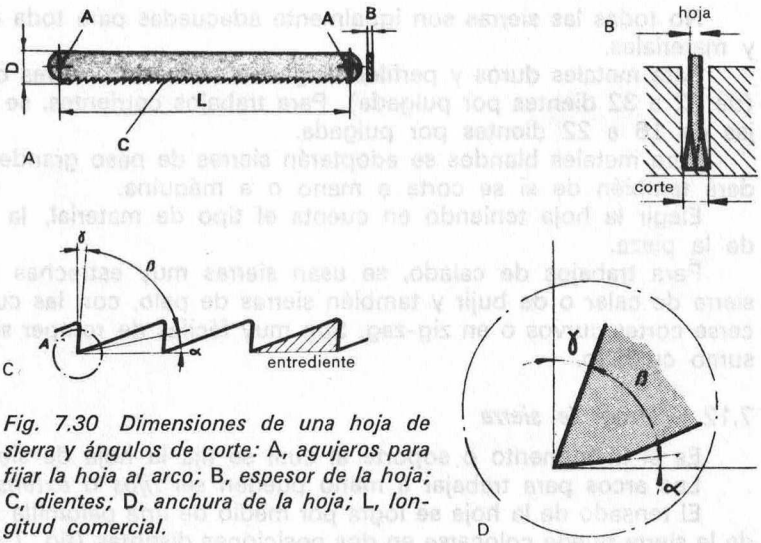


Fig. 7.30 Dimensiones de una hoja de sierra y ángulos de corte: A, *agujeros para fijar la hoja al arco;* B, *espesor de la hoja;* C, *dientes;* D, *anchura de la hoja;* L, *longitud comercial.*

7.12.3.2 *Características*

Las características principales de una hoja de sierra son: el *tamaño, disposición de los dientes, grado de corte* y *material.*

— *Tamaño*

Es la distancia que hay entre los centros de los taladros de la hoja de sierra (*L*). Los tamaños más empleados son:

250, 275, 300 y 350 mm, pero el más empleado es el de 300 mm o de 12" = 305 mm.

El espesor *B* suele ser de 0,7 a 0,8 mm.

La anchura *D* varía entre 13 y 15 mm cuando tiene corte por un canto, y de 25 mm cuando tiene corte por los dos.

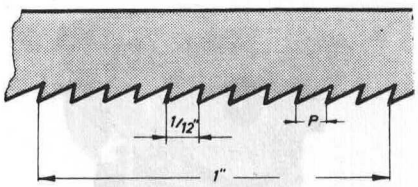


Fig. 7.31 Paso de una hoja de sierra.

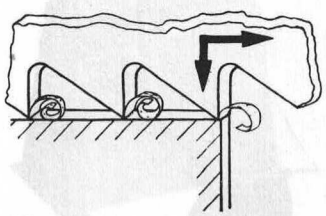


Fig. 7.32 Manera de trabajar la sierra.

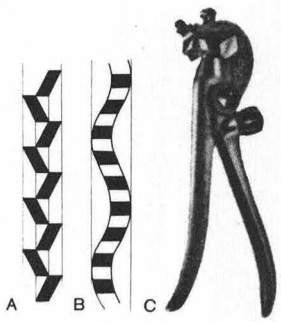


Fig. 7.33 Triscado: A, dientes triscados; B, dientes ondulados; C, alicates para el triscado.

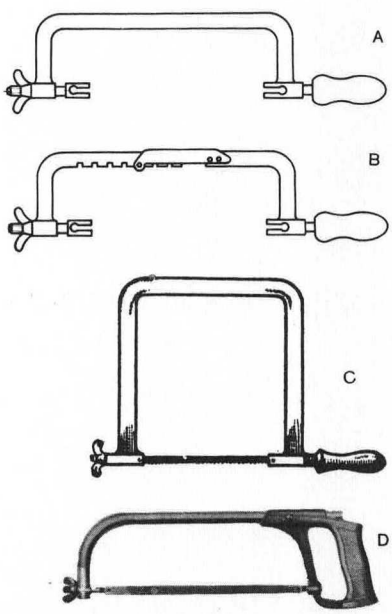


Fig. 7.34 Arcos de sierra: A, fijo; B, extensible; C, arco de segueta; D, extensible con mango especial.

— *Disposición de los dientes*

Para evitar que las caras laterales de la sierra rocen contra la pieza, los dientes están *triscados,* o sea, doblados alternativamente a derecha e izquierda, para que abran una ranura más ancha que el espesor de la sierra (fig. 7.33A).

También puede lograrse lo mismo dando una pequeña *ondulación* al borde de la sierra, donde estén los dientes (fig. 7.33B).

Para el triscado son empleados alicates especiales (fig. 7.33C).

Los ángulos varían según la clase de material a trabajar.

— *Grado de corte*

Se denomina así al número de dientes que tiene la hoja de sierra por centímetro de longitud. Otras veces viene dado en dientes por pulgada.

Se llama paso de los dientes a la distancia que hay de un diente a otro (fig. 7.31).

El paso puede variar desde 0,8 a 2 mm.

También se expresa el paso por el número de dientes que entran en una pulgada de longitud. Las sierras normales para aserrar a mano suelen tener 14, 16, 18, 22 y 32 dientes por pulgada.

El trabajo de la sierra puede compararse, pues, al del buril pero con la notable diferencia de que, en lugar de hacerlo con golpes sueltos y violentos, se hace de modo suave, constante y uniforme (fig. 7.32).

— *Material*

Las sierras son de acero al carbono, para los trabajos a mano o para máquinas de pequeña producción. Para máquinas de mayor rendimiento, se hacen de acero rápido.

A consecuencia del temple, resultan las sierras bastante frágiles y saltan hechas pedazos si no se usan con prudencia.

7.12.3.3 *Elección de la sierra*

No todas las sierras son igualmente adecuadas para toda clase de trabajos y materiales.

Para metales duros y perfiles delgados, se usarán sierras de paso pequeño (de 22 a 32 dientes por pulgada). Para trabajos corrientes, se emplean las hojas de 16 a 22 dientes por pulgada.

Para metales blandos se adoptarán sierras de paso grande, aunque dependerá también de si se corta a mano o a máquina.

Elegir la hoja teniendo en cuenta el tipo de material, la forma y espesor de la pieza.

Para trabajos de calado, se usan sierras muy estrechas y finas llamadas sierra de calar o de bujir y también sierras de pelo, con las cuales pueden hacerse cortes curvos o en zig-zag. Son muy fáciles de romper si no se usan con sumo cuidado.

7.12.4 *Arco de sierra*

Es el instrumento o soporte al cual se fija la hoja de sierra para trabajar.

Los arcos para trabajar a mano pueden ser *fijos* o *extensibles* (fig. 7.34).

El tensado de la hoja se logra por medio de una palomilla o tuerca. La hoja de la sierra puede colocarse en dos posiciones distintas (fig. 7.35), pero siempre con las puntas de los dientes hacia la palomilla y suficientemente tensa; una hoja floja se rompe con facilidad.

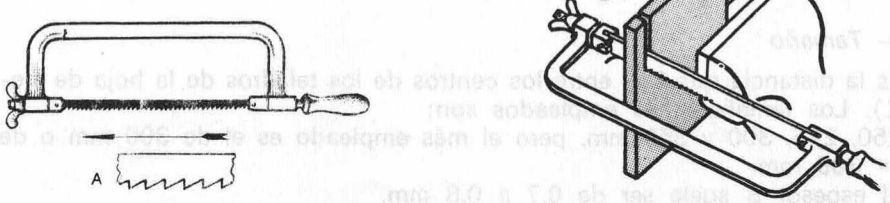


Fig. 7.35 Dos maneras de colocar la hoja de sierra: A, *posición normal;* B, *para serrados profundos.*

7.13 Normas para aserrar a mano

Para aserrar a mano, se toma la sierra como se indica en la figura 7.36. El mango se empuña como el de una lima. Para evitar la rotura de las sierras y obtener de ellas el máximo rendimiento, ténganse presentes las siguientes normas:

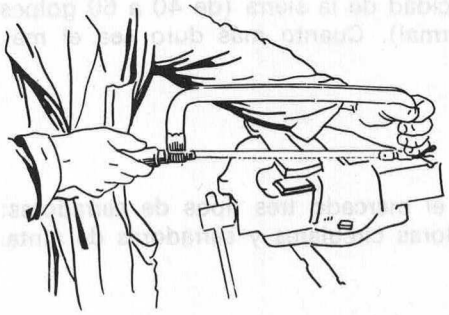


Fig. 7.36 Manera de coger el arco de sierra.

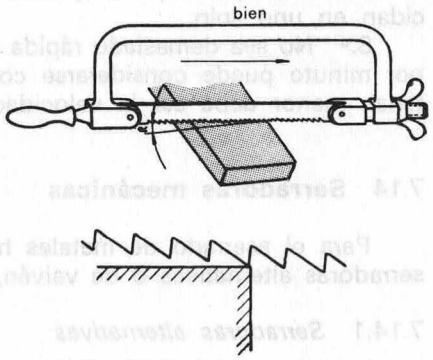


Fig. 7.37 Inicio del corte.

1.ª Al iniciar el corte, procúrese que la sierra forme ángulo conveniente con la superficie de la pieza.

Se debe iniciar la operación como indica la figura 7.37.

Si se hace como en la figura 7.38, con suma facilidad saltarán los dientes y se inutilizará la sierra o disminuirá su capacidad de trabajo.

Cuando haya de emplearse esta manera de iniciar el corte, hágase muy poca presión sobre la pieza.

Al hacerlo según la figura 7.39, resbalará la sierra y haremos en la pieza un sinfín de rayas. Una buena práctica para iniciar el corte de piezas delicadas es hacer una pequeña muesca con una lima triangular o mediacaña.

Para que se inicie el corte en el sitio deseado, puede también ponerse la uña del dedo pulgar de la mano izquierda de manera que roce con ella la sierra, no por la zona de los dientes, sino por el centro. Entretanto, el arco se manejará con una sola mano y con sumo cuidado para no lastimarse en la mano que hace de *guía.*

Para iniciar el corte de perfiles laminados, hágase como se indica en la figura 7.40.

2.ª Téngase sumo cuidado en llevar siempre la sierra en la misma dirección.

3.ª No se cambie bruscamente la dirección de la sierra durante el trabajo (lateralmente).

4.ª Si se trata de aserrar perfiles delgados, elíjanse sierras de paso fino (fig. 7.41). Si no se dispone de sierra de paso fino, hágase de manera que trabaje siempre más de un diente, inclinando el corte cuanto sea necesario (figura 7.42).

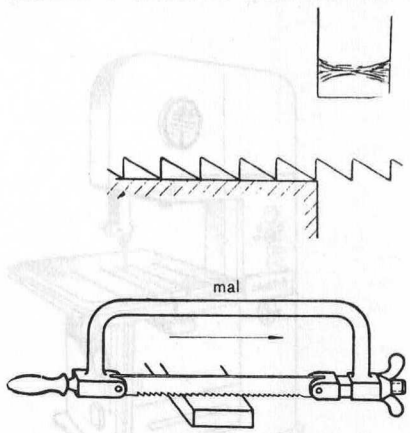


Fig. 7.39 No iniciar el corte apoyando toda la sierra.

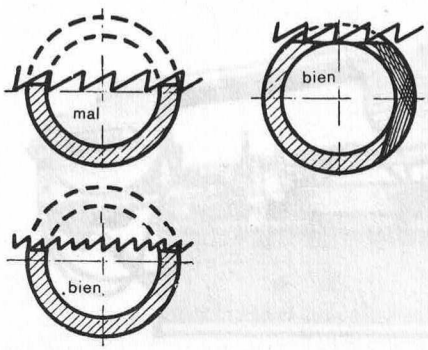


Fig. 7.41 Aserrado de tubos.

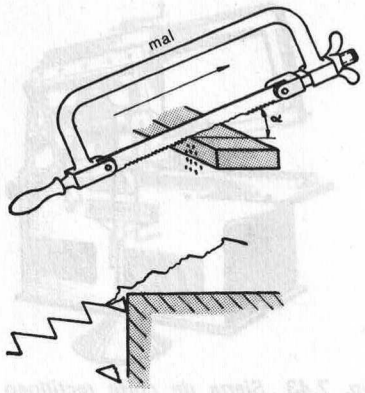


Fig. 7.38 Maneras defectuosas de iniciar el corte.

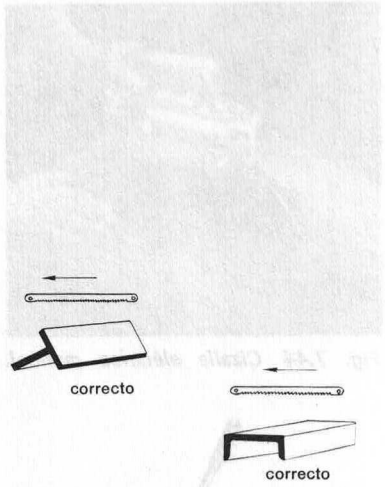


Fig. 7.40 Forma de cortar perfiles laminados.

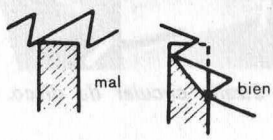


Fig. 7.42 Forma de cortar perfiles delgados.

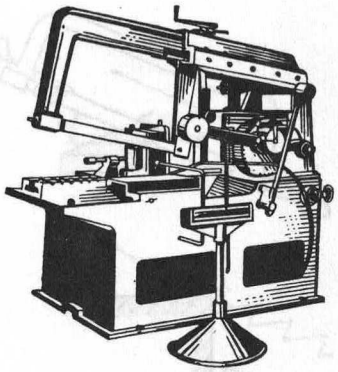


Fig. 7.43 Sierra de corte rectilíneo alternativo.

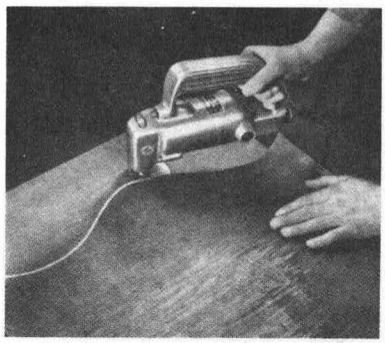


Fig. 7.44 Cizalla eléctrica manual.

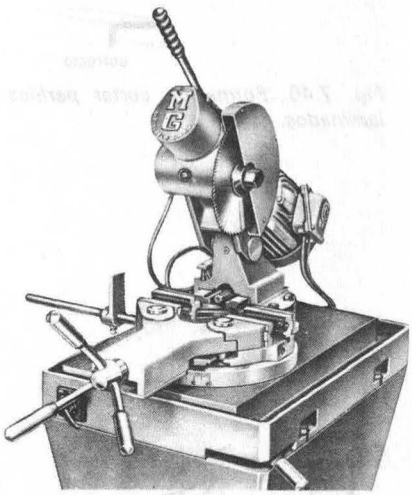


Fig. 7.45 Cizalla circular de disco.

5.ª No se ejerza presión en la carrera de retroceso, ni sea exagerada en la de trabajo hacia adelante;

6.ª Hágase de manera que trabaje la sierra en toda su longitud, trabajando con el recorrido (carrera) máximo posible.

7.ª No se continúe con una sierra nueva un corte iniciado con una desgastada. Si debe substituirse la hoja sin terminar el corte, empiécese el corte con la sierra nueva por la parte opuesta al corte iniciado, de manera que luego coincidan en uno solo.

8.ª No sea demasiado rápida la velocidad de la sierra (de 40 a 60 golpes por minuto puede considerarse como normal). Cuanto más duro sea el material, menor debe ser la velocidad.

7.14 **Serradoras mecánicas**

Para el aserrado de metales hay en el mercado tres tipos de serradoras: serradoras alternativas o de vaivén, serradoras circulares y serradoras de cinta.

7.14.1 *Serradoras alternativas*

Este tipo de máquina (fig. 7.43) es muy segura, pero su rendimiento es escaso. Su funcionamiento es muy sencillo: el motor mueve una biela acoplada al arco de sierra, arrastrándolo en su movimiento de vaivén. Un dispositivo hace que la presión de la sierra vaya en el sentido de retroceso, levantándose ligeramente el arco en su carrera hacia adelante o viceversa según las características del fabricante. Al final del aserrado la máquina se desconecta automáticamente.

7.14.1.1 *Tijeras manuales a motor*

Son tijeras portátiles de serrado alternativo provistas de motor que cortan por vibración de dos cuchillas. Por tratarse de cuchillas muy pequeñas, estas tijeras pueden dar cortes circulares, e incluso sinuosos (fig. 7.44).

7.14.2 *Serradoras circulares*

El elemento de corte de esta máquina (fig. 7.45) no es una sierra común. Se trata de un disco de material abrasivo que, al girar a gran velocidad, corta el material al friccionar sobre él. Este tipo de máquina es de gran rendimiento, pudiéndose dar cortes en distintos ángulos. Pueden emplearse sierras metálicas, pero entonces la velocidad de giro es mucho menor.

7.14.3 *Serradoras de cinta*

Pueden ser horizontales y verticales. La serradora de cinta horizontal (figura 7.46) está sustituyendo con gran ventaja a las serradoras alternativas, pues su rendimiento es muy superior para perfiles de pequeño espesor y no muy duros. Esta máquina emplea sierra de cinta sin fin similar a las empleadas para madera.

En la figura 7.47 tenemos una serradora de cinta vertical equipada con una sierra estrecha que permite serrar metales en formas muy diversas, e incluso calados. También se usa para marquetería.

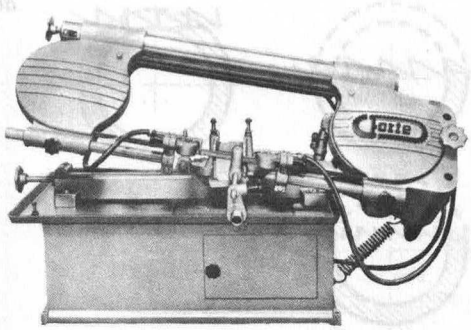


Fig. 7.46 Sierra de cinta continua horizontal.

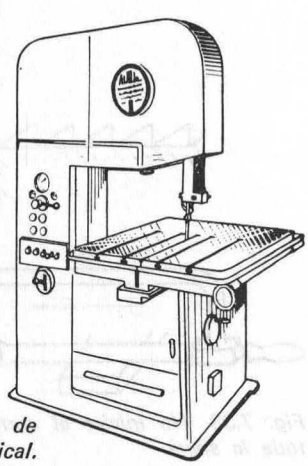


Fig. 7.47 Sierra de cinta continua vertical.

Esta serradora lleva incorporado un compresor que, por un conducto adecuado, lleva el aire hasta una boquilla colocada junto al punto de corte.

Los otros tipos de máquinas suelen refrigerarse con agua o con aceites de corte adecuados. Preferentemente se usan mezclas de aceites emulsionables con agua llamados *taladrinas.* Deben ser de tipo no graso para evitar que las virutas queden pegadas a la sierra o un bajo rendimiento de corte.

7.15 Forjado

El forjado se realiza a golpe de martillo y, generalmente, en caliente. Por medio del forjado se da forma a las piezas metálicas. El metal empleado en los trabajos de forja debe ser considerado *material plástico,* es decir, que pueda sufrir alargamiento o deformación sin romperse.

7.15.1 *Fragua*

La fragua es el conjunto de elementos que facilitan el calentamiento de los materiales para después forjarlos. Puede ser portátil o fija (fig. 7.48). La fragua fija (fig. 7.48B) consta de un armazón metálico sobre el que va colocada una bandeja en la que se pone el carbón. En el centro de la bandeja hay un orificio para la salida del aire que procede del ventilador. La parte central, por donde es impulsado el aire, se llama tobera.

El carbón empleado en los trabajos de forja es la hulla grasa. Este carbón tiende a unirse al arder, formando una bóveda que concentra el calor, resultando así una especie de horno abierto.

Para encender la fragua se coloca sobre la salida del aire un papel con virutas. Se enciende el papel y, mientras arden las virutas, se cubren con carbón, al tiempo que se da aire lentamente. En el momento que comienza a arder el carbón, se cubre nuevamente con más carbón formando un montículo.

Para facilitar la formación de la bóveda antes indicada, conviene sacudir sobre el carbón una escobilla mojada en agua.

Una vez encendido el fuego, se introduce horizontalmente la pieza a calentar, cubriéndola totalmente de carbón incandescente. Se procurará que la pieza no quede directamente encima de la tobera, ya que en esta posición no se calentaría.

La velocidad del ventilador debe ser aquélla que mantenga un buen fuego, sin que el aire rompa la bóveda con desprendimiento de carbón.

Durante el calentamiento hay que mover la pieza, observando que se caliente en el punto deseado y por igual.

Después de un tiempo de funcionamiento, el carbón crea una escoria que tiende a obstruir la salida del aire, por lo que es necesario retirarla y formar nuevamente una bóveda.

En el caldeo de las piezas hay que prestar gran atención, ya que un excesivo calor las puede quemar. A título de orientación diremos que el acero y el hierro no deben sobrepasar los 1 200 °C, que corresponden a un rojo entre cereza claro y anaranjado.

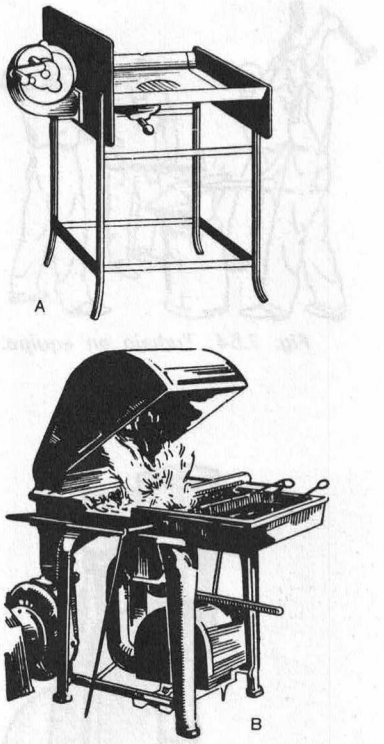


Fig. 7.48 Tipos de fraguas: A, *portátil;* B, *de campana.*

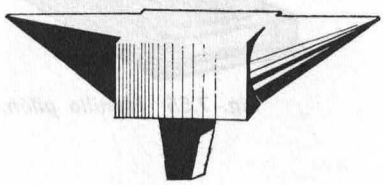


Fig. 7.49 Yunque.

7.15.2 *Herramientas empleadas para forjar*

Para forjar hay que disponer de un yunque (fig. 7.49) sobre el que apoyar las piezas y tajaderas (fig. 7.50) y se golpea con mazas o machos de acero y martillos de distintas formas (figs. 7.51 y 7.52). Para sujetar las piezas se utilizan tenazas de mango largo y boca adecuada, según la sección del material (fig. 7.53).

Además de las herramientas antes indicadas podemos citar: la plana (figura 7.52), que sirve para aplanar la superficie del material; la tajadera empleada para cortar y que puede ser fija (fig. 7.50A), colocada en un agujero de que dispone el yunque. Dispuesto el material sobre ella, se golpea directamente en el material. También puede ser de mano (fig. 7.50B). En este caso dispone de un mango de madera y, colocado el filo sobre el material a cortar, se golpea en la cabeza.

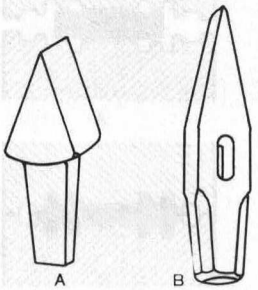


Fig. 7.50 Tajaderas: A, *fija;* B, *con mango.*



Fig. 7.51 Macho o maza

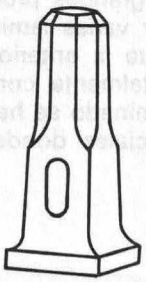


Fig. 7.52 Plana.

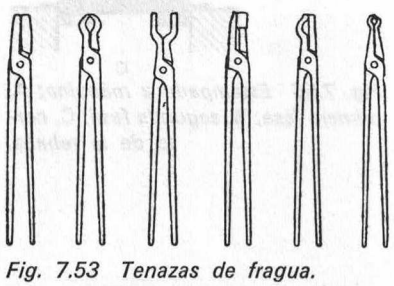


Fig. 7.53 Tenazas de fragua.



Fig. 7.54 Trabajo en equipo.

Cuando se trate de forjar piezas de gran espesor se hace con ayudante. El ayudante golpea con un macho de forjar, mientras que el oficial lo hace con un martillo, indicando con su golpe el punto donde debe golpear el macho (fig. 7.54).

No solamente se forja a mano. Existen unas máquinas llamadas martinetes o martillo pilón, con las que un especialista puede forjar toda clase de piezas. Estas máquinas (fig. 7.55) tienen un yunque fijo al suelo, y la maza es impulsada en movimiento ascendente y descendente por una articulación mecánica o neumática accionada por un motor.

Un pedal, al alcance del pie del operario, permite a éste dominar el golpe o parar la máquina.

7.16 Estampado

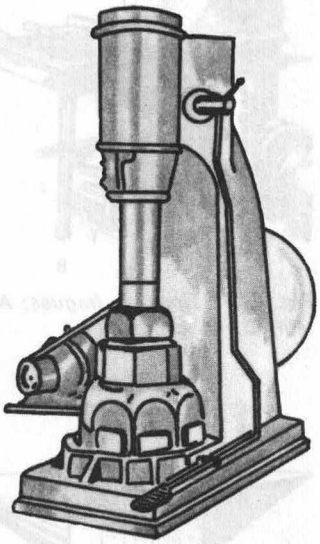


Fig. 7.55 Martillo pilón.

A la operación para obtener piezas forjadas por medio de moldes especiales, llamados estampas, se le llama estampado.

El estampado se puede realizar a mano o a máquina. Consiste este procedimiento en colocar una porción del material entre las partes que componen el molde o estampa, golpeando en la parte superior si este estampado se hace a mano. Cuando se estampa a máquina, se coloca una de las partes del molde sobre el yunque, y la otra parte se fija en la maza del martillo pilón que, movido por un motor, golpea la pieza (fig. 7.56).

Estos dos procedimientos no son muy perfectos, ya que las piezas no resultan bien acabadas. Para conseguir piezas perfectas por medio del estampado, se utilizan prensas adecuadas que presionan convenientemente la pieza colocada entre las dos partes de la estampa.

El estampado siempre se realiza en caliente, salvo en casos de materiales muy dúctiles. Cuanto más alta sea la temperatura del material, más fácilmente se realizará el trabajo.

7.17 Laminación

Para la obtención de barras, chapas y otros perfiles por laminación, se hace pasar un tocho del metal a laminar entre dos cilindros de acero fundido que giren a la misma velocidad y en sentido contrario, haciéndose reducir la separación de los cilindros en cada pasada. Esta máquina se llama laminadora. El número de pasadas depende del espesor fijado para el material (fig. 7.57).

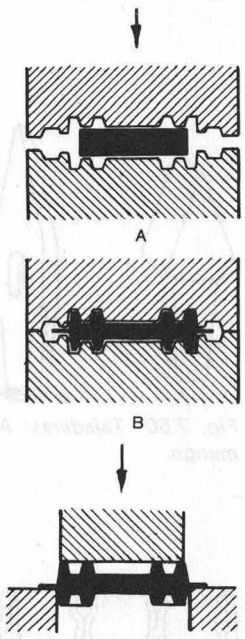


Fig. 7.56 Estampado a máquina: A, *primera fase;* B, *segunda fase;* C, *corte de la rebaba.*

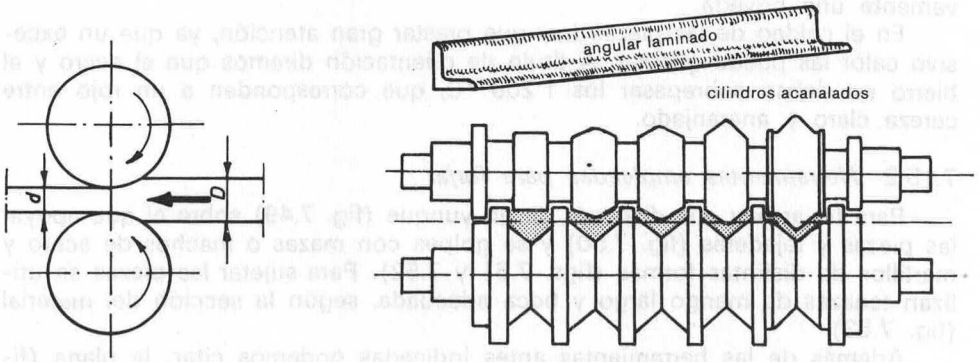


Fig. 7.57 Laminación de un ángulo.

Para grandes producciones se emplea el tren de laminación, que consiste en alinear varias laminadoras. Cada una tiene una menor separación entre cilindros que la anterior. El tocho entra en la primera laminadora y sale por la última totalmente confeccionado en perfil, plancha, etc.

El laminado se hace generalmente en caliente, por lo que se necesitan hornos especiales donde el material alcance la temperatura de laminación.

SEGURIDAD E HIGIENE

— Fijación correcta de las piezas.
— Herramientas en buen estado; cabezas de cinceles, mangos de martillos.
— Prevenir lastimarse en los ojos; utilizar gafas.
— Prevenir accidentes a terceros; proyección de trozos desprendidos con violencia.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Relación de tipos de cizalla de mano que conoces.
— Forma que tienen los filos en una herramienta de corte.
— Haz un estudio comparativo entre los dos sistemas de troceado: con desprendimiento de virutas y sin él.
— Hacer una relación de accesorios y herramientas para forjar, al tiempo que se indica la forma de ser empleados.

CUESTIONARIO

7.1 Enumera operaciones que puedan realizarse con cincel, buril y gubia.
7.2 ¿Son importantes estas operaciones?
7.3 ¿Cuál te parece más importante?, ¿por qué?
7.4 ¿Es correcta la sección redonda para cinceles y mangos de martillo? ¿por qué?
7.5 ¿Tiene importancia la forma de la cabeza de los cinceles y buriles?
7.6 ¿El filo es diferente para los varios materiales?
7.7 ¿Te parece importante el troceado con cincel? ¿qué inconveniente tiene?
7.8 Clasifica las tijeras accionadas a mano según su empleo.
7.9 ¿Cuáles son las principales características de las tijeras de sobremesa?
7.10 ¿Qué ventajas crees que puede tener la guillotina de pie sobre las tijeras de mano y las tijeras de sobremesa?
7.11 ¿Es mejor el sistema de troceado por desprendimiento de virutas o no? ¿Por qué?
7.12 Un perfil de paredes finas: tubos por ejemplo, ¿qué procedimiento de corte requiere?, ¿qué tipo de sierra debe emplearse?
7.13 ¿Cómo se clasifican las hojas de sierra?
7.14 ¿Qué precauciones hay que tomar al aserrar perfiles delgados?
7.15 ¿Qué función desempeña el forjado?
7.16 Enumera las partes fundamentales de una fragua.
7.17 ¿Qué tipo de carbón se emplea en los trabajos de fragua?
7.18 Enumera algunas herramientas empleadas en el forjado.
7.19 ¿En qué consiste el laminado de una barra metálica?

VOCABULARIO TECNICO

Clavera: Accesorio empleado en cerrajería y forja para el trabajo de los metales en frío o en caliente.

Patas de araña: Ranuras de diversas formas que se practican en las piezas para facilitar su engrase.

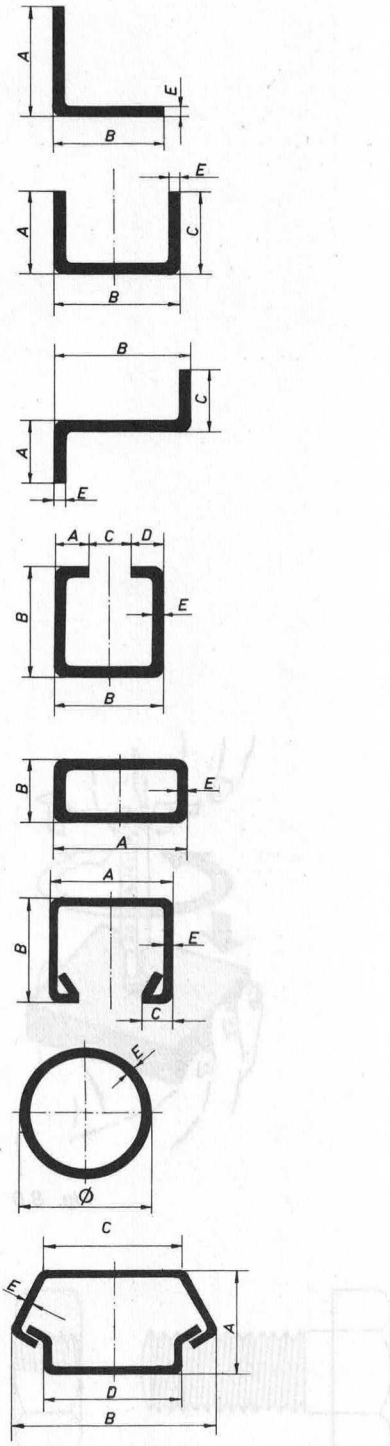


Fig. 7.58 Diversos perfiles laminados.

5. Roscado a mano de los metales

Tema 8. **Roscas**

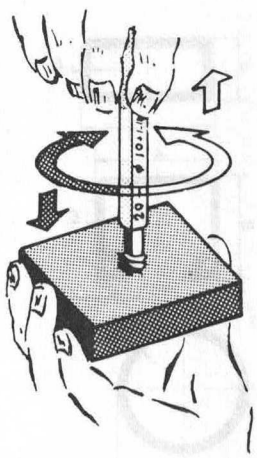


Fig. 8.0

OBJETIVOS

— *Dar una idea general de los fundamentos de las roscas.*

— *Identificar las dimensiones fundamentales de una rosca y definir cada una de ellas.*

— *Comprender la representación simbólica de roscas de acuerdo con las normas ISO.*

— *Saber cómo se denominan o designan las roscas según el sistema a que pertenecen.*

GUION

— Tornillo y tuerca.
— Clasificación de las roscas.
— Elementos de las roscas. Perfil.
— Dimensiones fundamentales de una rosca.
— Representación de las roscas.
— Designación de las roscas.
— Acotación de las roscas.
— Sistemas de roscas.

PUNTOS CLAVE

— Clasificación de las roscas.
— Elementos de las roscas.
— Designación de las roscas.
— Identificación de las roscas.

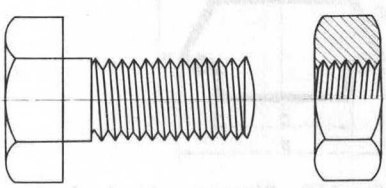


Fig. 8.1 Tornillo y tuerca.

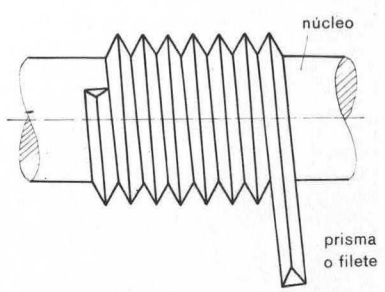


Fig. 8.2 Generación teórica de una rosca.

EXPOSICION DEL TEMA

Roscas. Llamamos rosca, a la hélice construida sobre un cilindro, con un perfil determinado y de una manera continua y uniforme.

8.1 Tornillo y tuerca

Si la hélice es exterior, resulta un *tornillo;* si es interior, una *tuerca* (fig. 8.1).

8.1.1 *Generación de una rosca*

Podemos considerar como si un prisma se enrollase alrededor de un cilindro que llamaremos núcleo (fig. 8.2).

En la práctica, lo que hacemos es una canal que de lugar a la rosca. Más adelante, veremos cómo hemos de hacer estas roscas.

Estos prismas en forma de hélice reciben el nombre de *hilos* o *filetes* de rosca. Los canales que queden entre los filetes se llaman entradas (fig. 8.3).

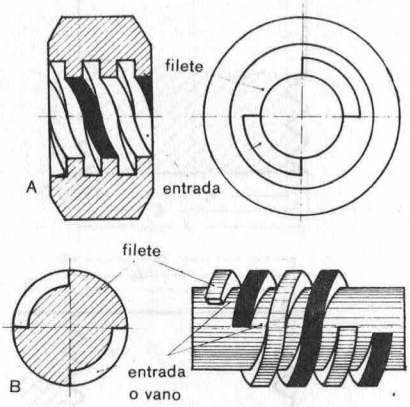


Fig. 8.3 Filetes y entradas: A, *tuerca de dos entradas;* B, *tornillo de dos entradas.*

8.2 Clasificación de las roscas

En la identificación de una rosca intervienen varios factores, como son: el *número de filetes,* la *forma de la rosca,* el *lugar donde va roscada* y el *sentido.*

8.2.1 *Según el número de filetes*

— de una entrada, si tiene un solo filete (fig. 8.2);
— de varias entradas, si tienen dos o más filetes (fig. 8.4).

8.2.2 *Por la forma del filete* (fig. 8.5)

— *Triangulares:* los filetes son triángulos y son las más usadas para fijación (fig. 8.5A).
— *Trapeciales:* los filetes son trapecios isósceles y son las más usadas para trasmisión de fuerza o servir de guía (fig. 8.5B).
— *Redondas:* se emplean para roscas que tengan mucho desgaste y para casos especiales; casquillos de bombillas (fig. 8.5C).

8.2.3 *Según su posición*

— *Exteriores:* si están hechas en un cilindro exterior; dan lugar a un tornillo (fig. 8.1);
— *Interiores:* si están hechas en un cilindro interior o agujero; dan lugar a tuercas (fig. 8.1).

8.2.4 *Según el sentido de la hélice* (fig. 8.6):

— *Roscas a derecha,* (o simplemente derecha) cuando la tuerca avanza en sentido de las agujas del reloj: de derecha a izquierda (fig. 8.6A).
— *Roscas a izquierda* (o simplemente izquierda) cuando la tuerca avanza al girarla en sentido contrario a las agujas del reloj: de derecha a izquierda (figura 8.6B).

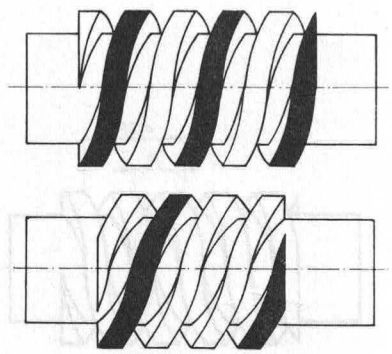


Fig. 8.4 Rosca de dos y tres entradas.

8.3 Elementos de las roscas. Perfil

En la representación de las roscas seccionadas, suponemos siempre que están cortadas por un plano axial (es decir, un plano que contenga al eje de la rosca).

Atendiendo sólo al filete (fig. 8.7). En la figura vemos claramente sus nombres:

— *flancos* o caras laterales;
— *ángulos de los flancos* (medio en un plano axial);
— *fondo,* unión de los flancos por la parte interior;
— *cresta,* unión de los flancos por la parte exterior;
— *vano,* espacio vacío entre dos filetes;
— *base,* donde los filetes se apoyan en el núcleo (línea imaginaria);
— *núcleo,* es el volumen ideal sobre el que se encuentra la rosca o cuerpo del elemento roscado;
— *hilo,* es la porción de hélice comprendida en una vuelta completa de la tuerca.

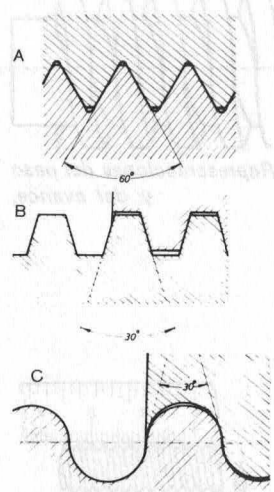


Fig. 8.5 Perfiles de roscas: A, *triangulares;* B, *trapeciales;* C, *redondas.*

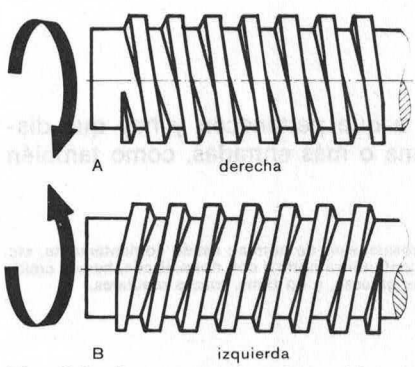


Fig. 8.6 Roscas según el sentido: A, *rosca derecha;* B, *rosca izquierda.*

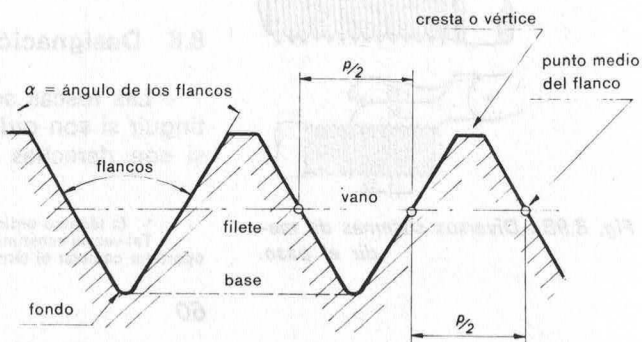


Fig. 8.7 Elementos de una rosca.

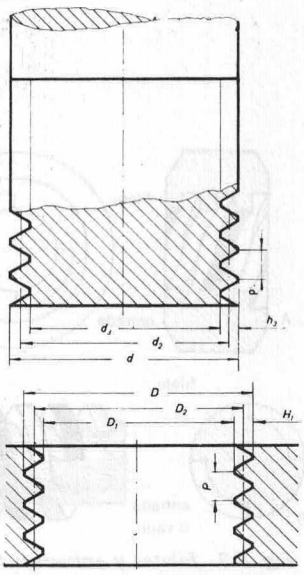


Fig. 8.8 Dimensiones fundamentales de una rosca.

8.4 Dimensiones fundamentales de una rosca

Damos aquí las comunes a todos los tipos de roscas (fig. 8.8).

8.4.1 *Paso (P)*

Distancia entre filetes consecutivos.

8.4.2 *Avance (a)*

La distancia que recorre en sentido del eje un filete al dar una vuelta entera (fig. 8.9A), también la recorre el tornillo en la tuerca al dar una vuelta completa. La forma práctica de verificar el paso es como se indica en la figura 8.9B.

En las roscas de un filete, $\boxed{a = P}$

En las roscas de varios filetes, $\boxed{a = P \cdot z}$

Siendo z el n.º de entradas.

8.4.3 *Diámetro exterior*

Es el diámetro mayor de una rosca.

D, para los interiores: de fondo a fondo.

d, para los exteriores: de cresta a cresta.

8.4.4 *Diámetro interior*

Es el diámetro menor de la rosca.

D_1, para los interiores de cresta a cresta.

d_3, para los exteriores, de fondo a fondo, que se llama diámetro del núcleo.

8.4.5 *Diámetro medio*

Existe, por tanto, un punto donde el filete y el vano tienen el mismo ancho, al cual se llama punto medio del flanco, y al diámetro correspondiente.

Diámetro en los flancos: es igual para el tornillo y la tuerca; lo representaremos por D_2, d_2 para la tuerca y tornillo respectivamente.

8.4.6 *Profundidad de las roscas*

Llamadas también altura del filete, es la semidiferencia entre los diámetros exterior e interior o la distancia entre cresta y base: la representamos por H_1 para las tuercas, y h_3 para los tornillos. Tabla 8.15.

8.4.7 *Diámetro nominal*

Es el que sirve para identificar la rosca y suele ser siempre el diámetro mayor de la rosca exterior, es decir: *d.*

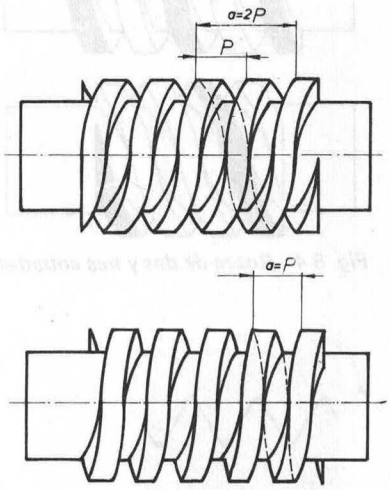


Fig. 8.9A Representaciones del paso y del avance.

8.5 Representación de las roscas

En este mismo libro aparecerán muchas veces tuercas y tornillos; vamos a decir cómo se representan.

Ante todo digamos que, para hacer más fácil el dibujo, las piezas en general y los tornillos en particular no se dibujan tal como se ven, sino que se emplean símbolos y convencionalismos. Por tanto, hemos de conocer estas maneras de representar, para saber leer los dibujos y figurarse un tornillo cuando esté representado simbólicamente según normas (fig. 8.10).

En el caso concreto de tuercas y tornillos, hay muy poca diferencia entre las ISO y las UNE, pero nosotros, por las razones apuntadas, emplearemos las ISO.

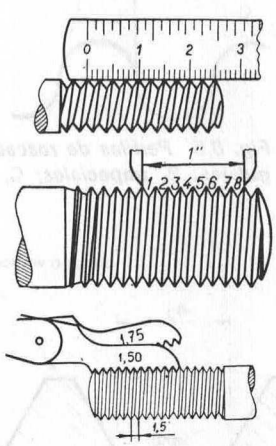


Fig. 8.9B Diversos sistemas de medir el paso.

8.6 Designación de las roscas

Las roscas se designan según el sistema a que pertenecen y hay que distinguir si son ordinarias [1] o finas y si tienen una o más entradas, como también si son derechas o izquierdas (tabla 8.11).

[1] El término ordinarias, aquí, no es sinónimo de basta o grosera, sino de normal; usado corrientemente, etc. Tal vez se acostumbre más decir normal, pero, como puede confundirse normal con normalizada, hemos creído oportuno cambiar el término. En algunas normas las llaman roscas gruesas, y en otras, roscas regulares.

Tabla 8.11 Resumen de la denominación de las roscas

Clase de rosca	*Símbolo que se coloca delante*	*Medidas nominales de la rosca*	*Designación abreviada y ejemplo de acotado*
Metrica.	M	Diámetro exterior de la rosca en mm	M60
Metrica fina	M	Diámetro exterior de la rosca y paso en mm.	M105x4
Whitworth.		Diámetro de la rosca exterior en pulgadas.	2"
Whitworth de gas.	R	Diámetro interior del tubo normal en pulgadas.	R4"
Sellers — Basta		N.º o diámetro exterior de la rosca en pulgadas seguida del paso en hilos por pulgada y la abrev. — NC	$1\frac{1}{2}$"-6-NC
Sellers — Fina		N.º o diámetro exterior de la rosca en pulgadas seguida del paso en hilos por pulgada y la abrev. — NF	$1\frac{1}{2}$"-12-NF
Sellers — Especial		N.º o diámetro exterior de la rosca en pulgadas seguida del paso en hilos por pulgada y la abrev. — NS	$1\frac{5}{8}$-18-NS

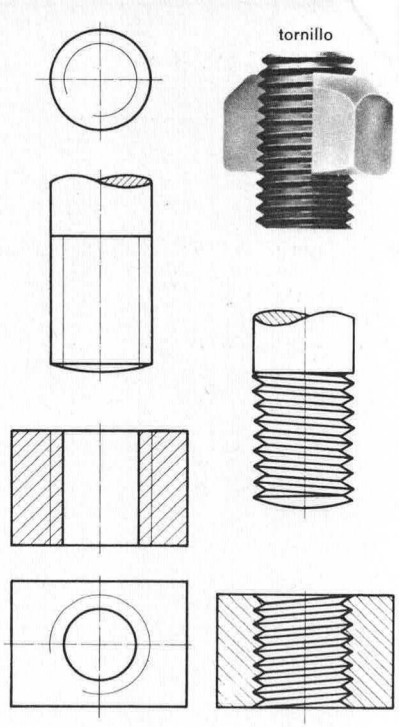


Fig. 8.10 Representación de roscas según el sistema ISO.

8.7 Acotación de las roscas

En la figura 8.12, tenemos la manera de acotar las roscas.

Siempre se acota el diámetro exterior o mayor, tanto para tornillos como para tuercas.

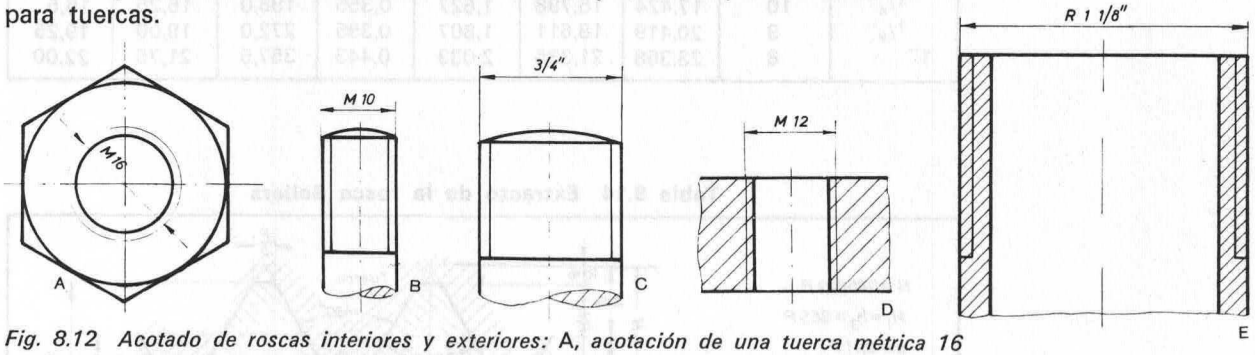


Fig. 8.12 Acotado de roscas interiores y exteriores: A, *acotación de una tuerca métrica 16 según UNE;* B, *acotación de un tornillo métrico 10 según ISO y UNE;* C, *acotación de un tornillo Whitworth 3/4'' según ISO y UNE;* D, *acotación métrica 12 según ISO;* E, *acotación de una rosca de tubo de gas, R 1 1/8'' según ISO.*

8.8 Sistemas de roscas

Han sido muchos los tipos de roscas empleadas. Para ahorrar gastos y confusiones, se han normalizado y clasificado las roscas según su forma y aplicaciones. Se han establecido una serie de medidas escalonadas que pueden cubrir las necesidades comunes.

Se llama sistema de roscas cada uno de los grupos en que se pueden clasificar las roscas normalizadas con sus especificaciones.

Los principales sistemas empleados son:

8.8.1 *Sistema Whitworth* (tabla 8.13)

De uso normal.

8.8.2 *Sistema Sellers* (tabla 8.14)

Estas se emplean mucho en automovilismo.

8.8.3 *Sistema ISO* (tabla 8.15)

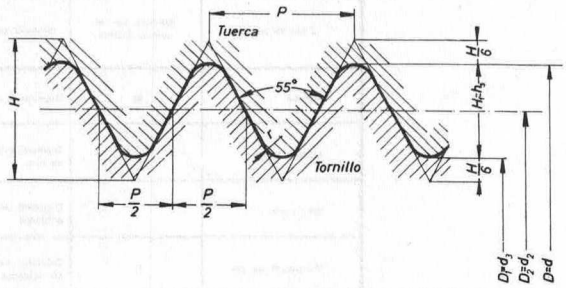
Nuevo tipo de roscas que sustituye a las del sistema internacional (S.I.).

8.8.4 *Sistema Whitworth para tubos* (tabla 8.16)

En las diversas tablas damos un extracto de los valores de las roscas de estos sistemas.

Tabla 8.13 Extracto de la rosca Whitworth

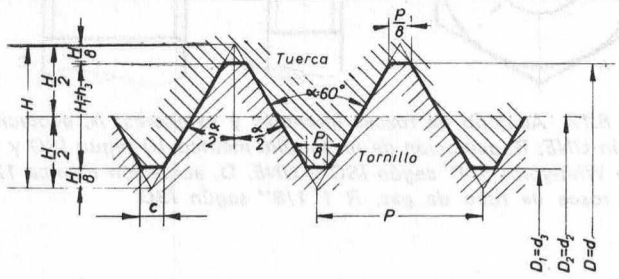
$H = 0{,}96049\ P$
$H_1 = h_3 = 0{,}64\ P$
$r = 0{,}14\ P$
$D_1 = d_3 = D - 1{,}3\ P$
$D_2 = d_2 = D - 0{,}64\ P$
$H_2 = H_1$
$Truncamiento = \frac{H}{6} \quad 0{,}16\ P$



Ø nominal	Paso en hilos por pulgada	Ø medio	Ø núcleo	Altura	Radio	Sección del núcleo	Broca para la tuerca	
$D = d$	Z	$d_2 = D_2$	$d_3 = D_1$	$h_3 = H_1$	r	mm^2	Serie I	Serie II
$^1/_4$"	20	5,537	4,724	0,813	0,177	17,5	5,00	5,1
$^5/_{16}$"	18	7,034	6,131	0,904	0,197	29,5	6,40	6,5
$^3/_8$"	16	8,509	7,492	1,017	0,222	44,1	7,70	7,9
$^1/_2$"	12	11,345	9,990	1,355	0,296	78,4	10,25	10,5
$^5/_8$"	11	14,397	12,918	1,479	0,322	131,1	13,25	13,5
$^3/_4$"	10	17,424	15,798	1,627	0,355	196,0	16,25	16,5
$^7/_8$"	9	20,419	18,611	1,807	0,395	272,0	19,00	19,25
1"	8	23,368	21,335	2,033	0,443	357,5	21,75	22,00

Tabla 8.14 Extracto de la rosca Sellers

$H = 0{,}86603\ P$
$H_1 = h_3 = 0{,}65\ P$
$c = 0{,}11\ P$
$D_1 = d_3 = D - 1{,}3\ P$
$D_2 = d_2 = D - 0{,}65\ P$
$H_2 = H_1$
$\frac{H}{8} = 0{,}108\ P$



Ø nominal	Paso	Ø medio	Ø núcleo	Altura	Ancho del fondo	Sección	Broca para la tuerca	
$D = d$	P	$d_2 = D_2$	$d_3 = D_1$	$h_3 = H_1$	c	mm^2	Serie I	Serie II
1	0,397	1,596	1,388	0,258	0,043	1,513	0,50	0,55
2	0,454	1,889	1,594	0,295	0,049	1,995	0,75	0,80
3	0,529	2,171	1,827	0,344	0,058	2,621	1,25	1,30
4	0,635	2,433	2,021	0,412	0,069	3,207	1,50	1,60
5	0,635	2,763	2,351	0,412	0,069	4,341	2,00	2,10
6	0,794	2,989	2,473	0,516	0,087	4,803	2,25	2,30
8	0,794	3,650	3,134	0,516	0,087	7,714	3,00	3,10
10	1,058	4,798	4,110	0,688	0,116	13,267	4,25	4,35
$^1/_4$"	1,270	5,525	4,700	0,825	0,189	17,349	5,00	5,10
$^5/_{16}$"	1,411	7,021	6,104	0,917	0,195	29,263	6,40	6,50
$^3/_8$"	1,588	8,454	7,463	1,031	0,209	43,743	7,70	7,90
$^7/_{16}$"	1,814	9,934	8,755	1,179	0,213	60,200	9,00	9,10
$^1/_2$"	1,954	11,431	10,162	1,269	0,226	81,105	10,25	10,50
$^9/_{16}$"	2,117	12,913	11,538	1,375	0,232	104,556	11,75	12,00
$^5/_8$"	2,309	14,575	12,875	1,500	0,252	130,192	13,25	13,50
$^3/_4$"	2,540	17,400	15,750	1,650	0,279	194,827	16,25	16,50
$^7/_8$"	2,822	20,392	18,559	1,833	0,310	270,519	19,00	19,25
1"	3,175	23,338	21,276	2,062	0,349	355,524	21,75	22,00

Tabla 8.15 Perfil ISO

$H = 0{,}86603 \cdot P$

$H_1 = \frac{5}{8} H = 0{,}54127 \cdot P$

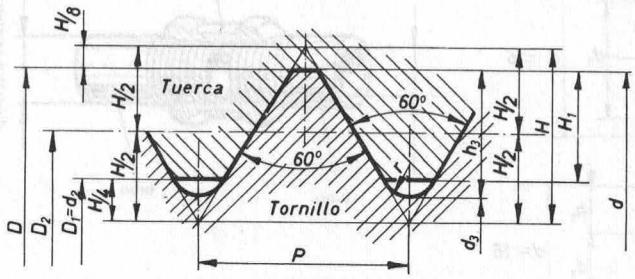
$h_3 = \frac{17}{23} H = 0{,}61343 \cdot P$

$d_1 = D_1 = d - 2H_1 = d - 1{,}08253 \cdot P$

$d_2 = D_2 = d - \frac{3}{4} H = d - 0{,}64952 \cdot P$

$d_3 = d - 2h_3 = d - 1{,}22687 \cdot P$

$r = \frac{H}{6} = 0{,}14434 \cdot P$



⌀ nominal serie I	⌀ nominal serie II	Paso P	⌀ medio $d_2 = D_2$	⌀ del núcleo d_3	⌀ agujero $D_1 = d_1$	Altura filete h_3	Altura filete H_1	Radio del fondo r	Sección mm²	Broca para tuerca serie I	Broca para tuerca serie II
1,6		0,35	1,373	1,171	1,221	0,215	0,189	0,051	1,08	0,8	0,8
	1,8	0,35	1,573	1,371	1,421	0,215	0,189	0,051	1,47	1	1
2		0,4	1,740	1,509	1,567	0,245	0,216	0,058	1,79	1,45	1,45
	2,2	0,45	1,980	1,648	1,713	0,276	0,243	0,065	2,13	1,75	1,80
2,5		0,45	2,208	1,948	2,013	0,276	0,243	0,065	2,98	1,90	2,00
3		0,5	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271	0,072	4,47	2,45	2,50
	3,5	0,6	3,110	2,764	2,850	0,368	0,325	0,087	6,00	2,70	2,80
4		0,7	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379	0,101	7,75	3,20	3,30
	4,5	0,75	4,013	3,580	3,688	0,460	0,406	0,108	10,1	3,70	3,80
5		0,8	4,480	4,019	4,134	0,491	0,433	0,115	12,7	4,10	4,20
6		1	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541	0,144	17,9	4,90	5,00
	7	1	6,350	5,773	5,917	0,613	0,541	0,144	25,4	5,90	6,00
8		1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677	0,180	32,8	6,60	6,70
10		1,5	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812	0,217	52,3	8,20	8,40
12		1,75	10,863	9,853	10,106	1,074	0,947	0,253	76,2	9,90	10,00
	14	2	12,701	11,546	11,835	1,227	1,083	0,289	105	11,50	11,75
16		2	14,701	13,546	13,835	1,227	1,083	0,289	105	13,50	13,75
	18	2,5	16,376	14,933	15,294	1,534	1,353	0,361	175	15,00	15,25

Tabla 8.16 Rosca Whitworth. Gas para tubos

$H = 0{,}96049 \cdot P$

$H_1 = h_3 = 0{,}64 \cdot P$

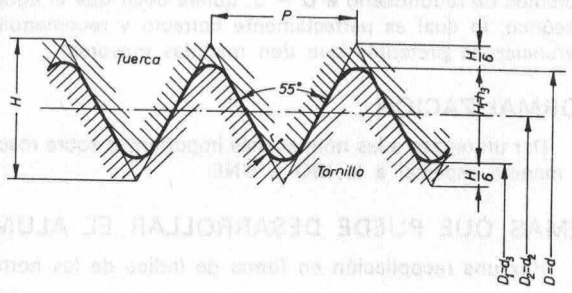
$r = 0{,}14 \cdot P$

$D_1 = d_3 = D - 1{,}3 \cdot P$

$D_2 = d_2 = D - 0{,}64 \cdot P$

$H_2 = H_1$

$\frac{H}{6} = 0{,}16 P$



⌀ nominal D = d	Paso en hilos por pulgada Z	⌀ medio $d_2 = D_2$	⌀ núcleo $d_3 = D_1$	Altura $h_3 = H_1$	Radio r	Diámetro comercial del tubo Ext.	Diámetro comercial del tubo Int.
R 1/8"	28	9,147	8,566	0,581	0,125	10	3
R 1/4"	19	12,301	11,445	0,856	0,184	13	6
R 3/8"	19	15,806	14,950	0,856	0,184	17	10
R 1/2"	14	19,793	18,631	1,162	0,249	21	15
R 3/4"	14	25,279	24,117	1,162	0,249	26	20
R 1"	11	31,770	30,291	1,479	0,317	33	25
R 1 1/4"	11	40,431	38,952	1,479	0,317	42	32
R 1 1/2"	11	46,324	44,845	1,479	0,317	48	40
R 2"	11	58,135	56,656	1,479	0,317	60	50

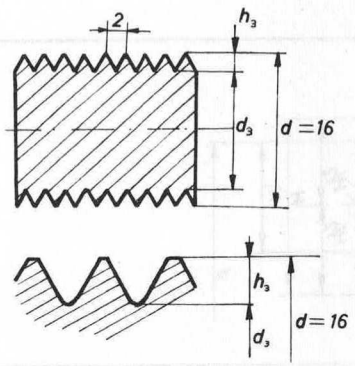


Fig. 8.18

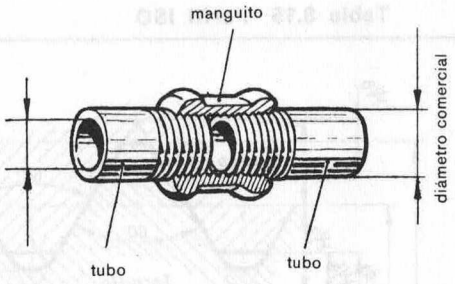


Fig. 8.17 Acoplamiento roscado de una tubería.

PROBLEMAS

Problema 1

Un tornillo de rosca métrica internacional I.S.O. (fig. 8.18) tiene 16 mm de diámetro y 2 mm de paso, ¿cuánto medirán la altura del filete y el diámetro del núcleo?

Solución:

Observando el croquis del problema en la figura, vemos que las fórmulas necesarias son:

$$h_3 = 0{,}7053 \cdot P = 0{,}7053 \cdot 2 = 1{,}4106 \approx 1{,}41 \text{ mm}$$

$$d_3 = d - 2\,h_3 = 16 - 2 \cdot 1{,}4106 = 13{,}1788 \approx 13{,}17 \text{ mm}$$

redondeamos en menos por tratarse de un tornillo en el cual las medidas es preferible que sean menores para asegurar la intercambiabilidad.

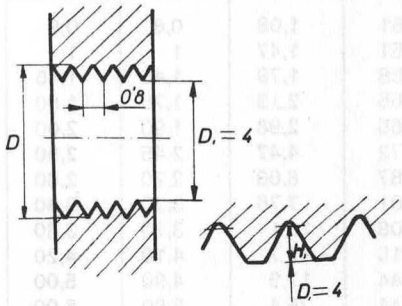


Fig. 8.19

Problema 2

El diámetro del agujero de una tuerca de rosca DIN (fig. 8.19), es de 4 mm y el paso de 0,8 mm, ¿cuál será el diámetro nominal?

Solución:

Del croquis de la figura, vemos que el camino a seguir es: $D = D_1 + 2\,H_1$; al no conocer el valor de H_1, tomamos D en función de P:

$$D = D_1 + 1{,}299 \cdot P = 4 + 1{,}299 \cdot 0{,}8 = 4 + 1{,}0392 = 5{,}0392$$

Por tratarse de una rosca normal no podremos dar como bueno el resultado, sino que habremos de redondearlo a D = 5; quiere decir que el agujero de la tuerca es algo mayor que el teórico, lo cual es perfectamente correcto y recomendable, puesto que en las tuercas las diferencias es preferible que den medidas mayores.

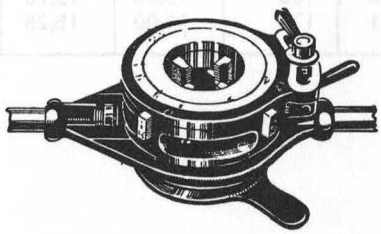


Fig. 8.20 Terrajas de peines para el roscado de tubos.

NORMALIZACION

Dar un repaso a las normas más importantes sobre roscas para comprender su importancia, de manera especial a la ISO y UNE.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

Haz una recopilación en forma de índice de las normas UNE referentes a roscas.

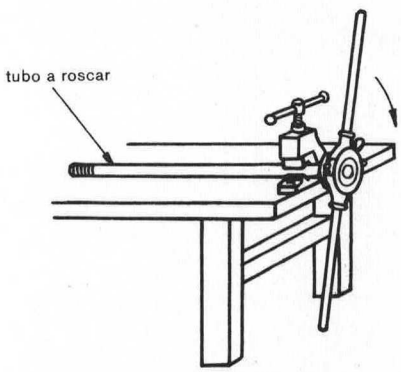


Fig. 8.21 Aplicación.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— A la vista de piezas roscadas, di a qué clase de rosca pertenece cada una, de acuerdo con los conceptos expuestos en el tema.

— De una serie de dibujos de máquinas, señala dónde van roscas, y explica qué significa su acotación y si son o no correctos.

CUESTIONARIO

8.1 ¿Qué es una rosca?

8.2 Haz una rápida enumeración de las particularidades que sirven para clasificar las roscas.

8.3 ¿Es el diámetro exterior de un tornillo más importante que el del núcleo? Razona tu respuesta.

8.4 ¿Por qué hay varios sistemas de roscas?

8.5 ¿Te parece que deben reducirse a menos?

8.6 ¿Qué ventajas te parece que se obtendrían de la reducción?

8.7 ¿Habría algún inconveniente? ¿cuáles?

Tema 9. Roscado, herramientas de roscar y roscado a mano

OBJETIVOS

— *Conocer las herramientas empleadas para el tallado de roscas, tanto exteriores como interiores.*

— *Conocer la operación de roscado y diversas formas de cómo se puede efectuar esta operación.*

— *Conocer otros procedimientos con diversas clases de herramientas.*

— *Adquirir destreza para roscar tuercas a mano con el auxilio de machos y bandeadores.*

— *Saber determinar el orden de operaciones a seguir para roscar con terraja.*

— *Conocer los accesorios y utensilios complementarios en la operación de roscado a mano.*

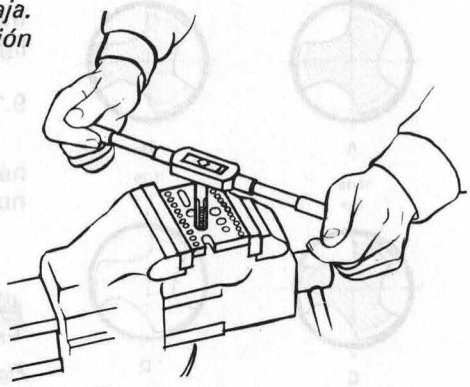


Fig. 9.0

GUION

— Machos y cojinetes de roscar.
— Terrajas de peines.
— Práctica del roscado.
— Roscado de tuercas.
— Roscado del tornillo.

PUNTOS CLAVE

— Angulos principales de los machos y cojinetes.
— Clases de machos.
— Saber emplear el macho y el cojinete apropiado para cada clase de material y forma de trabajo.
— Operaciones previas al roscado, tanto para tuercas como para tornillos.
— Precauciones principales en la operación de roscado, tanto para las tuercas como para los tornillos.

EXPOSICION DEL TEMA

Roscado. Por roscado entendemos la obtención de roscas en piezas metálicas, ya sean exteriores (tornillos) ya sean interiores (tuercas).

Puede hacerse esta operación:
1.º a mano;
2.º a máquina.

9.1 Machos y cojinetes de roscar

Son las herramientas más empleadas para la realización de tuercas y tornillos.

Para el roscado a mano, son las únicas herramientas empleadas; para el roscado a máquina se emplean, además, otros tipos.

9.1.1 *Machos de roscar*

Los machos de roscar son como tornillos de acero templado, con unas ranuras o canales longitudinales, de forma y dimensiones apropiadas, capaces de tallar, generalmente por arranque de virutas, una rosca en un agujero previamente taladrado.

9.1.1.1 *Partes de un macho*

En un macho de roscar (fig. 9.1) hay que distinguir las partes siguientes:
— Parte activa o entrada: es la parte de la rosca que realiza el tallado.
— Parte calibradora: es el resto de la parte roscada que sirve de guía y facilita el avance del macho.
— Mango: es la parte no roscada del macho, que sirve para la fijación o arrastre del macho.

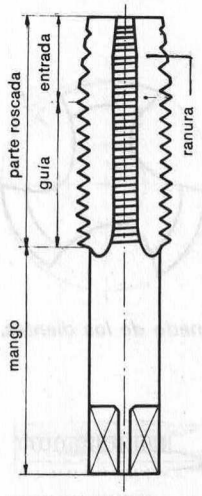


Fig. 9.1 Macho de roscar.

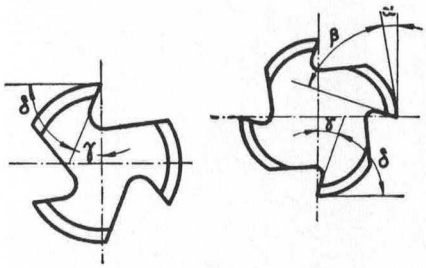


Fig. 9.2 Sección transversal de dos machos de tres y cuatro ranuras.

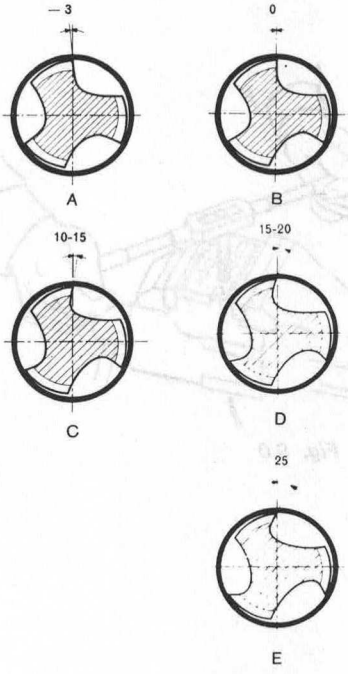


Fig. 9.3 Angulos de desprendimiento en los machos de roscar: A, baquelita, ebonita; B, latón, bronce; C, fundición, acero semiduro y duro; D, aluminio, acero inoxidable; E, cobre, magnesio y silicio.

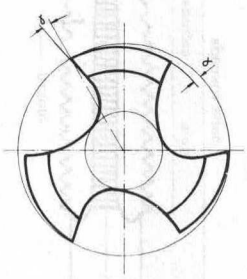


Fig. 9.6 Destalonado de los dientes.

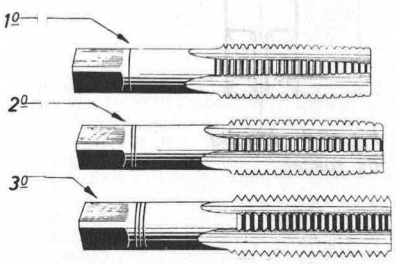


Fig. 9.8 Juego de tres machos.

9.1.1.2 *Sección transversal*

El buen rendimiento del macho depende fundamentalmente: de su sección transversal, que nos da los ángulos de corte; y de la entrada que nos reparte o divide el trabajo entre los filetes activos.

— Sección transversal (fig. 9.2): la forma transversal viene determinada por el número de ranuras longitudinales, por su forma y por el destalonado de los filetes. El número ideal de ranuras sería 3, para asegurar el contacto simultáneo de los filetes cortantes contra el agujero, pero es corriente que sean 4 porque así produce menor esfuerzo de giro y descarga mejor la viruta. Hay machos pequeños sólo con dos ranuras y, por el contrario, para mayores pueden hacerse de 6.

9.1.1.3 *Angulos de desprendimiento*

La forma y valor del ángulo de desprendimiento depende del material a trabajar, que puede variar desde 5° para metales duros hasta 25° para metales ligeros, y para metales tenaces suele ser de 15° (fig. 9.3).

9.1.1.4 *Forma de las ranuras*

Las ranuras suelen ser rectas, pero preferiblemente perpendiculares a la hélice del filete (fig. 9.4); para gran rendimiento, se emplean machos con ranuras en forma de hélice de ángulo mayor (fig. 9.5).



Fig. 9.4 Macho con ranuras rectas.



Fig. 9.5 Macho con ranuras helicoidales.

9.1.1.5 *Destalonado*

El destalonado de los filetes varía en razón de los diversos materiales, pero es muy pequeño, sólo de algunas centésimas (fig. 9.6). Para metales ligeros es menor, y algunos fabricantes no lo hacen para estos materiales. Lo ideal es hacer este destalonado por rectificado después del temple: así se hacen los de mejor calidad.

En aquéllos en que el destalonado se hace con herramientas, suele ser mayor, en cuyo caso habrá de tenerse en cuenta que, al reafilar los machos, van disminuyendo de diámetro. Habrá que comprobar que no resulte la rosca menor de lo tolerado. Si el roscado se hace a mano, convendrá emplear para el último macho uno nuevo no reafilado.

9.1.1.6 *Juego de machos*

Sección longitudinal: ya hemos dicho que los filetes efectivos para el corte son los de la entrada.

Una entrada corta puede presentar dificultades, a pesar de lo cual para agujeros ciegos, no podrá hacerse demasiado larga.

En la figura 9.7, se ve cómo un fabricante determina la entrada y la parte calibradora (cilíndrica) en un juego de 3 machos (fig. 9.8) para el roscado a mano: hace progresivo el diámetro exterior, y el del núcleo, con lo cual el trabajo total a realizar se reparte proporcionalmente entre las distintas piezas del juego, facilitando así el trabajo y logrando mejor calidad.

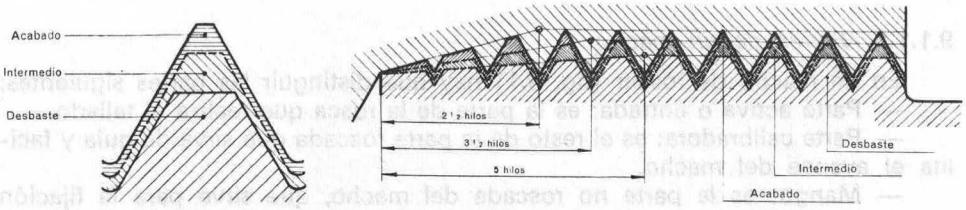


Fig. 9.7 Sección longitudinal de un macho de diámetros progresivos.

9.1.2 *Cojinetes de roscar*

Son como tuercas de acero templado con unas ranuras o canales longitudinales, de forma y dimensiones apropiados, capaces de tallar, por arranque de viruta, una rosca en un cilindro y obtener un tornillo o varilla roscada.

9.1.2.1 *Partes de un cojinete*

En la figura 9.9A y 9.10 tenemos representado un cojinete normal en el cual, igual que en los machos, cabe distinguir el *cuerpo* o *soporte.* Es el cilindro de acero. Suelen hacerse con unos diámetros y anchos normalizados.



Fig. 9.9A Cojinete abierto.

9.1.2.2 *Formas*

Pueden ser *cerrados* (fig. 9.10), *abiertos* (fig. 9.9A) y *partidos* (fig. 9.9B).

Los primeros son rígidos y son los preferidos porque dan mayor uniformidad a todos los tornillos, tallados con la misma herramienta.

Los abiertos son elásticos y pueden regularse entre ciertos límites. Dan roscas menos precisas y uniformes, tanto en diámetro como espesor de los filetes, ya que pueden quedar más o menos cerrados y lateralmente pueden desplazarse o alabearse, si no están bien colocados en la terraja.

Tienen la ventaja de que puede darse una primera pasada algo más abierta y luego terminar con una pequeña pasada de acabado.

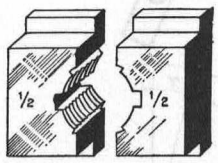


Fig. 9.9B Cojinete partido.

9.1.2.3 *Angulos*

Como en los machos, es muy importante la sección transversal del cojinete, ya que la forma de las ranuras nos da los ángulos adecuados. En la figura 9.11, vemos los ángulos y también cómo deben ir destalonados los dientes (fig. 9.12).

El ángulo de desprendimiento suele valer:

6° a 7°, para acero tenaz;
8° a 9°, para acero dulce;
0° para latón.

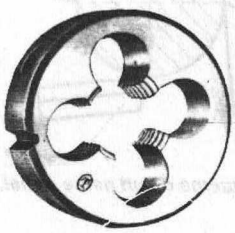


Fig. 9.10 Cojinete cerrado.

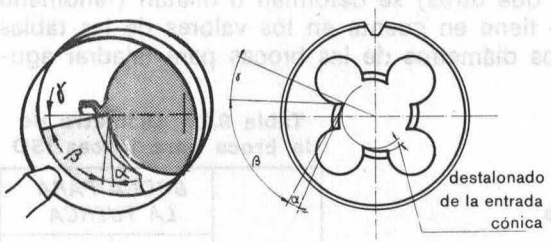


Fig. 9.11 Angulo de los cojinetes de roscar: α, ángulo de incidencia; β, ángulo de filo; γ, ángulo de desprendimiento.

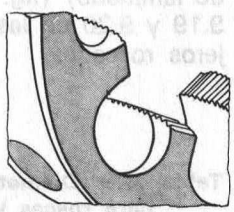


Fig. 9.12 Detalle del destalonado.

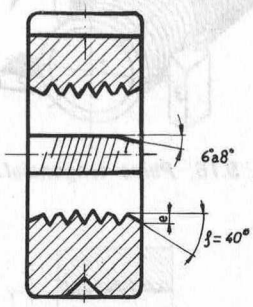


Fig. 9.13 Detalle de la entrada.

9.1.2.4 *Destalonado*

El destalonado también debe ser pequeño para evitar agrandamientos excesivos con el reafilado del cojinete.

En la sección longitudinal, al igual que en los machos, cabe distinguir la entrada, que suele ser un cono (fig. 9.13) con una altura *e*. Este cono de entrada suele hacerse por ambos lados del cojinete, pero sólo debe emplearse por un lado, ya que sólo lleva ángulo correcto por un lado.

Para facilitar la salida de viruta, al igual que en los machos, se les hace un ángulo en la cara cortante de 6° a 8° (fig. 9.13).

9.2 **Terrajas de peines** (fig. 9.14)

Para el tallado de tornillos, preferentemente de rosca fina, se emplean las terrajas de peines, que tienen la particularidad de que pueden graduarse para varios diámetros y que además pueden abrirse al final del roscado, para retroceder o retirar la pieza de una manera rápida.

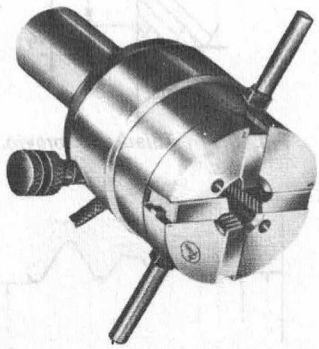


Fig. 9.14 Terraja de peines para máquina.

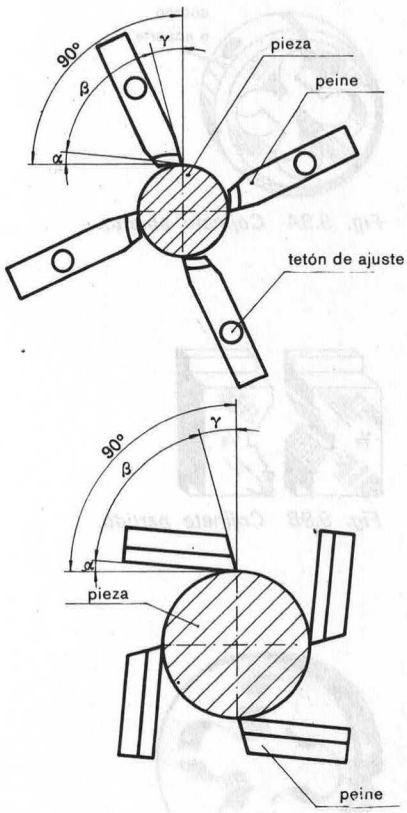


Fig. 9.15 Esquema de un peine radial.

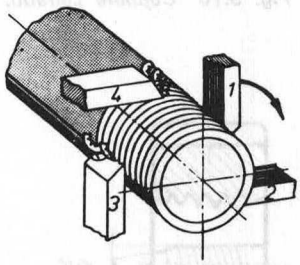


Fig. 9.16 Peine tangencial.

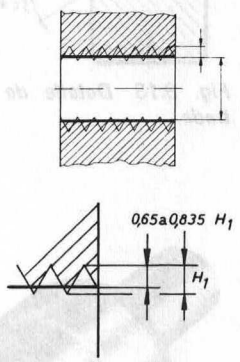


Fig. 9.17 Taladrado previo.

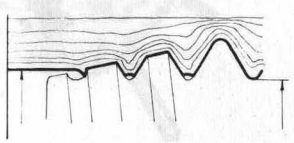


Fig. 9.18 Efecto de corrimiento o laminado.

9.2.1 *Tipos de terrajas*

Hay dos tipos fundamentales según los peines:

— Para peines radiales (fig. 9.15).

— Para peines tangenciales (fig. 9.16).

Tanto las terrajas como los peines, deben estar muy bien fabricados ya que deben ajustar de manera precisa y quedar perfectamente centrados y alineados. Pueden emplearse para trabajo manual, pero sobre todo tienen gran aplicación para el tallado de roscas en máquinas, incluso automáticas.

9.3 Práctica del roscado

Vamos a describir aquí la manera de roscar a mano empleando, por tanto, los machos de roscar, para tuercas; y los cojinetes, para tornillos.

9.4 Roscado de tuercas

La secuencia de las operaciones es:

— taladrado previo;

— achaflanado;

— roscado propiamente dicho.

9.4.1 *Taladrado previo*

El agujero que debe hacerse para roscar no es del diámetro teórico de la rosca dado por el cálculo o sacado de las tablas teóricas, sino mayor para los siguientes fines:

— Facilitar la operación por menor arranque de material, sin que por ello pierda eficacia o resistencia la rosca. Cuanto más tenaz y duro sea el material o más larga la rosca, mayor podrá hacerse el agujero.

Suele hacerse de manera que la profundidad de la rosca sea de un 62 a un 75 % de la profundidad teórica y nunca mayor del 83,5 % (fig. 9.17).

— Los materiales (unos más que otros) se deforman o dilatan (fenómeno de laminado) (fig. 9.18). Esto se tiene en cuenta en los valores de las tablas 9.19 y 9.20 en las que figuran los diámetros de las brocas para taladrar agujeros roscados.

Tabla 9.19 Diámetro de la broca para roscas Whitworth

Diám. nomin. D Pulgadas	*BROCA PARA LA TUERCA*		
	Serie I mm	*Serie II mm*	*Gas*
1/16	1,2	1,3	—
3/32	1,9	2	—
1/8	2,5	2,6	8,7
5/32	3,2	3,3	—
3/16	3,6	3,7	—
7/32	4,5	4,7	—
1/4	5,00	5,1	11,8
5/16	6 40	6 5	—
3/8	7,70	7,9	15,25
1/2	10,25	10,5	19
5/8	13,25	13,5	—
3/4	16,25	16,5	24,5
7/8	19,00	19,25	28
1	21,75	22,00	30,5
1 1/8	24,50	24,75	35,5
1 1/4	27,50	27,75	39,5
1 3/8	30,00	30,5	42
1 1/2	33,00	33,5	45

Tabla 9.20 Diámetro de la broca para roscas ISO

Diám. ext. D = d'	*BROCA PARA LA TUERCA*	
	Serie I mm	*Serie II mm*
3	2,45	2,50
4	3,20	3,30
5	4,10	4,20
6	4,90	5,00
7	5,90	6,00
8	6,60	6,70
10	8,20	8,40
12	9,90	10,00
14	11,50	11,75
16	13,50	13,75
18	15,00	15,25
20	17,00	17,25
22	19,00	19,25
24	20,50	20,50
27	23,50	23,50
30	25,75	26,00
33	29,00	29,00
36	31,25	31,50
39	34,25	34,50
42	36,75	37,00
45	39,75	40,00
48	42,00	42,25

La serie I, para materiales que se dilatan poco al roscar, como la fundición gris; la serie II, para los materiales que se dilatan mucho, como el acero.

Para agujeros largos o agujeros ciegos, se emplean como mínimo los diámetros de la serie II. Los valores dados en la tabla son muy escasos o sea que, para trabajos corrientes, es preferible emplear brocas algo mayores.

Haciendo así los agujeros: se fatiga menos el operario, se rompen menos machos y el filete de la rosca aguanta más. Si el agujero es muy justo, al dilatarse el material, adquiere más volumen que el dejado por el vano del macho y con facilidad es arrancado por el vano siguiente, o le produce una fatiga que lo predispone a la rotura.

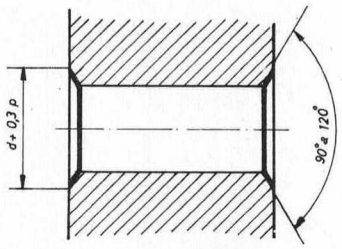


Fig. 9.21 Chaflanes.

9.4.2 *Achaflanado*

Para facilitar la entrada del macho y a la vez evitar que se produzcan rebabas en los extremos o salidas de rosca, es recomendable hacer a los dos lados del agujero un chaflán de 120° con un diámetro ligeramente mayor al nominal de la rosca (fig. 9.21).

9.4.3 *Roscado propiamente dicho*

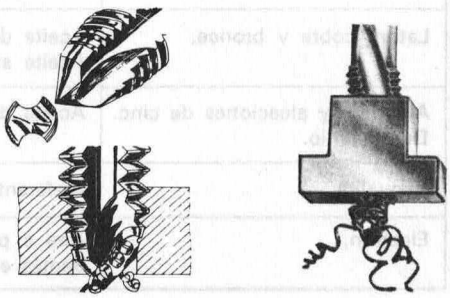
9.4.3.1 *Elección de los machos*

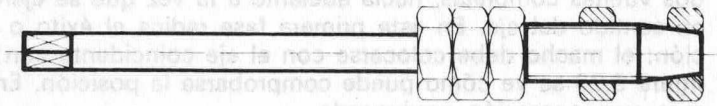
— según el material a roscar, debe elegirse el macho con los ángulos apropiados; si es muy tenaz y algo grande, convendrá emplear un juego de tres machos o en todo caso de dos.

— Si se trata de agujeros ciegos, se emplearán machos de entrada corta (fig. 9.22A); por el contrario, si el agujero es pasante, podrán emplearse de entrada larga (fig. 9.22B).

— Si son piezas pequeñas (tuercas) o son muchas las que hay que roscar, pueden emplearse machos largos (fig. 9.22C) para que no deba sacarse el bandeador para cada pieza.

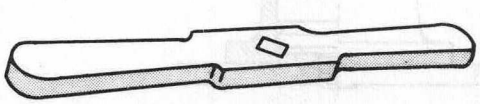

Fig. 9.22A Machos para agujeros ciegos.

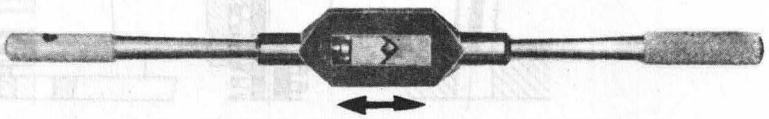

Fig. 9.22B Machos de entrada corregida para facilitar la salida de la viruta en los agujeros pasantes.


Fig. 9.22C Machos largos para piezas pequeñas.

9.4.3.2 *Elección del bandeador apropiado*

Ya dijimos que el macho tiene una parte llamada vástago o mango, que sirve para fijarlo a la máquina o arrastrarlo en el trabajo; los machos de roscar a mano suelen llevar una espiga cuadrada (fig. 9.23), la cual se coloca en un bandeador o giramachos, de los cuales unos son con agujero fijo (fig. 9.23) y otros graduables (fig. 9.24).


Fig. 9.23 Bandeador o giramachos de agujero fijo.


Fig. 9.24 Bandeadores regulables para varias medidas.

Es preferible emplear los de agujero único por dos razones: 1.ª el agujero se ajusta perfectamente a la espiga y no la estropea (no emplear bandeadores de agujero mayor que la espiga) y 2.ª, y principal, los bandeadores de agujero único tienen el tamaño proporcional al agujero, de tal manera que su tamaño proporcione suficiente momento* de giro para vencer la resistencia de roscado, según el tamaño del macho. Por el contrario, un bandeador graduable, si es adecuado para los machos grandes, será peligroso para los pequeños; al tener grandes brazos, con poco esfuerzo se logra un gran momento, por cuya razón puede romper fácilmente los machos.

9.4.3.3 *Lubricantes*

Un detalle que no puede descuidarse es la lubricación: el rozamiento es irremediable y, aun con los buenos machos de dientes destalonados y rectificados, como hemos dicho ya, el material tiende a dilatarse.

Para algunos materiales es contraproducente, porque se acumula la viruta y se malogra la operación. En la tabla 9.25 damos los lubricantes más apropiados para varios materiales. Es muy importante que la lubricación se haga ya desde el principio y no cuando ya esté adelantada la operación.

Tabla 9.25 Lubricantes para el roscado

Material a roscar	*Lubricante*
Fundición gris.	En seco, aire a presión y petróleo.
Acero-fundición maleable.	Aceite de corte. Taladrina. Aceite de corte sulfurado.
Aceros especiales al cromo níquel y aceros inoxidables.	Aguarrás, petróleo y aguarrás. Aguarrás con albayalde. Aceite sulfurado.
Latón, cobre y bronce.	Aceite de colza. Aceite sulfurado.
Aluminio y aleaciones de cinc. Duraluminio.	Aceite de corte y petróleo.
Baquelita.	Preferentemente en seco o aire a presión.
Electrón.	Aire a presión. Petróleo. Jamás emplear agua o aceites emulsionables con agua.

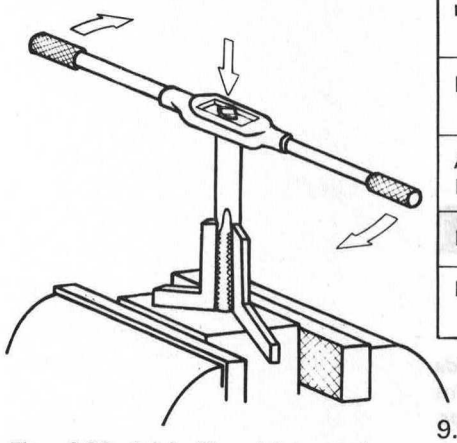


Fig. 9.26 Iniciación del roscado, comprobación de la posición.

9.4.3.4 *Iniciación del roscado*

Para empezar la rosca se pone el primer macho y se hace girar, al menos dos vueltas completas, hacia adelante a la vez que se ejerce una ligera presión en sentido del eje. En esta primera fase radica el éxito o fracaso de la operación: el macho debe colocarse con el eje coincidente con el del agujero; en la figura 9.26 se ve cómo puede comprobarse la posición. En la figura 9.27, aparece una operación equivocada.

En la figura 9.28 vemos el utillaje para asegurar la posición correcta en esta primera fase y el proceso a seguir.

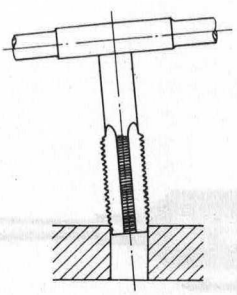


Fig. 9.27 Posición incorrecta (exagerada).

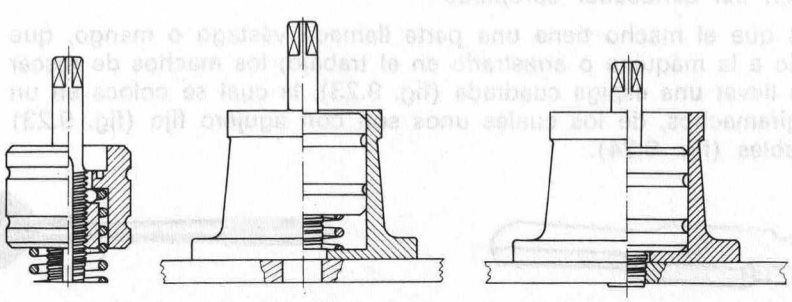


Fig. 9.28 Util para la perfecta alineación del macho.

9.4.3.5 *Roscado*

Una vez que se ha iniciado la rosca con estas vueltas, se prosigue la operación volteando alternativamente hacia uno y otro lado, a intervalos de media vuelta (fig. 9.29).

Este volver hacia atrás tiene por finalidad hacer que se rompan y desprendan las virutas más fácilmente. Si el agujero es corto y pasante, no suele presentarse ninguna complicación. Cuando es largo, es cuando hay que extremar la atención, ya en la primera fase.

Para agujeros ciegos, será necesario sacar con frecuencia el macho y limpiar el agujero de virutas.

Para roscas de gran tamaño, es preferible hacer el roscado a máquina; de lo contrario, resultaría muy fatigosa la operación; para casos especiales, pueden emplearse juegos especiales de machos aunque sean poco rentables.

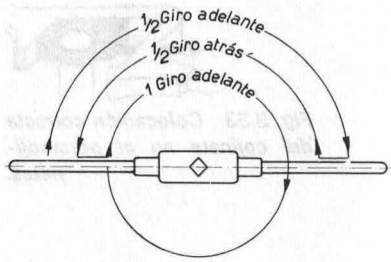


Fig. 9.29 Giro alternativo del macho.

9.5 Roscado de tornillos

9.5.1 *Torneado previo*

Por las mismas razones que para las tuercas, aquí el diámetro exterior del tornillo debe hacerse algo inferior al nominal para facilitar la operación y permitir el crecimiento del material por efecto del laminado.

De no hacerlo así, es fácil que en los aceros dulces y en algunas aleaciones, se rompan los filetes y quede una rosca de muy mala calidad; puede tornearse de tal manera que la altura del filete quede reducida de 0,7 a 0,85 de h_3 teórico.

En la punta debe hacerse un chaflán o entrada para facilitar el comienzo del roscado (fig. 9.30).

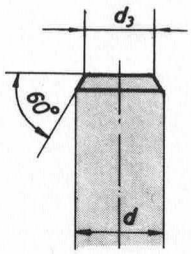


Fig. 9.30 Chaflán previo al roscado para facilitar la operación.

9.5.2 *Roscado propiamente dicho*

9.5.2.1 *Elección de los cojinetes*

Ya hemos dicho que los cojinetes empleados hoy son casi exclusivamente los circulares, cerrados o abiertos.

Se emplean preferentemente los cerrados para alcanzar con mayor seguridad las medidas precisas.

Los abiertos deben utilizarse con mayor cautela, ya que si se cerrasen demasiado, podrían romperse, por su elasticidad limitada. En la figura 9.31 aparece la manera de regular y montar los cojinetes abiertos; también se hará más difícil el roscado al tener que cortar más material que el necesario; quedará el tornillo más delgado y probablemente habrá una holgura excesiva en la tuerca; con mucha facilidad se romperán los filetes y quedará una rosca de baja calidad.

9.5.2.2 *Elección del portacojinetes*

En la figura 9.32 se presentan dos tipos de portacojinetes, uno para terrajas cilíndricas y el otro para terrajes partidas.

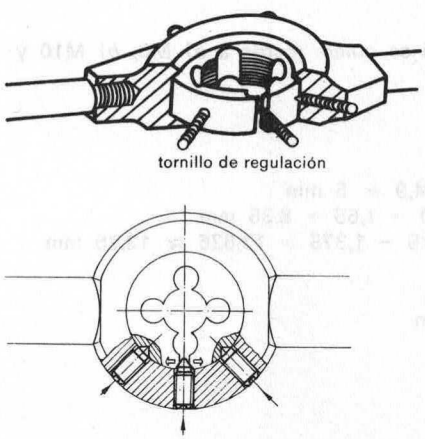


Fig. 9.31 Regulación de las terrajas abiertas.

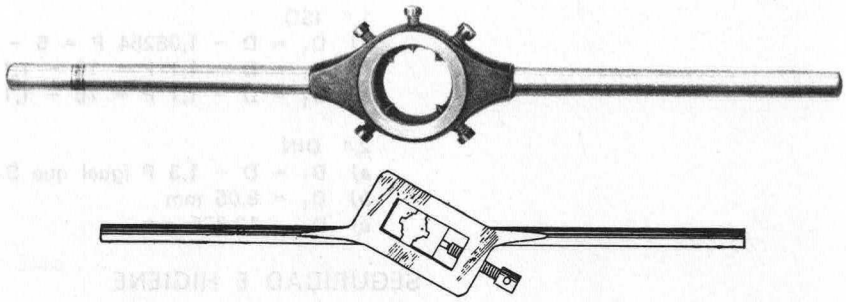


Fig. 9.32 Portacojinetes.

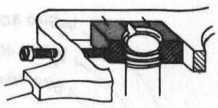


Fig. 9.33 Colocación correcta del cojinete en el portacojinetes.

En los cilíndricos, si es abierto, reglar bien la abertura y empezar, a ser posible, con la máxima abertura, con lo cual será más fácil la operación y quedará siempre la posibilidad de dar una nueva pasada con el cojinete más cerrado.

Colocarlo en el portacojinetes de manera que el ataque se haga por la cara correcta ya que el destalonado sólo está en un sentido, y el afilado también (fig. 9.33).

9.5.2.3 *Lubricante*

Vale lo dicho para el roscado con machos.

9.5.2.4 *Iniciación del roscado*

Colocar el cojinete bien derecho, que el eje coincida con el del tornillo, lo cual constituye la fase más delicada, ya que de ella depende, principalmente, el éxito o el fracaso del roscado, tanto en calidad como en conservación del cojinete, el cual, si entra torcido, puede clavarse y romperse. Se hace girar un par de vueltas hacia adelante, a la vez que se aprieta axialmente para obligarlo a entrar.

9.5.2.5 *Roscado*

Una vez iniciada la rosca y asegurado de que salga recta, se prosigue haciendo girar el portacojinetes en ambos sentidos, como se dijo para las tuercas.

Si se rosca con terraja de peines, no deberá girarse adelante y atrás, sino siempre en el mismo sentido, al final de lo cual se abrirán los peines y se retirará la terraja. En la figura 9.34 vemos una forma correcta de sujetar los espárragos para roscar y posición correcta del iniciado de la rosca.

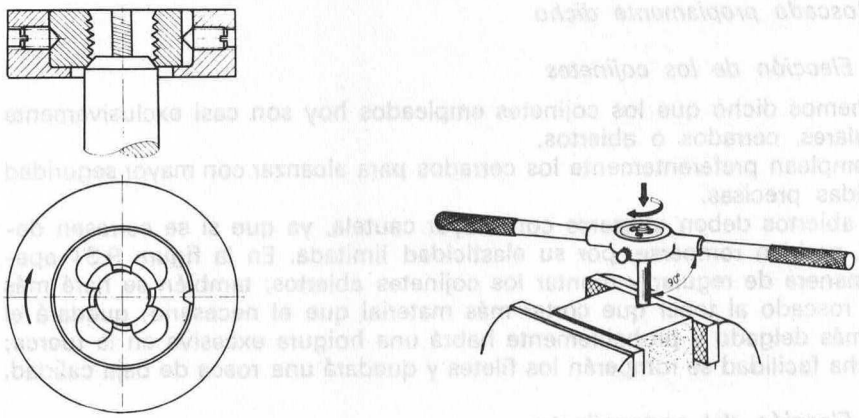


Fig. 9.34 Colocación correcta de la terraja en la iniciación de la rosca y fijación de la varilla.

PROBLEMA

¿A qué diámetro hay que taladrar una pieza si se quiere roscas a *a)* M6, *b)* M10 y *c)* M15 · 1,25? 1.º Rosca ISO; 2.º Rosca DIN.

Solución:

1.º ISO

a) $D_1 = D - 1{,}08254\ P = 6 - 1{,}1 \cdot 1 = 4{,}9 \approx 5$ mm

b) $D_1 = D - 1{,}1\ P = 10 - 1{,}1 \cdot 1{,}5 = 10 - 1{,}65 = 8{,}35$ mm

c) $D_1 = D - 1{,}1\ P = 15 - 1{,}1 \cdot 1{,}25 = 15 - 1{,}375 = 13{,}625 \approx 13{,}75$ mm

2.º DIN

a) $D_1 = D - 1{,}3\ P$ igual que S.I. = 4,7 mm

b) $D_1 = 8{,}05$ mm

c) $D_1 = 13{,}375$ mm

SEGURIDAD E HIGIENE

— Cuidado con el manejo de los lubricantes.

— Precauciones con las rebabas y virutas, que pueden producir cortes.

NORMALIZACION

Normas sobre machos:

— machos de roscar a mano para roscas métricas: juego de 3 machos, DIN 352 y DIN 357; juego de 2 machos, DIN 2 181;

— machos de roscar a mano para rosca de gas: DIN 353.

— Haz una lista de normas sobre herramientas para roscar.

— De varios catálogos de machos y cojinetes, recopila las características peculiares de cada fabricante y haz un estudio crítico de selección. Si tú tuvieses que adquirir este tipo de herramientas, ¿qué marca comprarías?, ¿por qué?

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Preparar en una hoja de trabajo las fases y operaciones para el roscado de tuercas.

— Idem de tornillos.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— Roscar tuercas y tornillos, de manera que ajusten suavemente pero sin gran holgura.

CUESTIONARIO

9.1 ¿Qué herramientas emplearías para tallar roscas exteriores?
9.2 ¿Y para interiores?
9.3 ¿Qué partes hay que distinguir en un macho de roscar?
9.4 ¿Qué importancia tiene la entrada?
9.5 ¿Qué quiere decir macho de corte progresivo?
9.6 ¿De cuántas piezas suele constar un juego de machos de roscar?
9.7 ¿Cuántos tipos de cojinetes de roscar conoces?
9.8 ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen los cojinetes cerrados?
9.9 ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen los cojinetes abiertos?
9.10 ¿Qué otras herramientas de roscar conoces?
9.11 ¿Qué características principales hay que distinguir en un cojinete de roscar?
9.12. ¿Qué operaciones previas son necesarias para roscar una tuerca?
9.13 Describe la secuencia de operaciones en el roscado de tuercas.
9.14 ¿Qué operaciones siguen al roscado de tuercas?
9.15 ¿Qué operaciones preceden al roscado de tornillos?
9.16 Describe el orden de operaciones para roscar un tornillo.
9.17 ¿Es necesaria alguna operación o precaución especial cuando se roscan agujeros ciegos?
9.18 ¿Es importante la lubricación?
9.19 ¿Qué características debe tener el lubricante empleado para roscar?
9.20 Cita algunos de los productos empleados en la lubricación de roscado para varios materiales.
9.21 ¿Es importante reafilar las herramientas de roscar?
9.22 ¿Se puede hacer el afilado de herramientas en cualquier muela?
9.23 ¿Es difícil esta operación?
9.24 ¿Quién debe hacerla?

VOCABULARIO TECNICO

Momento: Producto de la intensidad de una fuerza por su distancia a un punto o línea.

6. Taladrado de los metales

Tema 10. Brocas, máquinas de taladrar y taladrado

OBJETIVOS

— Conocer las brocas helicoidales, partes de que se componen y descripción de cada una de ellas.

— Indicar las normas importantes de los afilados especiales y recursos para obtener más rendimiento de corte en las brocas.

— Conocimiento de las taladradoras desde el punto de vista de su utilización racional.

— Conocer los diversos mecanismos o soportes para la fijación de piezas que van acoplados al soporte general o bancada de la máquina.

— Conocer los mecanismos de avance y penetración en las taladradoras sensitivas y en las que disponen de reductor de avance.

— Conocer los diversos dispositivos para fijar la broca a la máquina.

— Resolver los cálculos que puedan presentarse en el trabajo de esta máquina herramienta.

— Conocer las peculiaridades de la operación de taladrado a fin de no cometer errores y sacar el mayor rendimiento de las máquinas y de las brocas, a la vez que se evitan trabajos defectuosos y accidentes.

— Conocer las normas prácticas para garantizar la fijación de la pieza y la operación de taladrado.

GUION

— Taladrado.
— Broca.
— Brocas helicoidales.
— Tipos de brocas helicoidales.
— Afilado de las brocas helicoidales.
— Brocas especiales.
— División de las taladradoras.
— Elementos de una taladradora.
— Estudio del plano o dibujo.
— Elección de la máquina.
— Colocación de la broca.
— Fijación de la pieza.
— Operación de taladrar.
— Casos especiales.
— Algunos defectos y accidentes que pueden presentarse en el taladrado y sus causas.

PUNTOS CLAVE

— Angulos de las brocas.
— Afilado en función del material.
— Emplear la broca apropiada para cada clase de material.

— No intentar trabajar con la guía o faja desgastada.
— Distinguir mecanismos principales de la taladradora.
— Características de las máquinas de taladrar.
— Precauciones en el manejo de dichas máquinas.
— Velocidad de corte.
— Avance.
— Conocimiento de la máquina.
— Normas de seguridad.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Normas para el empleo adecuado de las muelas de afilar.
— Elementos de corte.



Fig. 10.0

EXPOSICION DEL TEMA

10.1 Taladrado

Es la operación que tiene por objeto hacer agujeros por corte de virutas, con una herramienta llamada broca, sobre diferentes tipos de material, cuya posición, diámetro y profundidad han sido determinados previamente.

10.2 Broca

Es una barra de acero templado, de tal manera afilada por un extremo, que al girar pueda penetrar en un cuerpo y cortar pequeñas porciones llamadas virutas.

Hoy día las brocas más generalizadas son las llamadas helicoidales. Las demás pueden considerarse brocas especiales.

10.3 Brocas helicoidales

Son las más comúnmente empleadas para taladrar metales, por su alto rendimiento.

En la broca helicoidal hay que distinguir: la *cola* o *mango;* el *cuerpo* y la *boca* o *punta* (fig. 10.1).

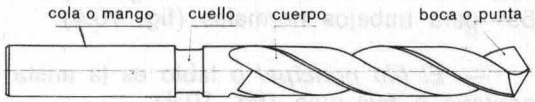


Fig. 10.1 Broca helicoidal de mango cilíndrico.

10.3.1 *Cola o mango*

Es la parte de la broca por la cual se fija a la máquina. Generalmente es cilíndrica o cónica, aunque excepcionalmente pueda tener otras formas.

— *Mango cilíndrico.* Es del mismo diámetro nominal de la broca (fig. 10.1). Suele emplearse para brocas menores de 15 mm.

— *Mango cónico.* Estos mangos tienen forma de tronco de cono. Tienen forma y dimensiones normalizadas. Los tipos más empleados son los llamados conos Morse (fig. 10.2). Los conos Morse se designan según su tamaño, con los números del 0 al 7.

El número de cono que corresponde a cada broca es:
Cono Morse n.º 1, para brocas hasta 15 mm.
Cono Morse n.º 2, para brocas mayores de 15 hasta 23 mm.
Cono Morse n.º 3, para brocas mayores de 23 hasta 32 mm.
Cono Morse n.º 4, para brocas mayores de 32 hasta 50 mm.
Cono Morse n.º 5, para brocas mayores de 50 hasta 80 mm.
Cono Morse n.º 6, para brocas mayores de 80 hasta 100 mm.
Cono Morse n.º 7, para brocas mayores de 100 mm.



Fig. 10.2 Broca helicoidal de mango cónico.

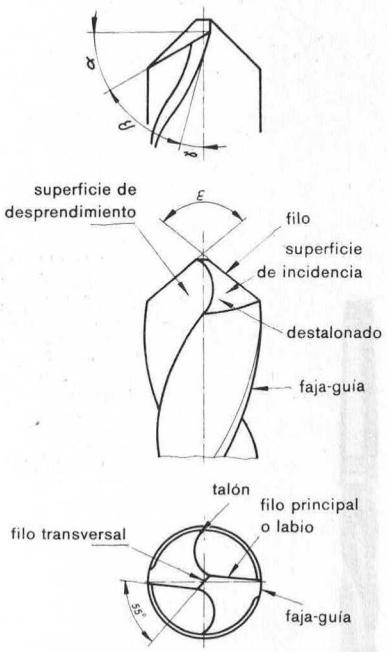


Fig. 10.4 Nomenclatura de la punta de la boca.

— *Mecha* o *lengüeta.* Es el extremo del mango; rebajada en forma plana, ajusta a una ranura apropiada para ayudar al arrastre de la broca en las cilíndricas y para la extracción, en las cónicas. Los mangos normales cónicos la llevan siempre; las de mango cilíndrico, sólo algunas (las mayores). Algunas brocas cilíndricas llevan a todo lo largo del mango uno o más planos fresados para sujetarlos a portabrocas especiales y así facilitar el arrastre.

10.3.2 *Cuerpo*

Es la parte de la broca comprendida entre el mango y la punta.

El cuerpo de la broca lleva una o más ranuras en forma de hélice. Las brocas normales llevan dos.

— *Alma de la broca.* El espesor central que queda entre los fondos de las ranuras se llama núcleo o alma. Va aumentando hacia el mango, es decir, las ranuras son cada vez menos profundas. Se hacen así para darle más robustez a la broca (fig. 10.3).



Fig. 10.3 Núcleo o alma.

— *Faja* o *guía.* Faja o guía es la periferia del cuerpo, que no ha desaparecido con las ranuras. Parte de estas fajas se rebajan ligeramente (fig. 10.4), y queda solamente una faja-guía a lo largo del borde de ataque. Se hacen estos rebajos para que no roce la broca en el agujero o taladro. El diámetro de la broca se mide, en consecuencia, sobre las fajas-guía, y junto a la punta, ya que la broca suele tener una pequeñísima conicidad (0,05 %), disminuyendo hacia el mango.

El otro borde de la faja se llama talón.

— *Cuello.* Cuello es un rebaje que llevan algunas brocas al final del cuerpo junto al mango. En él suele ir marcado el diámetro de la broca, la marca del fabricante y, algunas veces, el acero de que está construida.

10.3.3 *Boca o punta*

Es la parte cónica en que termina la broca y que sirve para efectuar el corte. En la boca, deben distinguirse:

— *El filo transversal,* que es la línea que une los fondos de las ranuras, o sea, el vértice de la broca. El ángulo que forma con las aristas cortantes es de 55° para trabajos normales (fig. 10.4).

— *El filo principal* o labio es la arista cortante; une el transversal con la periferia o faja-guía (fig. 10.4).

— *Destalonado del labio,* es la caída que se da a la superficie de incidencia, al rebajar el talón. Tiene forma cónica. En el destalonado correcto radica la clave para obtener un buen rendimiento de la broca.

— *Angulo de la punta.* Se llama ángulo de punta ε al comprendido entre los filos principales.

— *Angulos de corte.* En el mismo labio cabe distinguir tres ángulos, llamados: ángulo de filo o ángulo del útil β, ángulo de incidencia α y ángulo de desprendimiento γ. El más importante para nosotros es el ángulo de incidencia, porque es el que podemos variar con el afilado.

10.4 **Tipos de brocas helicoidales**

— *Brocas helicoidales de mango cónico,* cono Morse, diámetro de 8 a 70 mm.

— *Brocas helicoidales de mango cilíndrico* series corta, normal y larga.

— *Brocas helicoidales con agujeros de lubricación* para agujeros profundos (fig. 10.15).

— *Brocas helicoidales con más de dos ranuras,* llamadas broca-escariador para agrandar un agujero dado con anterioridad (fig. 10.11).

10.5 **Afilado de las brocas helicoidales**

Ante todo, hemos de decir que no es fácil afilar las brocas sin un dispositivo especial.

Con todo, un oficial que se precie de tal, debe lograr afilados correctos. Hay que practicar el afilado hasta lograr un buen rendimiento.

Una broca normal debe reunir las condiciones siguientes:

10.5.1 *Angulo de punta*

El ángulo de punta de las brocas normales es de 118°. En general, debe ser tanto mayor cuanto más duro y tenaz sea el material que se haya de taladrar.

Los ángulos de punta que se deben emplear son:

ε = 118° a 116°, para acero, fundición, latón ordinario y materiales de dureza similar;

ε = 140°, para aluminio y sus aleaciones, acero y fundición dura;

ε = 135° a 125°, para fibra vulcanizada, aceros, trabajando en caliente, forjados o estampados;

ε = 100° a 80°, para electrón, madera, baquelita, ebonita y fibra;

ε = 60° a 50°, para materias plásticas moldeadas y caucho endurecido.

No es suficiente que el ángulo de punta sea el adecuado. Es preciso, además, que sean iguales los ángulos que forman los filos principales con el eje de la broca y que dichos filos tengan exactamente la misma longitud. De este modo, la punta quedará perfectamente centrada con respecto al eje de la broca. Esto se comprueba con unas galgas especiales de afilar brocas (fig. 10.5).

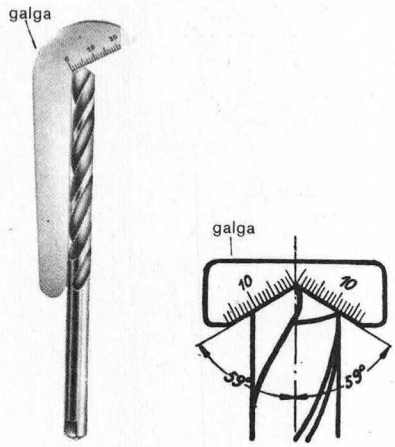


Fig. 10.5 Verificación de los labios.

10.5.2 *Angulo de incidencia y destalonado*

Cuanto mayor sea el ángulo de incidencia, se dice que más destalonada está la broca.

El ángulo de incidencia normal es de 12°, mas si el material es duro se puede reducir hasta 6° y aún menos (fig. 10.6).

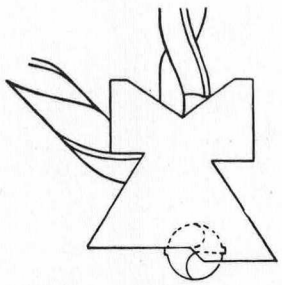


Fig. 10.6 Plantilla para verificar el ángulo de incidencia.

La mayoría de las veces, el mal rendimiento de las brocas es debido al incorrecto destalonado de la superficie de incidencia y, por tanto, al equivocado ángulo de incidencia.

Si el afilado se hace a mano, se transmitirán a la broca dos movimientos combinados, como se muestra en la figura 10.7, cuyo resultado se comprobará con las galgas y observando la punta de la broca (fig. 10.8).

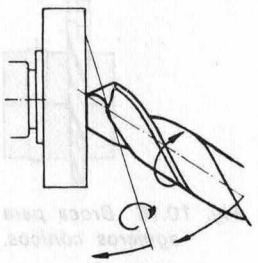


Fig. 10.7 Afilado a mano.

10.6 **Brocas especiales**

— *Brocas helicoidales de más de dos ranuras.* Las hay de tres y cuatro ranuras (fig. 10.11). Se emplean para repasar agujeros, en bruto de fundición y para achaflanar.

— *Brocas de pezón.* Son semejantes a las brocas de punta de lanza, pero llevan en el centro un pezón o mecha cilíndrica que sirve para mantenerlas centradas en un agujero-guía abierto de antemano (fig. 10.12).



Fig. 10.8 Verificación del afilado por observación: 1, bien; 2, demasiado destalonado; 3, poco destalonado.

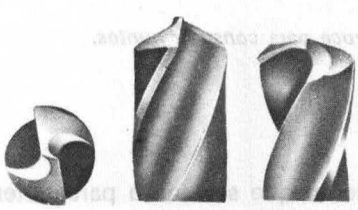


Fig. 10.9 Afilado por el talón.

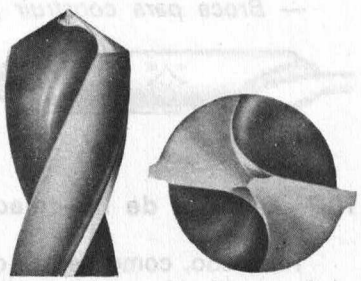


Fig. 10.10 Afilado por el filo principal para mejor penetración.

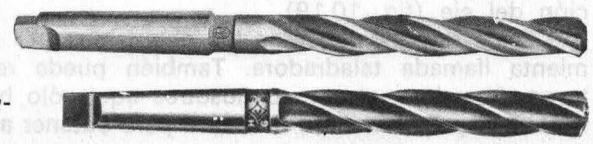


Fig. 10.11 Broca de varias ranuras.

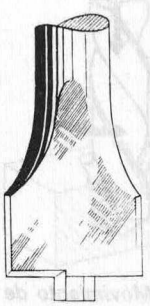


Fig. 10.12 Broca de pezón.

— *Fresas.* Las hay de dientes fresados, llamados entonces fresas (figura 10.13).

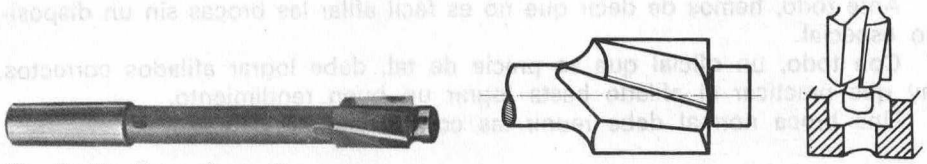


Fig. 10.13 Fresa de pezón.

— *Brocas para avellanar.* Pueden emplearse las mismas brocas normales afiladas con el ángulo de punta adecuado. En este caso, debe ponerse especial esmero en que los cortes principales estén a la misma altura para que trabajen los dos a la vez; de no hacerlo así, quedará un chaflán con escalones y aún con forma poligonal.

Dan mejor rendimiento las de tres o cuatro ranuras helicoidales. Se emplean también para este fin unas herramientas especiales llamadas fresas (fig. 10.14).

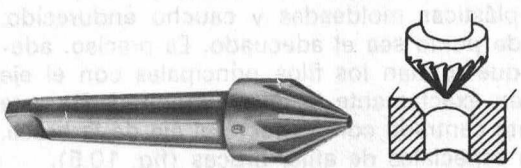


Fig. 10.14 Fresa de avellanar.

— *Brocas con ranuras o agujeros para la lubricación y refrigeración* (figura 10.15).

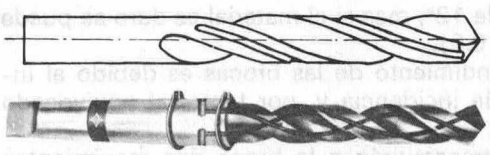


Fig. 10.15 Broca con ranuras y con agujeros para la lubricación y refrigeración.

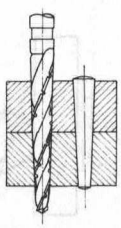


Fig. 10.16 Broca para agujeros cónicos.

— *Brocas para pasadores cónicos,* sirven para abrir directamente el alojamiento de los pasadores cónicos. El avance debe ser lento y uniforme para evitar que se clave y rompa la broca. Las aristas cortantes suelen llevar unas muescas para romper las virutas (fig. 10.16).

— *Brocas para el taladrado de chapa,* se fabrican con mango cilíndrico y más pequeñas que la serie corta (fig. 10.17).



Fig. 10.17 Broca para taladrar chapas.

— *Broca para construir puntos* (fig. 10.18).



Fig. 10.18 Broca para construir puntos.

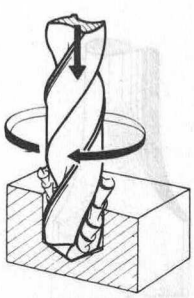


Fig. 10.19 Movimiento de la broca.

10.7 División de las taladradoras

Taladrado, como hemos dicho, es la operación que se realiza para obtener agujeros cilíndricos por medio de una herramienta llamada broca.

Para esto hay que dotarla de dos movimientos: uno principal de rotación, para obtener la velocidad de corte, y otro de avance o penetración, en la dirección del eje (fig. 10.19).

Estos dos movimientos los obtenemos por medio de una máquina herramienta llamada taladradora. También puede realizarse con otras máquinas: torno, fresadora, etc., pero nosotros aquí sólo hablaremos de las taladradoras, que es el procedimiento más fácil para obtener agujeros por arranque de viruta.

Teniendo en cuenta estos dos movimientos que necesita la broca para realizar su trabajo, podemos dividir las taladradoras:

1.º Según el movimiento de rotación de la broca en:
— taladradoras rápidas, que giran de 500 a 12 000 rpm;
— taladradoras normales, que giran de 300 a 6 000 rpm;
— taladradoras lentas, que giran de 11 a 850 rpm.

2.º Según el movimiento de avance en:
— taladradoras de avance manual;
— taladradoras de avance automático.

Suelen clasificarse también en taladradoras sensitivas y no sensitivas. Más adelante aclararemos estos conceptos.

10.8 Elementos de una taladradora

Todas las taladradoras deben tener (fig. 10.20):
— un soporte general o bancada *A*;
— un soporte *B* para fijar la pieza a taladrar, o mesa portapiezas;
— un cabezal o conjunto de mecanismos *C*, para dar a la broca los dos movimientos: de rotación y de avance;
— dispositivos *D*, para la fácil y eficaz fijación de la broca.

Vamos a describir brevemente estos elementos [1].

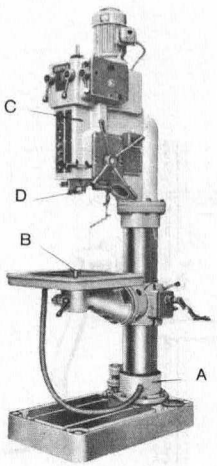


Fig. 10.20 Elementos de una taladradora de columna.

10.8.1 *Soporte general o bancada*

Según este elemento fundamental, las máquinas se dividen en:
— taladradoras de columna;
— taladradoras de sobremesa;
— taladradoras de bastidor.

a) *Taladradoras de columna.* En las taladradoras de columna, el armazón principal está constituido por una columna redonda (fig. 10.20), en la cual se apoya un brazo, capaz de deslizarse verticalmente y girar sobre ella.

Este brazo, a su vez, lleva una mesa o plato, generalmente redondo, que también puede girar sobre su eje.

Al girar alrededor de la columna, puede dejar libre un espacio vertical debajo del cabezal y permitir el apoyo en la base de piezas largas.

b) *Taladradoras de sobremesa* (fig. 10.21). Estas taladradoras se llaman así porque, debido a su pequeña altura, pueden colocarse encima de un banco o mesa.

La base que sirve para fijarla o apoyarla en el banco sirve a su vez de mesa portapiezas.

Podríamos dividir estas máquinas en dos tipos:
— De cabezal fijo, es decir, que siempre se mantiene a la misma altura respecto a la base.

Estas máquinas llevan una mesa portapiezas, similar a las descritas en las taladradoras de columna. Podría decirse que son pequeñas taladradoras de columna.

— De cabezal móvil, es decir, que puede acercarse o separarse a la mesa portapiezas, que en estos tipos es la propia base, como dijimos antes.

Estas son las taladradoras más características de sobremesa (fig. 10.29).

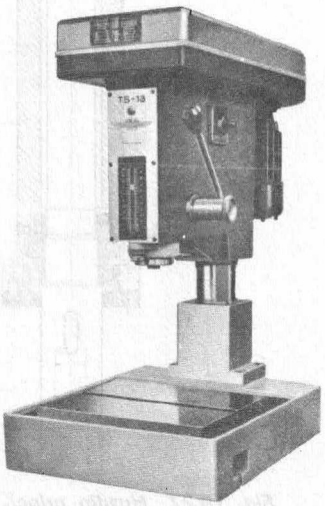


Fig. 10.21 Taladradora de sobremesa.

10.8.2 *Soporte para fijación de las piezas*

Ya hemos dicho algo de cómo suelen ser estos soportes al describir la bancada.

Estudiaremos para:
— taladradoras de columna;
— taladradoras de sobremesa.

a) *Taladradoras de columna* (fig. 10.20). En estas taladradoras hay dos mesas portapiezas: una fija, la base de la máquina, otra móvil, con posibilidad

[1] Por razones de clasificación se nombran algunas máquinas o elementos principales, pero sólo estudiaremos los más sencillos.

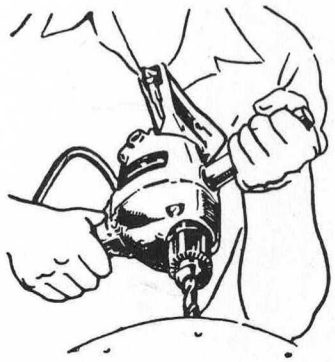


Fig. 10.22 Taladradora eléctrica portátil.

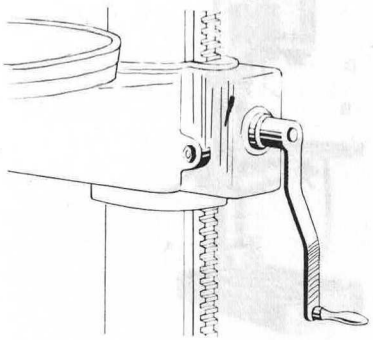


Fig. 10.23 Mecanismos para levantar el plato.

de movimiento vertical sobre la columna, generalmente a mano por medio de un sistema de manivela, engranajes y cremallera (fig. 10.23). Debe incluir un sistema de retención automática; es decir, que el peso de la mesa no pueda hacerla caer (fig. 10.24).

Tiene también un sistema de fijación a la columna, a fin de que no se mueva una vez colocada en su sitio (fig. 10.25). Generalmente el plato o mesa puede girar sobre su eje y fijarse fuertemente en cualquier posición (fig. 10.26). Algunos constructores hacen también que el brazo pueda girar hasta tal punto que el plato se incline y llegue a quedar vertical.

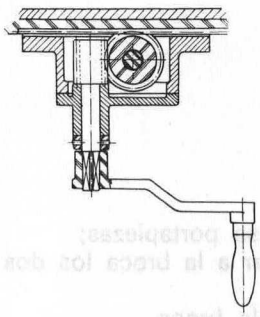


Fig. 10.24 Detalle del mecanismo de la figura 10.23.

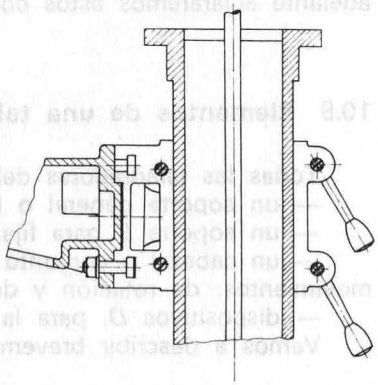


Fig. 10.25 Mecanismo de fijación del brazo.

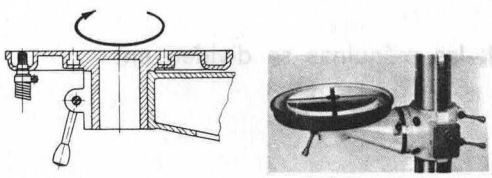


Fig. 10.26 Mesa giratoria.

b) *Taladradoras de sobremesa.* Ya hemos dicho que la máquina no lleva plato móvil; sólo mesa fija.

En las que llevan plato móvil, éste es similar al descrito para las de columna, con la salvedad de que se alza o baja a mano y de que no lleva otro mecanismo que el de fijación.

10.8.3 *Cabezal*

Es el conjunto de mecanismos necesarios para conferir al husillo principal los dos movimientos que debe transmitir a la broca. Digamos que en algunas máquinas no forma un conjunto compacto, sino que son hasta cierto punto independientes.

Para facilitar la comprensión, vamos nosotros también a descomponerlo en tres partes:

— husillo principal;
— mecanismo de rotación;
— mecanismo de avance.

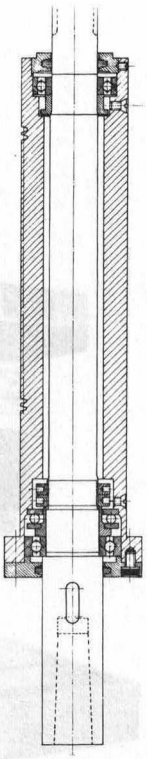


Fig. 10.27 Husillo principal.

a) *Husillo o eje principal.* Es uno de los elementos más importantes de la taladradora, que debe ser de acero de buena calidad y estar convenientemente tratado, mecanizado y montado (fig. 10.27).

El movimiento de rotación lo recibe a través de poleas o engranajes; a ser posible, no debe ser solicitado por otros esfuerzos más que el de torsión; es decir, que no ha de ser forzado con tendencia a doblarlo y que debe procurarse no transmitirle vibraciones.

Debe estar montado de tal manera que no tenga holgura o juego radial [1], para evitar que se rompa o desvíe la broca al empezar el taladrado o durante el mismo. Se logra a base de rodamientos de rodillos o bolas. Tampoco debe tener holgura en el sentido del eje (juego axial), para evitar sacudidas durante el trabajo y posibles roturas de brocas o ser causa de accidente cuando la broca

[1] Se dice holgura o juego radial, para indicar juego en sentido del radio, es decir, perpendicular al eje de giro.

atraviesa la pieza al finalizar el agujero; se elimina el juego axial con rodamientos axiales y tuercas de ajuste.

Todo va montado en un casquillo-cremallera (fig. 10.28), del que recibe el movimiento de avance axial y penetración; a su vez debe ir ajustado radialmente y tener el menor juego posible en el sentido axial.

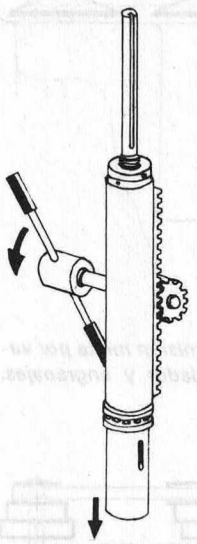


Fig. 10.28 Avance del husillo sensitivo.

b) *Mecanismo de rotación.* Los sistemas empleados para obtener los distintos números de vueltas del husillo principal suelen ser:

— de poleas escalonadas;
— de engranajes;
— de variadores de velocidad;
— mixtos.

— *De poleas escalonadas.* Es el sistema usado en las taladradoras de pequeñas potencias.

En las de precisión y rápidas, las poleas suelen ser planas a fin de poder obtener mayor posibilidad de reducción y sobre todo mayor suavidad en el funcionamiento.

Con todo, las correas trapeciales suelen ser las más usadas (fig. 10.29).

Con frecuencia, las poleas pueden cambiarse de ejes para lograr una gama [1] mayor de velocidades.

Estas máquinas disponen de un sistema rápido de tensado y destensado de las correas para facilitar la operación de cambio. Debe estar protegido el acceso a las correas y, a ser posible, al levantar las protecciones, debería quedar abierto el circuito eléctrico, de manera que fuera imposible conectar el motor mientras no estuviera cerrada la protección, con lo cual se evitarían accidentes.

— *De engranajes.* Es el sistema más empleado en las máquinas potentes (fig. 10.30). Para evitar el ruido, los engranajes más rápidos suelen llevar dientes inclinados, todos ellos sumergidos en baño de aceite o lubricados a presión por bombas incorporadas en la misma carcasa.

— *Con variador de velocidades:* se emplean para pequeñas y medianas potencias y, en general, para altas velocidades.

Los mecanismos más empleados son los de poleas y correas, y los de conos de fricción.

En general, en estas máquinas suele efectuarse el cambio de velocidad con la máquina en movimiento; si no tiene embrague es conveniente, al ir a parar el motor, poner el variador a la mínima velocidad, con lo cual se evitan tirones y desgastes prematuros. Estos sistemas tienen la ventaja de poder ajustar el número de revoluciones al deseado sin escalonamientos.

Para conocer la velocidad a que se trabaja, llevan un tacómetro o cuentavueltas.

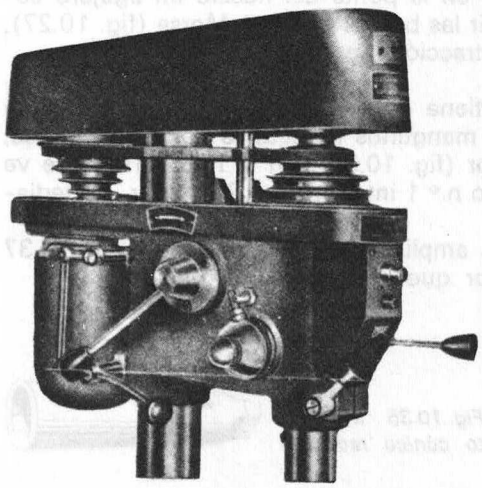


Fig. 10.29 Transmisión de poleas y correas trapeciales.

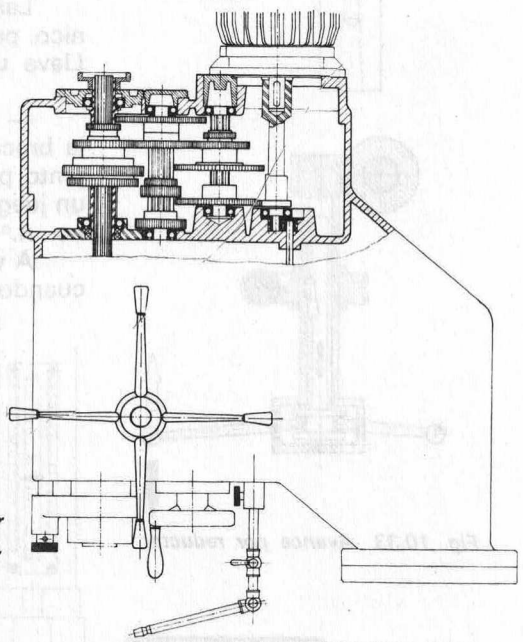


Fig. 10.30 Transmisión por engranajes.

[1] Gama de velocidades: gradación o números de velocidades.

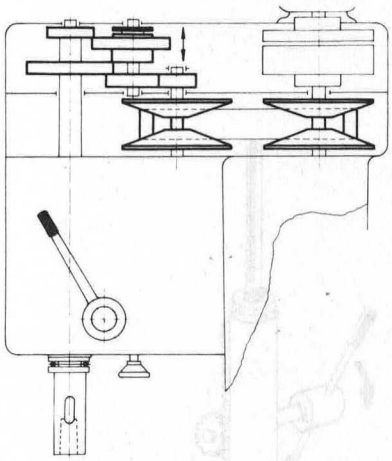


Fig. 10.31 Transmisión mixta por variador y engranajes.

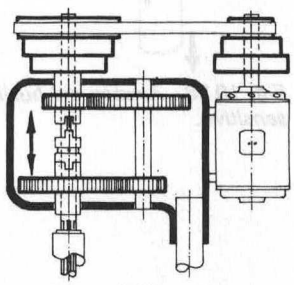
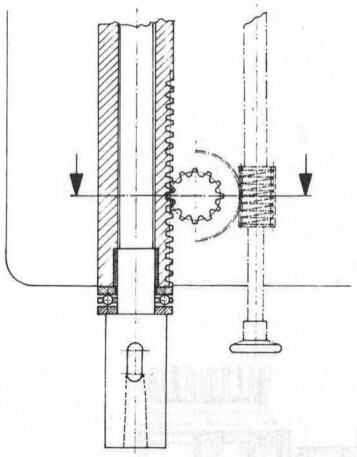


Fig. 10.32 Transmisión mixta por poleas y engranajes.



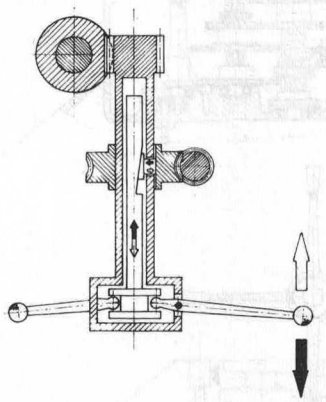


Fig. 10.33 Avance por reductor.



Fig. 10.37 Manguito cónico ampliador.

— *Sistemas mixtos.* Con frecuencia se combinan los sistemas; así, en la figura 10.31 aparece el esquema de una taladradora equipada con variador de conos, correas y engranajes, en el cual vemos que lleva un embrague a la entrada para evitar el resbalamiento de las correas.

La figura 10.32 es una combinación de poleas de escalones y engranajes.

c) *Mecanismos de avance y penetración:* en las taladradoras de bastidor el avance se logra dando movimiento a todo el cabezal; en unas, por medio de cremallera; en otras, por medio de husillo roscado. En todas éstas, el movimiento puede hacerse a mano o automáticamente.

La mayoría de las taladradoras emplean el sistema de piñón y cremallera para hacer avanzar el husillo principal, en tanto que permanece fijo el cabezal.

Según la manera de dar el movimiento al piñón de la cremallera, se dividen en:

— sensitivas;
— con reductor.

— *Taladradoras sensitivas* (fig. 10.28). Se llaman así aquéllas a las que se da el movimiento al piñón accionando a mano un volante o palanca exterior incorporada al mismo eje del piñón. Así el operario aprecia muy bien la presión que ejerce la broca contra la pieza.

— *Taladradoras con reductor de avance.* Las llamamos así porque el movimiento al piñón de la cremallera se le comunica a través de una reducción (fig. 10.33), generalmente de rueda helicoidal y tornillo sin fin.

Se emplea este sistema en las máquinas medianas o grandes con el fin de reducir el esfuerzo necesario para la penetración (no en el husillo, pero sí en el volante de accionamiento manual, con lo cual ya no se aprecia la presión de penetración). En la mayoría de las máquinas, es posible, por medio de embragues o sistemas más o menos ingeniosos, desacoplar el sistema de reductor y moverlas directamente como en las sensitivas. Esto suele emplearse para la operación de acercamiento y para el retroceso rápido.

Todas las máquinas suelen llevar un sistema indicador de la profundidad de penetración, que puede ser lineal (fig. 10.34); otros llevan un tambor circular graduado, colocado en el eje del piñón de ataque de la cremallera, es decir, en la palanca de accionamiento manual.

También todas las máquinas llevan un sistema de equilibrado para contrarrestar el peso del husillo o del cabezal. Puede ser de contrapeso o de resortes graduados. Ordinariamente se regulan de manera que, al disparar el automático o dejar la palanca de accionamiento libre, retroceda instantáneamente el cabezal o husillo y con ellos la broca.

10.8.4 *Dispositivos para fijar la broca*

Las máquinas grandes suelen llevar en la punta del husillo un agujero cónico, preparado expresamente para recibir las brocas de cono Morse (fig. 10.27). Lleva una ranura que sirve para la extracción de la broca.

— *Manguitos.* Cuando el husillo tiene el agujero mayor que el cono de la broca, se emplean unos casquillos o manguitos reductores con cono Morse, tanto por el exterior como por el interior (fig. 10.35). En la figura 10.36 se ve un juego de éstos; el pequeño tiene cono n.º 1 interior y n.º 2 exterior, el mediano n.º 2-3, y el mayor n.º 3-4.

A veces se usan también manguitos ampliadores como el de la figura 10.37 cuando el cono de la broca sea mayor que el agujero del husillo.

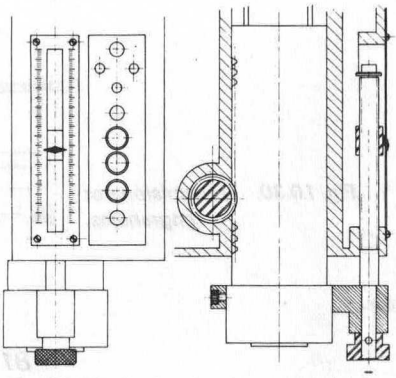


Fig. 10.34 Indicador de profundidad.

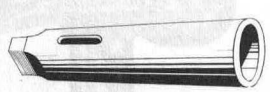


Fig. 10.35 Manguito cónico reductor.

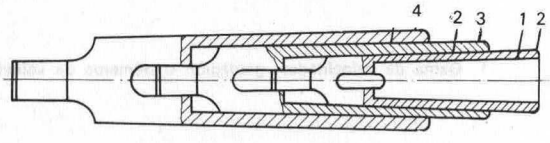


Fig. 10.36 Juego de tres manguitos.

— *Normas prácticas.* El perfecto centrado del husillo y su buena conservación son importantísimos para que las brocas giren centradas y sean arrastradas sin dificultades. Antes de fijar una broca en su asiento, hay que limpiar el cono interior y exterior (y siempre con la máquina parada).

La mecha del cono sirve para la extracción de la broca, no para el arrastre.

No golpear nunca, ni los manguitos, ni los conos de las brocas con martillo; para fijar las brocas en el husillo o los manguitos, hay que emplear una madera o maza de plomo o plástico. Para sacar la broca o los manguitos, emplear siempre cuchillas apropiadas, como la de la figura 10.38 y mejor aún, las de la figura 10.39, que no necesitan martillo, como se ve en la figura. Si se emplea la de la figura 10.38, procurar que la punta de la broca está cerca de la mesa y encima de ésta colocar una tabla, con lo cual no se dañará ni broca ni mesa, ya que no se podrá sujetar con la mano por tener ésta ocupada en la cuchilla.

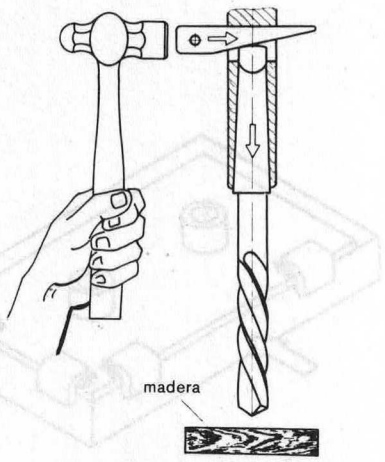


Fig. 10.38 Cuña para sacar brocas.

— *Portabrocas.* Las brocas cilíndricas suelen sujetarse por medio de unas pinzas, llamadas portabrocas. Deben mantener las brocas perfectamente centradas y con fuerza suficiente para que no giren durante el taladrado.

Se fabrican de muy variadas formas: para brocas pequeñas, son preferibles los que aprietan sin necesidad de llave (fig. 10.40); para brocas mayores, suelen emplearse con llave (fig. 10.41).

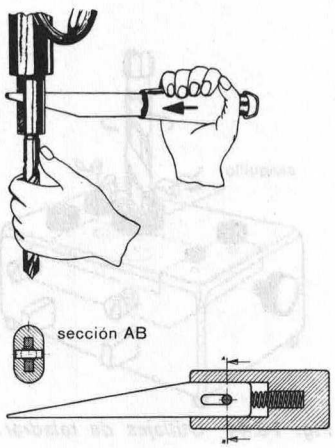


Fig. 10.39 Cuña especial con muelle y su empleo.

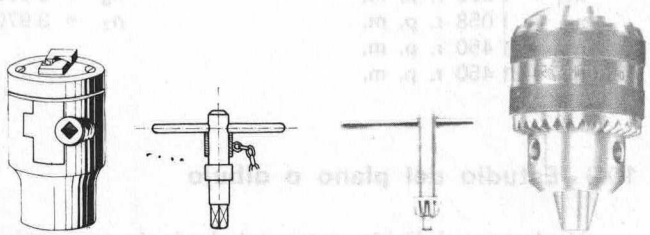


Fig. 10.41 Portabrocas con llave.

— *Conservación de los portabrocas.* Lo dicho para los conos de las brocas y manguitos sirve para la conservación de los portabrocas:

No golpearlos ni forzarlos.

Si una broca patina después de apretarla normalmente, será debido a que no corta bien por estar mal afilada, o porque se pretende avanzar demasiado rápidamente o por estar el portabrocas estropeado.

En los taladros pequeños, suele ir colocado directamente en el husillo y no se saca nunca. Para colocarlo en las máquinas normales, llevan un cono Morse adecuado (fig. 10.42).



Fig. 10.40 Portabrocas sin llave.

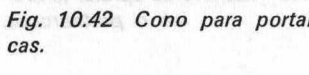


Fig. 10.42 Cono para portabrocas.

PROBLEMAS

1.º Calcular las revoluciones por minuto a que puede girar el husillo de una taladradora como la representada en el esquema, si la polea *A* tiene de diámetro: $d_6 = 105$, $d_5 = 133$, $d_4 = 162$, $d_3 = 188$, $d_2 = 215$, $d_1 = 238$; y la polea *B* tiene de diámetro: $d_{12} = 220$, $d_{11} = 192$, $d_{10} = 163$, $d_9 = 137$, $d_8 = 110$, $d_7 = 87$. El motor gira a 1 450 r. p. m.

Como se ve en el croquis las poleas se pueden cambiar de ejes, por tanto el número de velocidades será en total de 12.

Solución:

$$n_7 \cdot d_7 = n_1 \cdot d_1$$

$$n_1 = \frac{n_7 \cdot d_7}{d_1} = \frac{1\,450 \cdot 87}{238} = 530$$

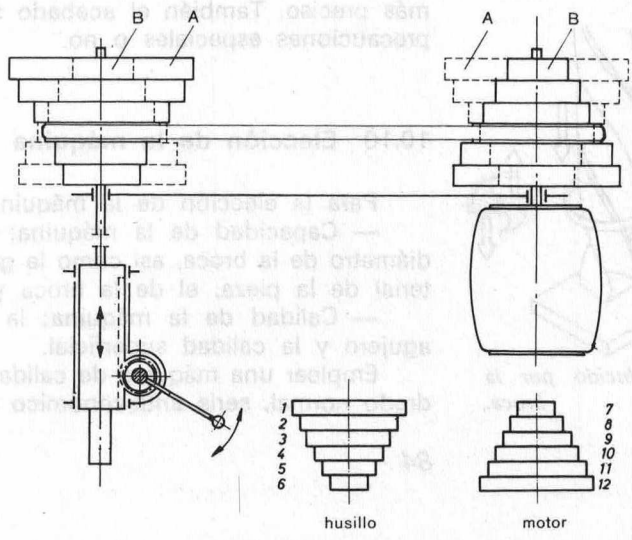
$$n_2 = \frac{n_8 \cdot d_8}{d_2} = \frac{1\,450 \cdot 110}{215} = 738$$

$$n_3 = \frac{1\,450 \cdot 137}{188} = 1\,058$$

$$n_4 = \frac{1\,450 \cdot 163}{162} \approx 1\,450$$

$$n_5 = \frac{1\,450 \cdot 192}{133} = 2\,090$$

$$n_6 = \frac{1\,450 \cdot 220}{105} = 3\,000$$



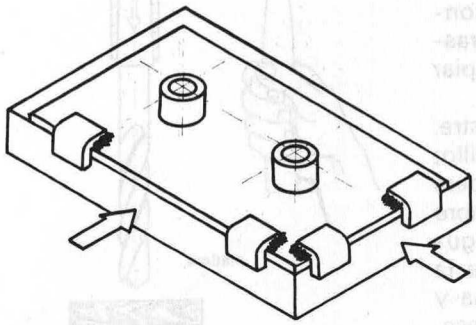


Fig. 10.43 Plantilla de taladrar.

$$n_7 = \frac{1\,450 \cdot d_1}{d_7} = \frac{1\,450 \cdot 238}{87} = 3\,970$$

$$n_8 = \frac{1\,450 \cdot 215}{110} = 2\,840$$

$$n_9 = \frac{1\,450 \cdot 188}{137} = 1\,990$$

$$n_{10} = \frac{1\,450 \cdot 162}{163} \approx 1\,450$$

$$n_{11} = \frac{1\,450 \cdot 133}{192} = 1\,000$$

$$n_{12} = \frac{1\,450 \cdot 105}{220} = 693$$

queda así el escalonamiento:

n_1 = 530 r. p. m.
n_{12} = 693 r. p. m.
n_2 = 738 r. p. m.
n_{11} = 1 000 r. p. m.
n_3 = 1 058 r. p. m.
n_{10} = 1 450 r. p. m.
n_4 = 1 450 r. p. m.
n_9 = 1 990 r. p. m.
n_5 = 2 090 r. p. m.
n_8 = 2 840 r. p. m.
n_6 = 3 000 r. p. m.
n_7 = 3 970 r. p. m.

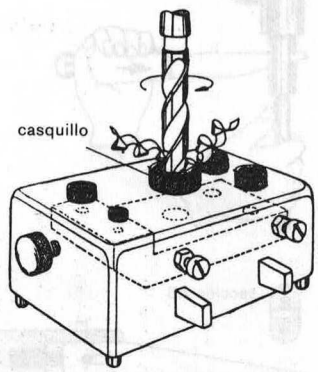


Fig. 10.44 Utillajes de taladrar.

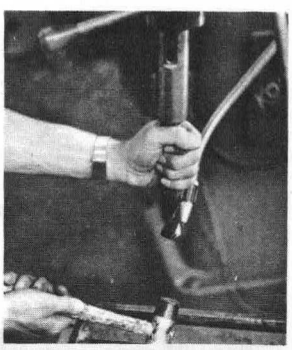


Fig. 10.45 Manera de apretar la broca o portabrocas.

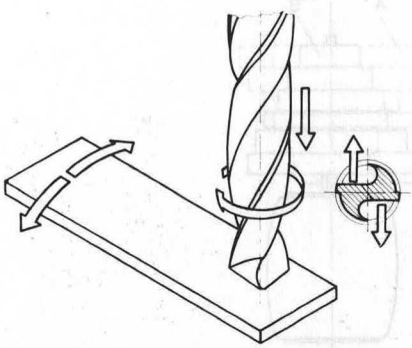


Fig. 10.46 Par producido por la broca.

10.9 Estudio del plano o dibujo

Ya hemos definido como taladrado la operación de hacer agujeros, generalmente en piezas metálicas, con desprendimiento de virutas.

También hemos hablado de la herramienta empleada y de la máquina de taladrar o taladradora. Veamos cómo se realiza la operación de taladrar. Seguimos en la descripción del proceso lógico y cronológico a fin de aclarar mejor la operación.

En el dibujo se indica la situación del centro, respecto a unas aristas o superficies de referencia, las cuales nos sirven para trazar dos ejes y señalar con un punto de granete el centro o cruce de ellos. Cuando hay muchas piezas iguales, se pueden usar unas plantillas (fig. 10.43). Otras veces se hacen sin necesidad de trazar, empleando unos utillajes de taladrar (fig. 10.44). Según la precisión que se requiera en el dibujo, la operación de trazado tendrá que hacerse con mayor o menor esmero.

Cuando la precisión deba ser grande, convendrá hacer el trazado de una circunferencia auxiliar ligeramente menor que la del agujero y señalar en ella unos finos puntos de granete, para poder comprobar, al iniciarse el taladrado, si se producen o no desviaciones y poder corregir si procede; es aconsejable empezar con broca menor que la definitiva.

La cota del diámetro del agujero nos indicará la broca que hemos de emplear. Si no hay tolerancias para el diámetro, podemos elegir el mismo diámetro de la cota para la broca. Si exige una tolerancia estrecha, deberemos proceder a taladrar primero con una broca menor y hacer el acabado con otro procedimiento más preciso. También el acabado superficial nos indicará si hemos de tomar precauciones especiales o no.

10.10 Elección de la máquina

Para la elección de la máquina, tendremos en cuenta:

— Capacidad de la máquina: la determina el tamaño de la pieza y el diámetro de la broca, así como la gama de velocidades de acuerdo con el material de la pieza, el de la broca y el diámetro de ésta.

— Calidad de la máquina: la determina la precisión de la medida del agujero y la calidad superficial.

Emplear una máquina de calidad suficiente, es decir, si nos piden un taladrado normal, sería antieconómico emplear una máquina muy precisa, ya que

se *envejecería* innecesariamente; si, por el contrario, hace falta gran precisión, será muy difícil obtenerla con una máquina de baja calidad.

— Posibilidad de trabajar en serie o con husillos múltiples, de emplear máquinas normales o especiales.

10.11 Colocación de la broca

Si hemos de hacer un solo agujero o varios de la misma medida, tendrá poca importancia el sistema de fijación, el cual vendrá impuesto por la máquina (recordar que las máquinas pequeñas sólo emplean el sistema de portabrocas para la fijación de la broca).

Si son muchos los agujeros a realizar y de diámetros distintos o muy grandes e interesa emplear varias brocas, es decir, si hay que cambiar frecuentemente las brocas, convendrá emplear *portabrocas rápidos.*

Limpiar bien el alojamiento de la máquina y el mango de la broca o portabrocas.

Montar la broca y asegurarse de que queda bien fijada y centrada. Para apretar el portabrocas o las brocas cónicas, puede presionarse contra la mesa interponiendo un tarugo de madera dura o emplear una maza de plástico (figura 10.45). No golpear nunca con martillos en los conos y evitar cualquier golpe en los mismos, así como en los manguitos de reducción. Emplear siempre las cuchillas de extracción.

10.12 Fijación de la pieza

El centro del agujero debe quedar exactamente debajo de la punta de la broca y los ejes coincidir perfectamente.

La pieza debe mantenerse bien asentada y rígida durante toda la operación de taladrado.

Si el agujero ha de ser pasante, hay que prever la salida de la broca para que, en ningún caso, llegue a tocar a la mesa la punta de la broca.

Si el taladro no es de gran precisión, podrá apoyarse en una madera perfectamente labrada.

Si es de precisión, será mejor apoyarla entre dos *bloques* o *paralelas* del mismo espesor y dejar entre ellos un espacio para que pueda pasar la broca.

Si el plato de la máquina lleva un agujero central, se colocará la pieza de manera que coincida el agujero a taladrar con el del plato.

Hay que contrarrestar el par de giro provocado por la broca (fig. 10.46). Si la pieza tiene una cara plana y es suficientemente pesada y el agujero no es muy grande, bastará el propio peso y la presión de la broca contra el plato. Pueden ayudar unos topes colocados en la ranura de la mesa (fig. 10.47).

Si no es suficiente, se fija con tornillos y bridas (fig. 10.48).

Las piezas pequeñas y de caras paralelas se fijan en *mordazas* de máquina (fig. 10.49); si es de forma irregular, pueden emplearse mordazas especiales hidráulicas (fig. 10.50).

Nunca deben sujetarse las piezas con las manos, sobre todo cuando se trate de piezas pequeñas y con aristas cortantes; muy peligrosas son las chapas, que si no se puede hacer de otra manera, se sujetarán con entenallas o alicates, a ser posible, de presión mecánica (fig. 10.51).

Para piezas redondas, se emplea calzos en *V* como se ve en la figura 10.52. Para que el agujero quede bien centrado, el eje de la broca deberá coincidir exactamente en el vértice del prisma.

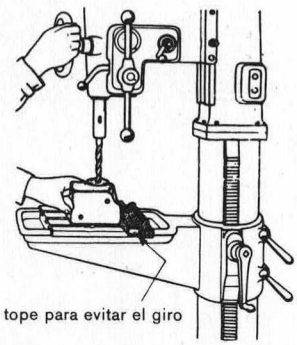


Fig. 10.47 Topes en la mesa.

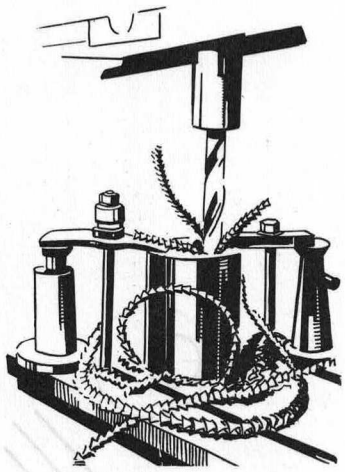


Fig. 10.48 Fijación con bridas.

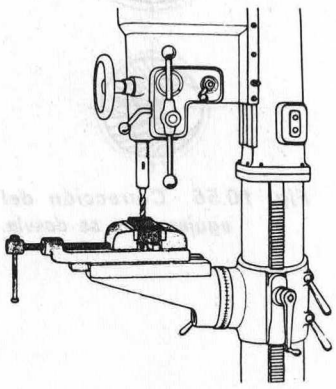


Fig. 10.49 Fijación de piezas en mordazas.

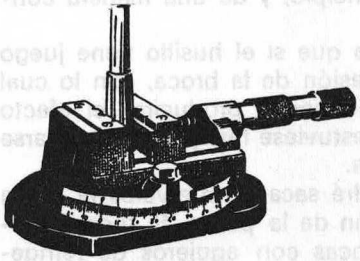


Fig. 10.50A Fijación de piezas irregulares en mordazas.

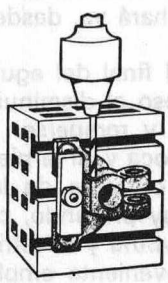


Fig. 10.50B Fijación de piezas irregulares directamente en la mesa.

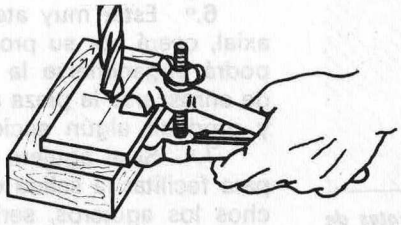


Fig. 10.51 Fijación de piezas delgadas con alicates de presión mecánica o entenallas.

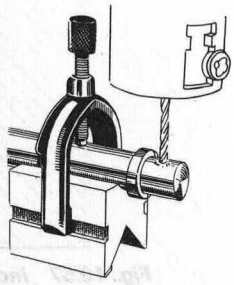


Fig. 10.52 Fijación de piezas en calzos.

10.13 Operación de taladrar

1.º Seleccionar la velocidad y el avance (ver tablas 10.53, 10.54 y 10.55).

2.º Si el agujero es ciego y debe quedar a una cierta profundidad, se ajusta el tope de la regla indicadora o el tope de disparo y se asegura uno de que se detiene la broca a la profundidad deseada.

Tabla 10.53 Velocidad de corte recomendada para taladrar diversos materiales con brocas helicoidales

MATERIAL	*VELOCIDAD*		
NOTA: Dentro del mismo tipo de material puede variar la dureza. Se elegirán las velocidades mínimas para la máxima dureza.	*Para trabajos corrientes*		*Para gran producción con buena refrigeración, con brocas de acero rápido*
	Con brocas de acero al carbono	*Con brocas de acero rápido*	
Fundición	8 a 12	15 a 20	30 a 45
Fundición dura	6 a 8	10 a 15	20 a 30
Fundición maleable	6 a 12	10 a 15	25 a 27
Acero dulce	10 a 12	20 a 25	25 a 35
Acero semiduro	8 a 10	15 a 20	20 a 25
Acero duro	6 a 8	12 a 15	15 a 20
Bronce, latón y aluminio ordinarios	15 a 20	25 a 40	60 a 90
Acero moldeado	6 a 10	10 a 15	10 a 20

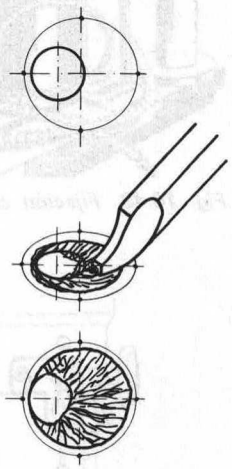


Fig. 10.56 Corrección del agujero que se desvía.

Tabla 10.55 Avances de taladro para brocas helicoidales expresados en milímetros por revolución

Material	*Broca*	*Diámetro en mm*				
		1 a 5	*5 a 10*	*10 a 15*	*15 a 25*	*25 a 40*
Hierro, acero, fundición maleable	Acero al carbono	0,05 a 0,1	0,1	0,1	0,15	0,2
	Acero rápido	0,05 a 0,1	0,1 a 0,15	0,15 a 0,2	0,2 a 0,25	0,25 a 0,30
Fundición, bronce, latón y aluminio	Acero al carbono	0,05 a 0,1	0,125	0,175	0,2	0,225
	Acero rápido	0,05 a 0,15	0,15 a 0,2	0,2 a 0,25	0,25 a 0,3	0,3 a 0,35

3.º Si el material necesita refrigeración, probar si funciona el sistema y si es el adecuado.

4.º Conectar la máquina, acercar la broca e iniciar el taladro; comprobar si sale centrado. Si se hubiera desviado, hacer un nuevo punto de granete y, si procede, ayudarse con un buril de boca redonda (fig. 10.56).

Si va centrado se prosigue el taladro con el avance a mano o conectado el automático, previamente seleccionado según los valores de la tabla.

5.º La refrigeración se hará ya, desde el principio, y de una manera continua y abundante.

6.º Estar muy atento al final del agujero, ya que si el husillo tiene juego axial, caerá por su propio peso al disminuir la presión de la broca, con lo cual podrá engancharse la broca y romperse. También podría producirse el efecto de enroscarse la pieza a la broca y, si la pieza no estuviese fija, podría levantarse y producir algún accidente o rotura de la broca.

7.º Si el agujero es muy profundo, convendrá sacar a intervalos la broca para facilitar la salida de la viruta y la refrigeración de la punta. Si fuesen muchos los agujeros, sería conveniente emplear brocas con agujeros de refrigeración (fig. 10.57).

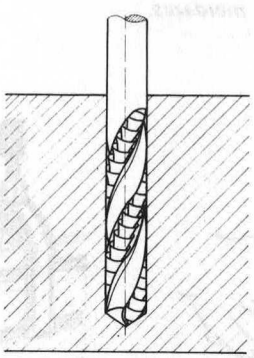


Fig. 10.57 Inconvenientes de un taladro profundo.

Tabla 10.54 Número de revoluciones por minuto que han de llevar las brocas según el material y el diámetro para trabajos ordinarios

MATERIAL TALADRADO CON BROCAS DE ACERO AL CARBONO	Acero dulce Fundición Acero semiduro Fundición maleable Acero moldeado Acero duro Fundición dura				Bronce, latón y aluminio			
Diámetro de la broca	*Velocidades de corte (m/min)*							
	6	*8*	*10*	*12*	*15*	*20*	*25*	*40*
1	1880	2550	3190	3830	4780	6370	7960	12740
1,25	1580	2070	2660	3190	3980	5170	6630	10620
1,5	1270	1590	2120	2550	3180	3970	5300	8500
1,75	1040	1430	1860	2280	2790	3580	4640	7440
2	800	1270	1590	1910	2390	3190	3980	6370
2,25	790	1130	1430	1720	2160	2820	3580	5740
2,5	770	980	1270	1530	1910	2450	3180	5100
3	640	850	1060	1270	1590	2120	2650	4250
3,5	560	750	930	1120	1390	1850	2320	3720
4	480	640	800	960	1190	1570	1990	3190
4,5	430	580	720	860	1080	1420	1790	2870
5	380	510	640	760	960	1280	1590	2550
5,5	350	470	590	700	880	1170	1460	2340
6	320	420	530	640	800	1060	1330	2120
6,5	300	390	500	600	740	990	1240	1970
7	270	360	460	550	680	910	1140	1820
7,5	260	350	440	510	640	850	1060	1700
8	240	330	400	480	600	800	1000	1590
8,5	230	320	380	460	570	760	940	1500
9	210	280	350	430	530	710	880	1420
9,5	200	260	340	410	510	680	840	1350
10	190	230	320	380	480	640	800	1270
11	170	210	290	350	430	580	720	1160
12	160	200	270	320	400	490	660	1060
13	150	180	250	290	370	460	610	980
14	140	170	230	270	340	420	570	910
15	130	160	210	260	320	400	530	850
16	120	150	200	240	300	370	500	800
17	110	140	190	220	280	360	470	750
18	110	130	180	210	270	340	440	710
19	100	130	170	200	250	320	420	670
20	100	120	160	190	240	300	400	650

MATERIAL TALADRADO CON BROCAS DE ACERO RAPIDO	Fundición dura Acero moldeado Fundición maleable Acero duro Fundición Acero semiduro Acero dulce Bronce, latón y aluminio

8.º Una vez finalizado el agujero, se retirará la broca parando previamente la máquina; se sacará la pieza y se limpiará el soporte o mesa para poder empezar un nuevo ciclo.

9.º A la salida del agujero, suelen quedar unas rebabas y pequeños rebordes que hacen que la pieza no asiente bien, además de que pueden ser ocasión de rasguños o cortaduras.

Estos inconvenientes se evitan haciendo un chaflán o avellanado. Hay herramientas especiales para realizar esta operación por ambos lados, sin girar la pieza (fig. 10.58).

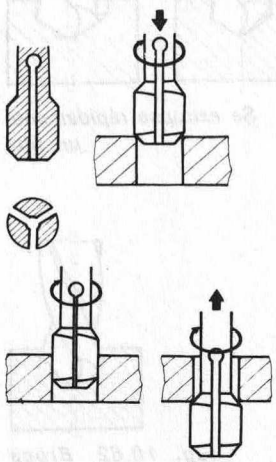


Fig. 10.58 Broca especial para quitar rebabas en los taladros.

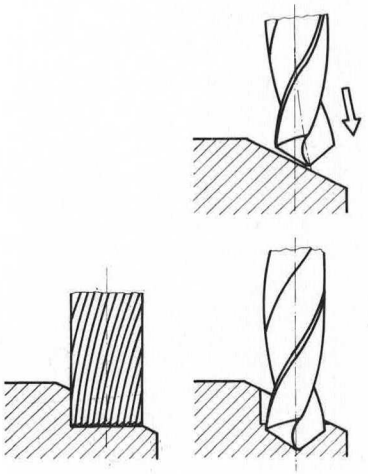


Fig. 10.59 Taladro de superficies inclinadas.

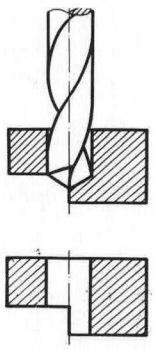


Fig. 10.60 Final del taladro desigual.

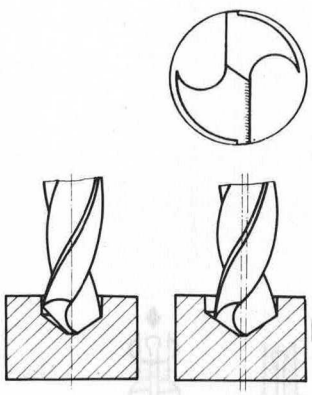


Fig. 10.61 Se estropea rápidamente un filo.

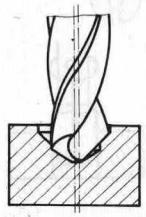


Fig. 10.62 Broca mal afilada o juego en máquina.

10.14 Casos especiales

1.º Taladros en paredes inclinadas: para que la broca no se desvíe, se hace un rebajo con un buril o mejor con una fresa plana (fig. 10.59).

2.º Si el final del taladro es un plano inclinado y la broca no es suficientemente robusta, es fácil que se desvíe, que se enganche o rompa la broca. Este peligro será mayor si el taladro termina en dos planos distintos (fig. 10.60).

Para estos casos se hace el taladrado normalmente hasta llegar a reventar en el plano inclinado y en el punto más alto. Entonces se reanuda la operación con pequeño avance y no habrá peligro, ni de que se desvíe la broca, ni de que ésta se enganche y se rompa; aún resultará más seguro si, al llegar a reventar, se cambia la broca normal por otra afilada con la punta plana.

10.15 Algunos defectos y accidentes que pueden presentarse en el taladrado y sus causas

1.º No sale viruta más que por una sola ranura o salen virutas desiguales, o se estropea rápidamente uno de los dos filos (fig. 10.61).

La causa radicará en que los dos labios de la broca serán desiguales o estarán afilados con ángulo desigual.

2.º El agujero resulta demasiado grande. La causa será la misma que en el caso anterior o bien que tendrá juego el husillo de la máquina (fig. 10.62).

3.º Saltan o se estropean rápidamente los dos labios (fig. 10.63). La causa será que el ángulo del filo es demasiado pequeño, es decir, que está excesivamente destalonado, o bien, que la broca lleva excesivo avance.

4.º Se embota el filo transversal (fig. 10.64). La causa será el excesivo avance.

5.º Se rompen o embotan los extremos exteriores de los filos (fig. 10.65). La causa será, en general, una velocidad de corte excesiva o bien refrigeración incorrecta o escasa. También puede ser la existencia de puntos duros en el material que se taladra.

6.º La broca talona (fig. 10.66). Se dice que una broca talona cuando roza por la parte posterior o talón de la superficie de incidencia. La causa será un destalonado nulo o escaso con relación al avance. Se remedia con un afilado correcto (ángulo de incidencia 12º).

7.º La broca no corta. La causa puede ser que la broca talone (como en el caso anterior), o bien que esté embotado o roto el filo, o que el núcleo sea excesivamente grueso. Sáquese la broca y examínese la punta. Obsérvese si la broca gira en el sentido adecuado.

8.º La broca se rompe. La causa será, generalmente, que la pieza no esté suficientemente sujeta o no sea suficientemente rígida, o bien, que la broca o el portabrocas no estén bien sujetos. Compruébese dichos extremos y corríjase la causa, déjese perfectamente inmóvil la pieza o empléese otro sistema de sujeción. También puede suceder que el otro ángulo de destalonamiento sea pequeño, que la broca esté embotada, que la velocidad sea pequeña con relación al avance o que no tengan salida las virutas.

A veces se rompe también la broca al terminar el taladro a causa de la holgura de husillo en el sentido axial (sentido del eje).

9.º El agujero resulta basto. La causa será que la broca esté embotada, o mal afilada, o mal montada; o que la pieza no esté bien montada, o que la velocidad sea pequeña en relación con el avance o que la lubricación sea defectuosa o insuficiente.

10.º La mecha se rompe. Causa: el cono no ajusta bien, por suciedad, desgaste, golpes en el husillo, en los manguitos.

11.º La viruta cambia de aspecto. Se debe afilar de nuevo la broca.

12.º El núcleo se raja. La causa será afilado defectuoso o excesivo avance.



Fig. 10.63 Se astillan los filos.

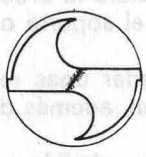


Fig. 10.64 Se embota el filo transversal.



Fig. 10.65 Se estropean las fajas.

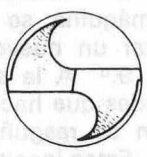


Fig. 10.66 Broca que talona.

13.º La faja guía se descantilla. Se produce este defecto al taladrar con casquillo guía si éste es demasiado grande. Una circunstancia que hay que evitar es taladrar con el principio de las fajas-guía desgastadas: se irán gastando esas fajas guía a medida que avance el taladro y resultará el agujero menor que la medida, pero sobre todo se inutilizará la broca; podrá sobrecalentarse y acabar rompiéndose.

PROBLEMAS

1.º ¿A qué velocidad y avance hay que taladrar una pieza de fundición de hierro, con broca de acero rápido? ¿Cuánto tiempo se tarda en hacer un agujero de 14 mm de diámetro y 90 mm de profundidad?

Solución:

La velocidad es función del material de la pieza, de la herramienta y de la refrigeración. Según la tabla 10.53 tenemos:

$$V = 20 \text{ m/min.}$$

El avance es función del material de la pieza, de la herramienta y del diámetro de la broca. Según la tabla 10.55.

$$a = 0{,}15 \text{ a } 0{,}2 \text{ mm/vuelta}$$

El tiempo será:

$$t = \frac{L}{A}$$

en la cual

L = longitud del recorrido;
A = el avance en un minuto = $a \cdot n$.

Para averiguar *A* hemos de conocer el n.º de vueltas que da la broca:

$$n = \frac{1\,000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1\,000 \cdot 20}{\pi \cdot 14} = 454 \text{ r. p. m.}$$

Si éste es el valor calculado, elegiremos el más aproximado según la gama de la máquina; supongamos que la gama más próxima sea $n_r = 400$ r. p. m. Como la broca debe recorrer un espacio igual a:

$$L = h + l$$

donde

h = altura de la punta de la broca $\approx$ 0,3 d;
l = longitud de la pieza.

$$h = 0{,}3 \cdot 14 = 4{,}2$$

En este caso, tiene poca importancia comparando con los 90 mm de profundidad del agujero, pero en otras ocasiones, para agujeros cortos, sí que la tendrá.

$$t = \frac{l + h}{a \cdot n_r} = \frac{90 + 4{,}2}{0{,}2 \cdot 400} = 1{,}17 \text{ min}$$

2.º ¿A qué número de revoluciones debe girar una broca de 20 mm ⌀ de acero al carbono, para taladrar acero duro?

3.º ¿Qué avance por minuto llevará una broca de 20 mm de diámetro de acero al carbono para taladrar acero duro?

4.º ¿Cuánto tiempo se tarda en taladrar 50 agujeros de 12 mm de diámetro en aluminio con una broca de acero rápido, si la chapa tiene 18 mm de espesor?

SEGURIDAD E HIGIENE

— Precauciones en las máquinas de afilar:
1.ª Usar gafas protectoras.
2.ª Grado de las muelas y grano de las más apropiadas.
3.ª Colocación adecuada de los soportes.
— Precauciones en el manejo de la máquina: cambios de correas con la máquina parada.

— Precaución en la colocación de la pieza: sujetarla adecuadamente para evitar que se suelte durante el trabajo.

— Un punto importante a tener en cuenta en evitación de accidentes es el de sujetar correctamente las piezas en el taladrado, mediante topes, bridas, mordazas, etc., para evitar el par producido.

— Precaución al colocar la broca y extraerla para no lastimarse.

— Precaución al limpiar las mesas o piezas, para no cortarse con las rebabas o virutas.

— Precaución en el empleo de los lubricantes o refrigerantes adecuados.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Haz una recopilación de brocas especiales.

— Material de que se fabrican las brocas.

— Fabricación de brocas helicoidales.

— Haz una hoja de trabajo para taladrar 800 piezas de aluminio, indicando el proceso de trabajo detalladamente; los agujeros serán de 27 mm de diámetro y la longitud del taladro de 93 mm.

EJERCICIOS PRACTICOS DE APLICACION

— Afilado de brocas de varios diámetros.

— Afilados especiales para distintos materiales.

— Afilado de brocas para fondos planos.

— Comprobación de las brocas para asegurarse de su correcto afilado.

— Taladrar en el taller varias piezas de diversos materiales con brocas de acero al carbono y acero rápido.

— Saca conclusiones de los resultados obtenidos.

CUESTIONARIO

10.1 ¿Qué es la broca?

10.2 ¿Para qué sirve?

10.3 Explica qué parte de la broca tiene mayor importancia para lograr un buen rendimiento.

10.4 ¿Es importante la lubricación y refrigeración de la broca? ¿Por qué? ¿Cómo se logra?

10.5 ¿Qué es un cono Morse?

10.6 ¿Cuál es el valor del ángulo de la punta más normal?

10.7 ¿Qué es una taladradora?

10.8 División de las taladradoras:

a) por su construcción;

b) por su manera de trabajar;

c) por su velocidad;

d) por su capacidad de trabajo.

10.9 Partes principales de una taladradora.

10.10 ¿Por qué puede ser causa de accidente el juego axial del husillo principal?

10.11 Explica el enlace de transmisión en los sistemas de las figuras 10.30, 10.31 y 10.32.

10.12 ¿Es importante la operación de taladrar?

10.13 ¿Qué operaciones preceden al taladrado propiamente dicho?

10.14 ¿Qué precauciones hay que tener al taladrar?

10.15 ¿Qué operaciones siguen a la operación de taladrar?

10.16 ¿Qué influencia tiene el material de la pieza para la velocidad de corte?

10.17 ¿Es lo mismo velocidad de corte que revoluciones por minuto? Explica por qué.

10.18 ¿Qué es avance por vuelta y por minuto?

7. Soldadura

Tema 11. Soldadura eléctrica, autógena, blanda y desoldadura



Fig. 11.0

OBJETIVOS

- *Conocer en qué se basa la soldadura eléctrica.*
- *Conocer las clases de soldadura eléctrica.*
- *Conocer el fundamento de la soldadura autógena.*
- *Conocer los gases empleados en la soldadura autógena.*
- *Conocer cuándo se debe emplear la soldadura blanda.*
- *Conocer las clases de desoxidantes.*
- *Conocer la función del desoxidante.*

GUION

- Soldadura eléctrica.
- Soldadura autógena.
- Soldadura blanda y su empleo.
- Desoldadura.

PUNTOS CLAVE

- Fundamento de la soldadura eléctrica.
- Normas prácticas de la soldadura eléctrica por arco.
- Prevención de accidentds.
- Conocer los peligros, y modos de evitarlos, en las instalaciones de soldadura.
- Distinguir los diversos sistemas de soldadura con soplete.
- Normas de precaución en el manejo de las botellas y en el uso de los generadores de acetileno.
- Normas de seguridad en la práctica de la soldadura autógena. Vista, etc.

EXPOSICION DEL TEMA

11.1 Soldadura eléctrica

La soldadura eléctrica se basa en el efecto Joule. Son dos los tipos de soldadura eléctrica que interesa conocer: soldadura por arco y soldadura por resistencia o puntos.

11.1.1 *Soldadura por arco*

Para la soldadura por arco se precisa de un transformador que, reduciendo la tensión, proporcione una gran intensidad. En la figura 11.1B vemos el esquema de la soldadura por arco. En la salida del transformador (secundario) se conexionan dos conductores gruesos, pero flexibles. Uno de los conductores se une con la pieza a soldar, y el otro a una pinza con mango aislante, a la cual se fija un electrodo o varilla con revestimiento especial.

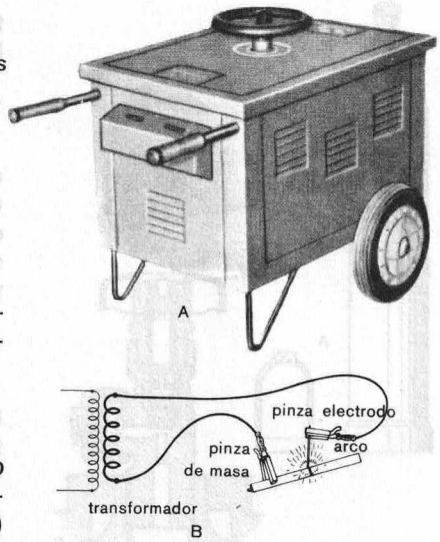


Fig. 11.1 Transformador de soldadura eléctrica: A, vista exterior; B, esquema.

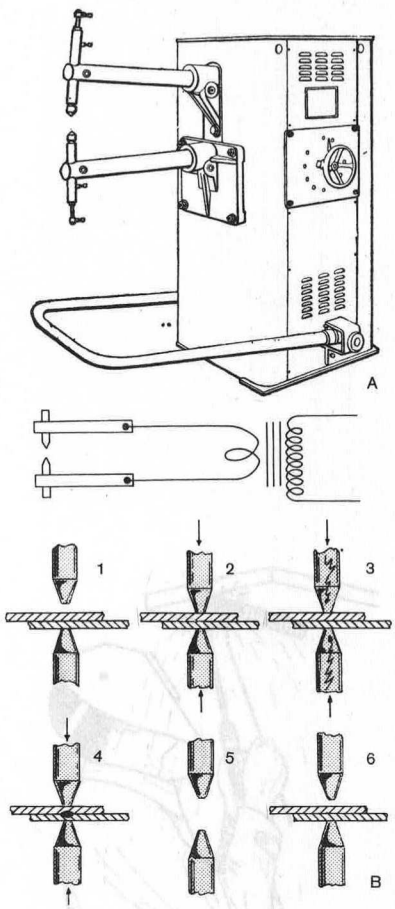


Fig. 11.2 Máquina de soldar por puntos: A, *vista exterior;* B, *esquema.*

Para soldar, se une la punta del electrodo con la pieza que se desea soldar, produciéndose contacto eléctrico. Al separar un poco el electrodo, se forma un arco luminoso que engendra calor suficiente para fundir el material de la pieza en el punto de conjunción, uniéndose o soldándose las piezas en una sola. La temperatura alcanzada por el arco llega a los 2 500 °C y 3 000 °C.

Para una soldadura de garantía se requiere un aprendizaje concienzudo.

En la soldadura eléctrica por arco hay que guardar ciertas precauciones: no mirar directamente el punto luminoso del arco que puede producir serias lesiones en los ojos, experimentándose la sensación característica de tener arena entre los párpados. Las radiaciones ultravioleta emanadas del arco producen inflamación pudiendo llegar, en algunos casos, a lesiones irreparables en la retina. Para evitar esto, tanto el soldador como el ayudante se protegerán con pantallas provistas de un cristal especial que aminoran el destello y filtran las irradiaciones del arco.

Además de la pantalla, los operarios se protegerán con guantes y delantal de cuero o lona especial. Las personas próximas deben evitar mirar hacia el punto de soldadura. Siempre que esto sea posible, se colocarán pantallas o cortinas que separen el lugar de soldadura del resto del taller.

11.1.2 *Soldadura por puntos*

Para la soldadura por puntos se emplea una máquina (fig. 11.2) formada, esencialmente, por un transformador que reduce la tensión de la red, proporcionando una corriente elevada, y unos brazos metálicos, corrientemente de latón, rematados en unas puntas de cobre. Los brazos son articulados de manera que, con la presión del pie o de la mano, según el tipo, abren o cierran las puntas, oprimiendo entre éstas las piezas que se sueldan.

El principio de funcionamiento está basado en el calor producido por la corriente en los puntos de contacto.

11.2 **Soldadura autógena**

La soldadura oxiacetilénica, generalmente llamada autógena, emplea como fuente de calor la llama de un soplete alimentado por una mezcla de oxígeno con un combustible, generalmente acetileno, que se quema con él.

11.2.1 *Oxígeno para soldadura*

El oxígeno para la soldadura autógena se suministra en botellas de acero (fig. 11.3A), rematadas, en su parte superior, con una válvula de cierre por la cual se realiza la carga y descarga (fig. 11.3B). El oxígeno empleado es comercialmente puro (99 %) y se envasa a una presión de 125 a 150 kg por cm^2 (atmósferas).

Para la regulación de la presión de salida, se acoplan a la válvula de la botella un reductor (fig. 11.4) y dos manómetros, indicando uno la presión de la botella, y otro, la presión de salida o trabajo.

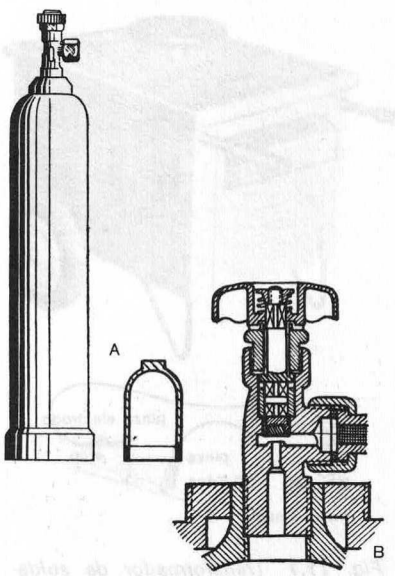


Fig. 11.3 A, *botella de oxígeno;* B, *válvula de cierre de la botella.*

11.2.2 *Gas acetileno para soldadura*

Este gas, incoloro y de olor característico, se obtiene haciendo reaccionar carburo de calcio con agua. El acetileno se compone de carbono e hidrógeno (C_2H_2). Se inflama a 350 °C produciendo una llama muy luminosa al arder en el aire. El acetileno se suministra en botellas similares a las de oxígeno, aunque de menor altura y, al igual que aquéllas, está equipada con válvula de cierre y reductor.

11.2.3 *Generadores de gas acetileno*

En trabajos fijos, e incluso móviles, se emplean, en vez de botellas, generadores de gas acetileno. Existen generadores de tipos muy diversos. En la figura 11.5 se representa el esquema de un generador elemental en el que se aprecian las partes fundamentales siguientes:

a) Recipiente fijo.
b) Depósito para el carburo.
c) Boca con cierre hermético.
d) Campana.
e) Comunicación del gas acetileno con la campana.

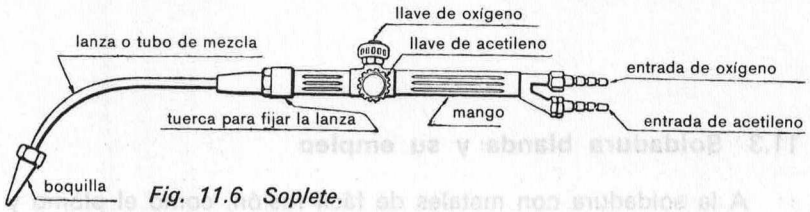


Fig. 11.6 Soplete.

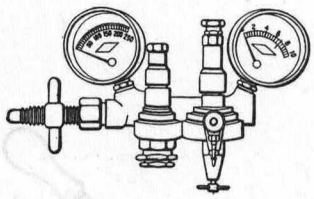


Fig. 11.4 Manurreductor.

f) Depósito de alimentación de agua con llave de paso y tubo de alimentación.

g) Salida del gas, con llave de salida y válvula de seguridad.

Este tipo de generadores es de los llamados de caída de agua. Su funcionamiento es el siguiente:

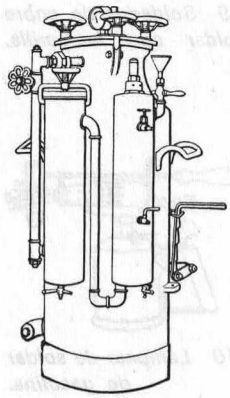
1.º Se echa agua en el recipiente fijo (*a*) hasta la altura prefijada.

2.º Se echa carburo en el depósito (*b*), apretando bien el tornillo de cierre de la tapa.

3.º Con agua en el depósito, se abre la llave de alimentación. Al caer el agua en el depósito de carburo se produce el gas, que sube hasta la campana por el tubo de comunicación, impulsándolo hacia arriba. Seguidamente se cierra la llave.

4.º Al ir a soldar, se abre la llave de salida del gas, comprobando que la campana desciende al ir consumiendo el gas. Para evitar que se agote el gas, podemos mantener la llave del agua abierta y de esta manera se está produciendo gas al mismo tiempo que se gasta.

La válvula de seguridad del gas permite la salida del mismo, pero impide que la llama retroceda, por accidente, hacia la campana, evitando una explosión.



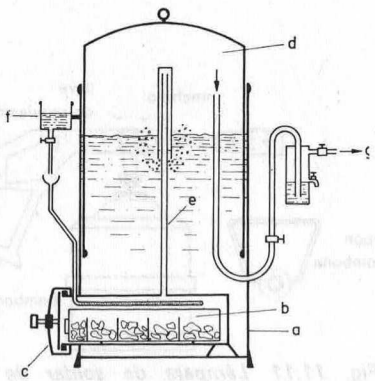


Fig. 11.5 Gasómetro.

11.2.4 *Sopletes*

Los sopletes para soldadura autógena (fig. 11.6) constan, esencialmente, de un mango metálico, normalmente de latón, en el que están acopladas las llaves de regulación del oxígeno y del acetileno, y una rosca para el acoplamiento de las boquillas. Manipulando la llave del acetileno, y con la ayuda de una cerilla, mechero, etc., se inflama el gas y seguidamente se abre la llave del oxígeno, hasta alcanzar la mezcla perfecta. La llama de la mezcla es capaz de fundir el metal de las piezas a soldar y el de la varilla de aportación, resultando una unión por fusión (soldadura).

La conexión entre el soplete y los recipientes de oxígeno y acetileno se hace mediante tubos de goma adecuados.

Se puede soldar todo tipo de metal, requiriendo gran experiencia para algunos de ellos, como el aluminio, el cobre, la calamina, etc. Con sopletes especiales pueden cortarse aceros, tanto en espesores finos como gruesos (fig. 11.7).

Para realizar la soldadura con autógena se deben proteger los ojos con gafas especiales (fig. 11.8B), evitando así los efectos producidos por la viva luz del soplete y las chispas y partículas de material que se desprenden, como pequeñas explosiones. Completan el equipo del soldador, un delantal y guantes de cuero, que no deben quitarse nunca durante el trabajo.

En la figura 11.8A se puede observar un puesto completo de soldadura oxiacetilénica.

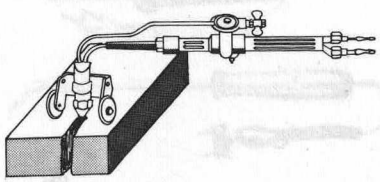


Fig. 11.7

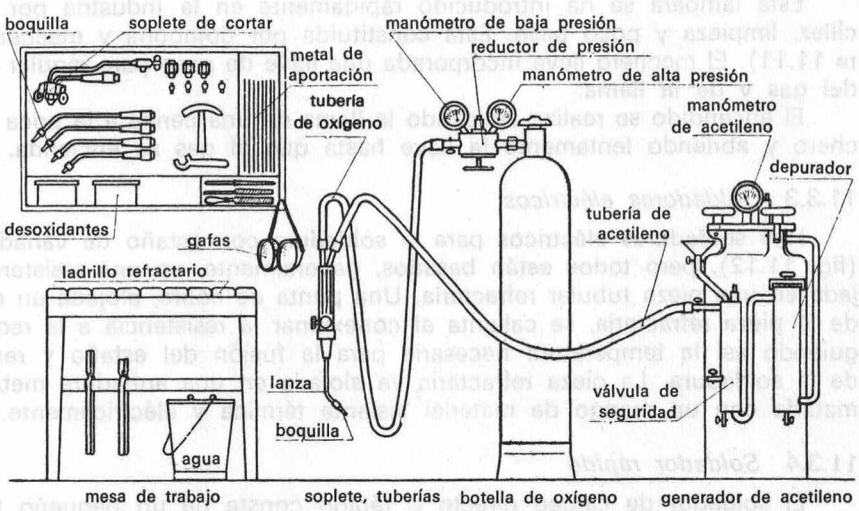


Fig. 11.8A Elementos de una instalación de soldadura oxiacetilénica.

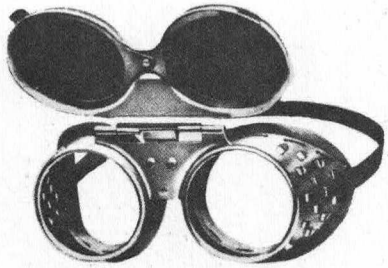


Fig. 11.8B Gafas para soldar.

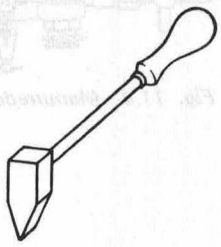


Fig. 11.9 Soldador de cobre para soldar con lamparilla.

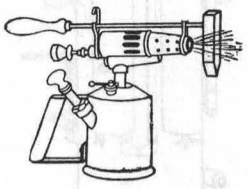


Fig. 11.10 Lámpara de soldar de gasolina.

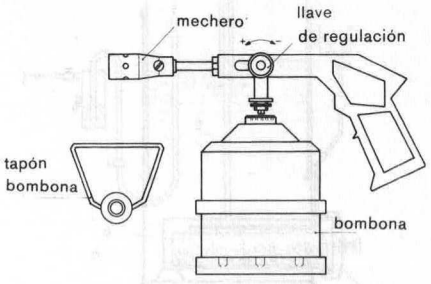


Fig. 11.11 Lámpara de soldar de butano.

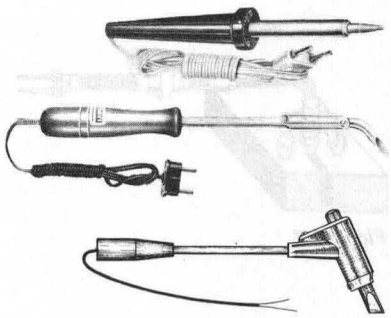


Fig. 11.12 Diversos tipos de soldadores eléctricos.

11.3 **Soldadura blanda y su empleo**

A la soldadura con metales de fácil fusión, como el plomo y el estaño, se la llama soldadura blanda. Normalmente no se emplean el estaño o plomo solos, sino una aleación de ambos en proporciones adecuadas, según el metal a soldar y el trabajo a que se dedicará la pieza soldada. Este tipo de soldadura se emplea cuando la pieza, en su trabajo, no sobrepasa la temperatura de los 200 °C.

La soldadura blanda se suele emplear en la unión de chapas y piezas de latón, hojalata, cobre o bronce, colectores de inducidos, empalmes, soldadura de tubos, etc., y, en condiciones adecuadas, piezas de hierro.

La adherencia del estaño sobre el material a soldar no es posible sin el empleo de un fundente-desoxidante. El desoxidante para la soldadura de cobre, latón, bronce y hojalata puede ser la resina común o pasta que tiene como base a ésta. Para la soldadura de piezas de hierro se emplea como desoxidante el cloruro de cinc.

Las herramientas empleadas para fundir el estaño son: el soldador eléctrico (fig. 11.9) y la lamparilla, bien de gasolina (fig. 11.10), ya en desuso, o bien de butano (fig. 11.11).

11.3.1 *Preparación del cloruro de cinc*

El cloruro de cinc, o agua para soldar, se prepara en un recipiente de cristal, plomo o porcelana, con boca ancha, de la siguiente manera: se echa ácido clorhídrico en el recipiente, hasta un tercio de su capacidad; seguidamente se van agregando trozos o tiras estrechas de cinc, hasta que no se disuelvan más. Esto se nota cuando el líquido deja de hervir.

Al disolverse el cinc se forma gas hidrógeno y una neblina ácida, por lo que es necesario hacer la preparación al aire libre o en lugar muy ventilado. Por ser los vapores desprendidos altamente oxidantes, se procurará hacer la preparación lejos de objetos y herramientas de hierro o acero.

También se puede preparar agua para soldar partiendo del cloruro de cinc comercial. Para ello basta exponer al aire una cantidad de cloruro de cinc en un recipiente de boca ancha. De esta forma, el cloruro absorberá del aire la humedad necesaria para formar el líquido adecuado para usar. Este procedimiento es lento. Dura, generalmente, de 36 a 48 horas.

Una vez que se ha soldado una pieza, empleando agua para soldar, hay que eliminar los restos de ésta, pues de lo contrario se oxidarán fuertemente las piezas.

Para eliminar el agua de soldar se pueden emplear los procedimientos siguientes:

a) Enjuagar con agua caliente y secar.

b) Enjuagar con una solución caliente de sosa, aclarar con agua y secar.

c) En el caso de que no se pueda mojar la pieza, espolvorear sobre ella sosa calcinada seca, que luego se quita con un pincel o cepillo.

11.3.2 *Lámpara de butano*

Esta lámpara se ha introducido rápidamente en la industria por su sencillez, limpieza y poco peso. Está constituida por bombona y mechero (figura 11.11). El mechero lleva incorporada una llave de paso para regular la salida del gas y de la llama.

El encendido se realiza aplicando la llama de una cerilla a la boca del mechero y abriendo lentamente la llave hasta que el gas se encienda.

11.3.3 *Soldadores eléctricos*

Hay soldadores eléctricos para la soldadura con estaño de variados tipos (fig. 11.12), pero todos están basados, generalmente, en una resistencia alojada en una pieza tubular refractaria. Una punta de cobre, alojada en el hueco de la pieza refractaria, se calienta al conexionar la resistencia a la red, consiguiendo así la temperatura necesaria para la fusión del estaño y realización de la soldadura. La pieza refractaria va alojada en una armadura metálica rematada con un mango de material aislante térmica y eléctricamente.

11.3.4 *Soldador rápido*

El soldador de caldeo directo o rápido consta de un pequeño transformador con el secundario conexionado a una punta especial que, al ser recorrida

por la corriente, se calienta rápidamente produciendo la fusión del estaño y el caldeo de la pieza. Este soldador tiene la forma de pistola, y el encendido se realiza al oprimir un gatillo (fig. 11.13).

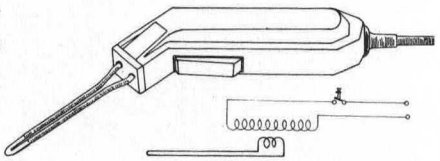


Fig. 11.13 Soldador rápido.

11.3.5 *Elección del soldador*

El tamaño y potencia del soldador debe ser adecuado a la pieza que se va a soldar. En la tabla 11.14 se especifica el tipo de soldador a emplear, según el tipo de trabajo.

Tabla 11.14 Elección del soldador según el trabajo a realizar

Potencia (watios)	*Diámetro de la punta (mm)*	*Temperatura (°C)*	*Tiempo de calentamiento (minutos)*	*Utilización*
30-40	4	500	3	Soldadura en circuitos eléctricos, radio y TV con conductores de sección inferior a 0,5 mm².
60	5,5	500	4	Soldadura en circuitos eléctricos, radio y TV con conductores de sección superior a 0,5 mm² y bases metálicas de espesor menor a los 0,2 mm².
80	8	500	4	Soldadura y conexionado de conductores entre sí y sobre bases metálicas con espesor hasta 0,3 milímetros.
100-120	10	500	5	Soldadura de conductores entre sí con componentes y sobre chasis.
150	14	500	5	Soldadura sobre chasis o láminas metálicas de hasta 0,8 mm de espesor, empalmes y bañado de conductores, conexión en pequeños colectores de motores etcétera.
200	16	500	5	Soldadura de hilos con secciones no superiores a los 6 mm², piezas metálicas y chapas, bañado de piezas, soldadura de terminales y colectores, etc.

11.3.6 *Preparación del soldador*

Si el soldador es nuevo, se procede al bañado con estaño en la punta. Algunos soldadores tienen la punta niquelada por lo cual se debe comenzar limando la punta hasta que desaparezca el níquel.

Al bañar la punta se estará pendiente de la temperatura, comprobando cuándo funde el estaño, momento éste en que se procederá a recubrirla. Esta operación se realiza fundiendo en la punta y por contacto un poco de resina. Posteriormente se aplica estaño que se frota con la ayuda de un trapo limpio.

Es de hacer notar que estando el soldador muy caliente, se adhiere mal el estaño por lo cual, como antes hemos indicado, la operación del bañado se debe realizar en el instante en que la temperatura alcanzada empieza a fundir el estaño.

11.3.7 *Ejecución de la soldadura*

Estando las piezas limpias y con el soldador preparado, se aplica al punto que se debe soldar para comunicar calor a la pieza. Sin este calor previo la soldadura quedará mal *(soldadura fría).* Una vez caliente la pieza que se pretende soldar, se aplica un poco de resina o ácido, según el material a soldar, e inmediatamente después el estaño. Con la punta del soldador, al mismo tiempo que se mantiene el calor, se extiende el estaño por todas las partes a soldar.

El soldador no debe alcanzar nunca una temperatura excesiva, por lo que durante el trabajo, cuando se aprecie la fácil fusión del estaño, se desconectará de la red con el fin de mantenerlo a la temperatura adecuada. Hay que mantener siempre la punta del soldador bañada en estaño.

11.3.8 *Soldadura en circuitos impresos*

Para la soldadura en circuitos impresos se requiere una gran habilidad que se logra con un continuo aprendizaje. La soldadura con estaño se realiza con una aparente facilidad; pero, de no poner todo el cuidado, fácilmente se realizarán trabajos defectuosos y, en ocasiones, con resultados lamentables.

Para una buena soldadura hay que tener en cuenta las siguientes normas:

a) El punto a soldar debe estar escrupulosamente limpio.

b) El punto a soldar, componente o conexión, debe bañarse de estaño para su posterior soldadura.

c) Como indicamos anteriormente, para soldaduras generales la temperatura dada a la soldadura es muy importante. Una soldadura fría da como resultado una mala conexión, con los consiguientes trastornos en el circuito. Una temperatura excesiva cambia, por un lado, las características del estaño y, por otro, deteriora los componentes y aislamientos delicados. De todo esto se deduce claramente la importancia de alcanzar un buen dominio de la soldadura.

11.3.9 *El estaño. Su presentación*

El estaño químicamente puro se presenta en el mercado en forma de barras y aleado, en rollos de hilo de diámetros variados.

Para utilizar las barras de estaño hay que alearlas convenientemente con plomo. Esta operación se aprovecha para hacer barras de mayor o menor grosor.

El estaño en rollos ya está aleado, con mayor o menor cantidad de plomo, y tiene la particularidad de que este hilo, en realidad, es un tubito con el interior relleno de resina como fundente y desoxidante.

11.4 **Desoldadura**

Hoy día, en que se impone el empleo del circuito impreso, es imprescindible disponer de soldadores especiales para desoldar los componentes o partes del circuito a reponer y, por consiguiente, conseguir el dominio de la desoldadura.

Desoldando correctamente se consigue:

a) Dejar libre de partículas de estaño la superficie del circuito, evitándose cortocircuitos ocasionados por estas partículas.

b) Menor calentamiento en la operación, en beneficio de componentes próximos aislantes y del propio circuito impreso.

c) Dejar los orificios abiertos para la colocación del nuevo componente.

El funcionamiento del desoldador (fig. 11.15) es como sigue: se acopla la punta hueca (*a*) en el punto a desoldar, se funde el estaño y se aspira mediante el vacío producido por la perilla (*b*). El estaño aspirado pasa por el tubo (*c*) hasta el filtro (*d*), en donde se deposita y puede ser sacado cuando se desee.

A las ventajas indicadas hay que añadir: la de poder trabajar con una sola mano y sin precipitaciones, ya que una vez desoldado el componente queda suelto para ser retirado; en algunos casos, según la posición, caerá solo.

Como en los soldadores normales, hay que emplear una punta adecuada según la desoldadura que se vaya a efectuar.

En el cuerpo (*e*) va alojado un elemento calefactor que calienta la punta hueca.

En el caso de que el componente sea difícil de sacar por no ser accesibles los puntos de soldadura, se procede a romper el componente dejando los terminales suficientemente largos para soldar en ellos el nuevo componente.

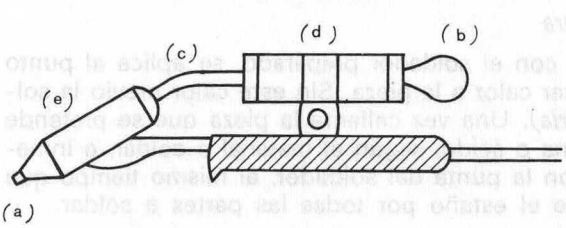


Fig. 11.15 Soldador especial para desoldar.

SEGURIDAD E HIGIENE

— No se lleven las manos a la cara, ni se toque alimento alguno después de manejar el carburo de calcio sin habérselas lavado.

— No se tomen las piezas recién soldadas con la mano, pues la cantidad de calor acumulado es mayor que en las soldadas eléctricamente, por lo que tardan más en enfriarse, con peligro de ocasionar quemaduras graves.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Describe las clases de soldadura eléctrica que conozcas.
— Consulta catálogos de electrodos por arco del comercio.
— Describe los distintos diámetros de electrodos que hay.
— Describe los distintos materiales que componen un electrodo.
— Describe los distintos diámetros a que se aplican los electrodos según su composición.
— Dibuja un generador de acetileno seccionado.
— Recopila varios catálogos con distintos tipos de generadores de acetileno.
— Describe el proceso de preparación del cloruro de cinc.
— Describe el proceso a seguir en la soldadura blanda.

CUESTIONARIO

11.1 ¿En qué se basa la soldadura eléctrica?
11.2 Clases de soldadura eléctrica.
11.3 ¿Qué finalidad tiene el transformador?
11.4 ¿Por qué se necesitan altas temperaturas?
11.5 ¿Qué precauciones referentes a la vista deben tomarse?
11.6 ¿En qué principio se basa la soldadura de puntos?
11.7 ¿Cuál es la fuente de calor empleada en la soldadura autógena?
11.8 ¿A qué presión llegan las botellas que contienen oxígeno?
11.9 ¿Para qué se utilizan dos manómetros en las botellas de oxígeno?
11.10 Propiedades características del gas acetileno.
11.11 ¿Cómo se obtiene el gas acetileno?
11.12 Partes fundamentales de un generador de acetileno.
11.13 ¿Cómo funciona un generador de gas acetileno?
11.14 ¿Hay que ponerse gafas especiales para soldar con autógena? ¿Por qué?
11.15 ¿Se puede emplear la soldadura blanda para un metal que en su trabajo normal adquiera la temperatura de 300 °C? ¿Por qué?
11.16 ¿Qué fundentes conoces?
11.17 ¿Cómo se denomina el cloruro de cinc preparado para soldar?
11.18 ¿Por qué se debe preparar al aire libre?
11.19 ¿Qué diferencia ves entre el soldador eléctrico y el soldador rápido?
11.20 ¿De qué depende el tamaño y la potencia del soldador?
11.21 ¿Cómo se realiza la preparación del soldador?
11.22 ¿Cómo se realiza la soldadura?
11.23 Normas a tener en cuenta en la soldadura de circuitos impresos.
11.24 Formas de presentar el estaño en el comercio.
11.25 ¿Qué se consigue con la desoldadura?

8. Conocimiento y ensayos de materiales

Tema 12. Conocimiento de materiales

OBJETIVOS

— *Conocer la obtención del hierro.*
— *Adquirir idea clara de las distintas clases de hierro, aceros y fundiciones por su composición, propiedades y aplicaciones.*
— *Conocer la causa por la que se efectúa el afino del acero y los compuestos que entran.*
— *Conocer formas y nombres comerciales del acero.*
— *Conocimientos de los materiales no férreos.*
— *Determinar las características del cobre.*
— *Saber sus aplicaciones respecto a la electricidad.*
— *Conocimiento básico sobre su obtención.*
— *Conocimiento del aluminio, estaño y plomo.*
— *Conocimiento del cinc, cromo y níquel.*
— *Conocimiento del cadmio, cobalto y tungsteno.*
— *Conocimiento del mercurio y la plata.*
— *Conocimiento del mecanismo de la oxidación y corrosión metálicas.*
— *Formas de combatir la corrosión y la oxidación.*

GUION

— Hierro.
— Minerales de hierro.
— El alto horno.
— Hierro colado.
— Hierro fundido.
— Aceros.
— Obtención del acero. Procedimiento Bessemer.
— Obtención del acero. Procedimiento Thomas.
— Obtención del acero. Procedimiento Martin-Siemens.
— Elementos de aceración.
— Formas comerciales de los aceros.
— Metales no férreos.
— Propiedades químicas de los metales.

PUNTOS CLAVE

— Obtención y propiedades del hierro, acero y fundición.
— Elementos de aceración.
— Diferenciación entre los metales no férreos.
— Estudio de las aplicaciones de los diversos metales en la electricidad y electrónica.
— Aplicación del estaño a la soldadura.
— Criterios para la elección de los metales en la conducción de la corriente eléctrica.
— Oxidación por altas temperaturas.
— Conocer los diversos medios para reducir la corrosión.

EXPOSICION DEL TEMA

12.1 Hierro

Símbolo: Fe. Peso específico: 7,86. Punto de fusión: 1 535 °C. Resistividad: 0,13.

La utilización del hierro se remonta, por lo menos, a 3 000 años. Se cree que las primeras fuentes de hierro fueron los meteoritos, compuestos principalmente de este metal y de pequeñas proporciones de níquel.

12.2 Minerales de hierro

Los minerales aptos para la obtención del hierro comercial son, casi sin excepción, óxidos mezclados con cal, arcilla o materias silíceas consideradas como impurezas o *ganga.* Las principales menas férricas son: la magnetita, que es un óxido magnético de hierro, hematites roja y hematites o mineral pardo.

12.3 El alto horno

La mayoría del mineral de hierro va de la mina al alto horno. No obstante, algunas menas reciben un tratamiento preliminar, a fin de prepararlas para la reducción. Los minerales pardos son lavados para eliminar la mayor parte de arcillas y arenas.

El mineral, sometido o no a tratamiento previo, es cargado en el alto horno junto con el combustible, generalmente coque o, en ocasiones, carbón vegetal o antracita y piedra caliza suficiente para combinarla con la ganga y formar así escoria fusible.

El tamaño y forma del alto horno puede variar según la cantidad de combustible que se utilice. Por lo general, su forma es irregularmente cilíndrica; mide unos 28 m de altura y en sus diferentes secciones, tres por lo general, tiene un diámetro de 5 a 7 m. La sección superior o cuba del horno, es un cono truncado por cuya boca se introduce periódicamente la carga (mena, combustible y fundente) a través de dos tolvas cerradas con campanas, para evitar que al cargar se escapen los gases del horno. El calentamiento preliminar, la calcinación de la piedra caliza hasta la formación de cal y la mayoría de la reducción de la mena a una masa esponjosa de hierro metálico, tiene lugar en la cuba. Esta masa con su ganga y cal de la piedra caliza descompuesta pasa seguidamente a la segunda sección, un cono invertido llamado *etalaje.* Los restos de la mena, aún no reducida, se convierten aquí en hierro; la ganga y la cal se unifican para formar escoria fusible; y el hierro se funde. Entonces el caldo y la escoria se escurren sobre el coque sólido e incandescente que llena el etalaje y van a parar, finalmente, a la tercera sección, recta y cilíndrica, llamada *cámara de fusión, crisol* y, en otros, *solera* (fig. 12.1).

Como el caldo es mucho más pesado que la escoria, se concentra en el fondo y la escoria flota sobre su superficie. Tras la operación, que dura varias horas, la cámara de fusión se llena prácticamente de hierro y escoria. Se procede entonces a su vaciado (tres o cuatro veces al día), a través de los orificios de colada situados a los costados de la cámara. El calor necesario para llevar a cabo la operación, se produce por la combustión del coque puesto en la carga, mediante corrientes de aire inyectado a presión a través de una serie de toberas colocadas en el fondo del etalaje. El carbono caliente arde con el oxígeno del aire inyectado, originando una elevada temperatura. El producto de hierro así obtenido, y una vez solidificado en lingotes, se llama *arrabio* (fig. 12.2).

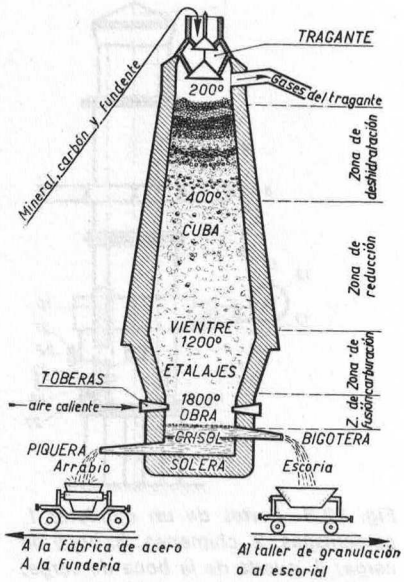


Fig. 12.1 Esquema de un horno alto.

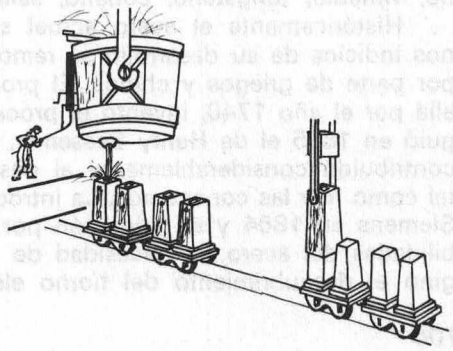


Fig. 12.2 Lingotes.

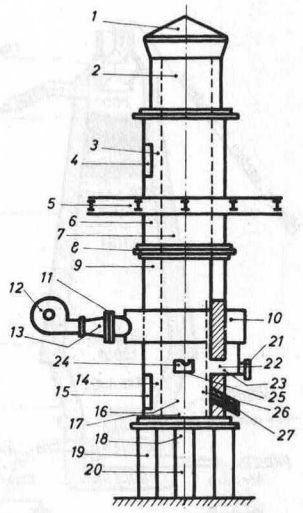


Fig. 12.3 Partes de un cubilote: 1, parachispas; 2, chimenea; 3, boca de carga; 4, puerta de la boca de carga; 5, plataforma de carga; 6, coraza; 7, cuba; 8, collar de separación; 9, revestimiento refractario (camisa); 10, caja de viento; 11, válvula de regulación del viento; 12, ventilador; 13, tubo de viento; 14, boca del encendido; 15, puerta de la boca del encendido; 16, crisol; 17, solera; 18, puerta del vaciado; 19, pies; 20, puntal; 21, mirilla; 22, tobera; 23, caja de la tobera; 24, piquera de la escoria; 25, canal de la escoria; 26, piquera de la colada; 27, canal de la colada.

12.4 Hierro colado

El hierro colado puede obtenerse por la colada directa del arrabio que procede del alto horno. Pero tal procedimiento, salvo en la producción de molduras brutas, es poco empleado. La mayor parte de hierro colado se obtiene por la refundición en cubilote u horno de reverbero de un arrabio, cuya composición tenga las características deseadas (fig. 12.3). Como es difícil producir un arrabio tal que satisfaga la gran variedad de aplicaciones industriales, la carga para la refundición consiste, generalmente, en una mezcla de dos hierros diferentes combinada de tal modo que el producto resultante se acerque lo más posible a la composición requerida. La operación llevada a cabo en el cubilote es una fundición, de modo que no se origina en la carga otro cambio químico, sino una ligera pérdida de las impurezas del hierro más fácilmente oxidables, en particular silicio y manganeso. La fragilidad del hierro colado es debida al carbono (grafito) que se fija en forma de granos y/o agujas y hace que el hierro resultante sea quebradizo. Un reciente perfeccionamiento es el llamado hierro nodular, que posee una pequeña cantidad (menos de 0,1 %) de cerio y magnesio, lo que causa la formación del carbono en nódulos (granos no muy esféricos).

Este hierro, más barato que el hierro maleable (hierro colado recocido) o el acero, tiene muchas de sus cualidades ideales.

12.5 Hierro fundido

Actualmente el término *hierro fundido* comprende un grupo de materiales más bien que uno sólo. Hay cinco clasificaciones:

1.ª *Fundición gris,* con buena proporción de carbono en forma de grafito y el resto en forma combinada.

2.ª *Fundición blanca,* con todo el carbono en forma de carburo férrico (Fe_3C).

3.ª *Fundición atruchada,* que es una mezcla, en proporciones variables, de las dos anteriores.

4.ª *Fundición de coquilla,* parte de la cual se enfría rápidamente. El carbono está retenido, en forma combinada, en la parte rápidamente enfriada y produce en la misma una fundición blanca. El resto de la pieza fundida se enfría lentamente, con lo que el carbono queda en forma de grafito al igual que en la fundición gris. Entre las partes enfriadas de distinto modo, se encuentra una zona de fundición atruchada con partes que tienen algo de fundición gris o blanca. El silicio es el principal elemento que influye en la profundidad del enfriamiento.

5.ª *Fundición nodular,* que pertenece al tipo de fundición gris normal, tratada con un nodularizante, de manera que casi todo el carbono grafítico tenga forma nodular o esferoidal. Este tratamiento da una fundición maleable.

El hierro fundido tiene innumerables aplicaciones generales, entre las que figuran la fabricación de bloques y culatas para motores, tuberías y accesorios, bancadas, máquinas herramientas, radiadores, bañeras, estufas, etc. (fig. 12.4).

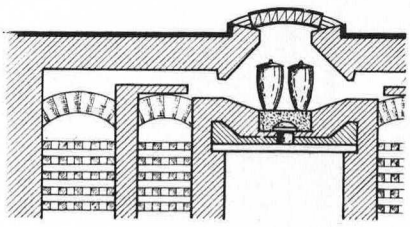


Fig. 12.5 Horno de crisol.

12.6 Aceros

El acero es una aleación férrica que contiene cantidades pequeñísimas de carbono, manganeso, fósforo, azufre y silicio. Los aceros especiales incorporan, además de los elementos citados, otros como níquel, cromo, molibdeno, vanadio, tungsteno, cobalto, selenio, titanio, circonio y aluminio.

Históricamente el acero actual se debe a siglos de investigación. Algunos indicios de su desarrollo se remontan a los años 1 500 y 1 000 a. d. J. C., por parte de griegos y chinos. El progreso real fue lento hasta que Huntsman allá por el año 1740, inventó el procedimiento del crisol (fig. 12.5), al que siguió en 1885 el de Henry Bessemer. Desde entonces la industria del acero ha contribuido considerablemente al desarrollo de las industrias transformadoras, tal como hoy las conocemos. La introducción del horno de reverbero de Martin-Siemens en 1864 y su adopción por la industria, movilizó las inmensas posibilidades del acero. La necesidad de disponer de aceros de mejor calidad, originó el descubrimiento del horno eléctrico por Heroult en 1890 (fig. 12.6).

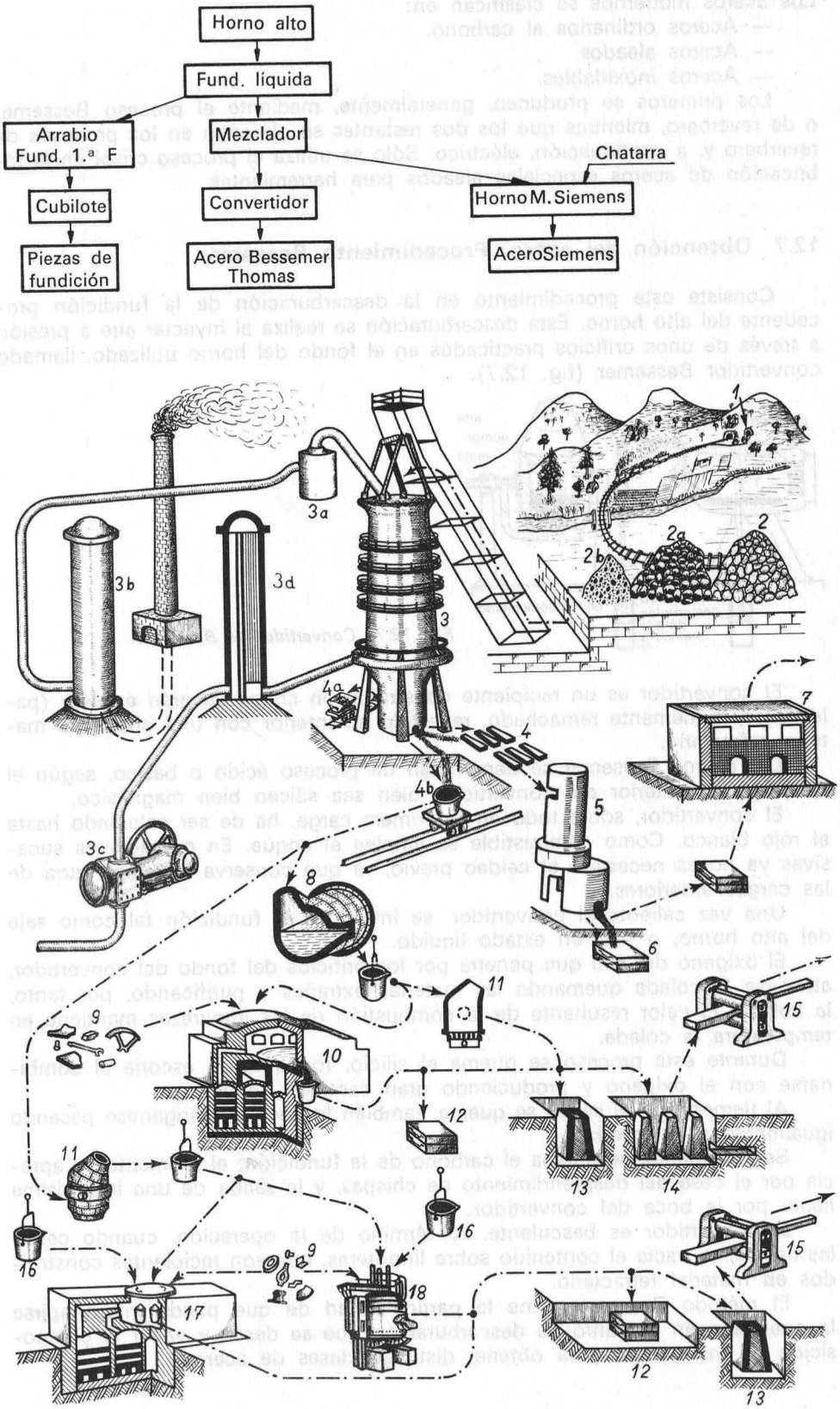
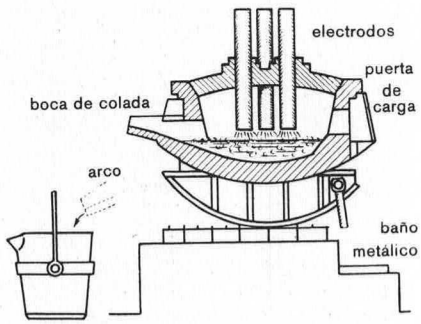


Fig. 12.4 Esquema general de la fabricación del hierro y del acero.
Fabricación de la fundición: 1, minas; 2, mineral de hierro; 2a, carbón; 2b, fundente; 3, horno; 3a, separador de polvo; 3c, compresor de aire; 3b y 3d, estufas Cowper. (La 3b está calentándose y la 3d calentando el aire. Cada cierto tiempo se cambian entre sí); 4, lingotes de primera fusión; 4a, escoria; 5, cubilote; 6, molde para fundición; 7, horno de fundición maleable. Fabricación del acero: 4b, arrabio líquido; 8, mezclador; 9, chatarra; 10, horno Martin-Siemens; 11, convertidor; 12, molde para acero fundido; 13, lingoteras; 14, horno Pitt (para mantener calientes los tochos); 15, laminador.
Fabricación de aceros finos: 16, metales de aleación; 17, horno de crisoles; 18, horno eléctrico.



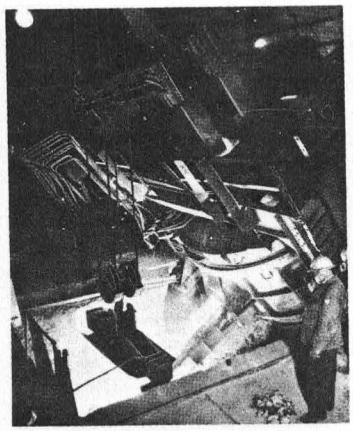


Fig. 12.6 Horno eléctrico trifásico.

Los aceros modernos se clasifican en:

— Aceros ordinarios al carbono.
— Aceros aleados.
— Aceros inoxidables.

Los primeros se producen, generalmente, mediante el proceso Bessemer o de reverbero, mientras que los dos restantes se obtienen en los procesos de reverbero y, a continuación, eléctrico. Sólo se utiliza el proceso crisol en la fabricación de aceros especiales aleados para herramientas.

12.7 Obtención del acero. Procedimiento Bessemer

Consiste este procedimiento en la descarburación de la fundición procedente del alto horno. Esta descarburación se realiza al inyectar aire a presión a través de unos orificios practicados en el fondo del horno utilizado, llamado convertidor Bessemer (fig. 12.7).

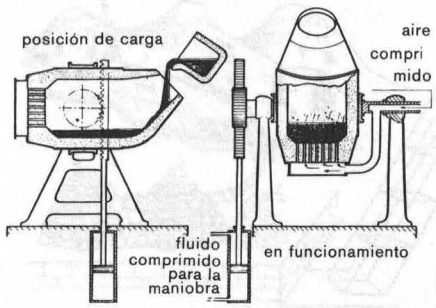


Fig. 12.7 Convertidor de Bessemer.

El convertidor es un recipiente construido en chapa de gran espesor (palastro), y firmemente remachado, revestido su interior con una chapa de material refractario.

Los aceros Bessemer se denominan de proceso ácido o básico, según el revestimiento interior del convertidor, bien sea silíceo bien magnésico.

El convertidor, sobre todo en la primera carga, ha de ser calentado hasta el rojo blanco. Como combustible se emplea el coque. En operaciones sucesivas ya no es necesario el caldeo previo, ya que conserva la temperatura de las cargas anteriores.

Una vez caliente el convertidor, se introduce la fundición tal como sale del alto horno, o sea, en estado líquido.

El oxígeno del aire que penetra por los orificios del fondo del convertidor, atraviesa la colada quemando las materias extrañas y purificando, por tanto, la colada. El calor resultante de la combustión de las impurezas mantiene en temperatura la colada.

Durante este proceso se quema el silicio, formando la escoria al combinarse con el oxígeno y produciendo gran cantidad de chispas.

Al tiempo que el silicio se quema, también lo hace el manganeso pasando igualmente a la escoria.

Seguidamente, se quema el carbono de la fundición; el momento se aprecia por el cese del desprendimiento de chispas, y la salida de una intensísima llama por la boca del convertidor.

El convertidor es basculante. Al término de la operación, cuando cesan las llamas, se vacía el contenido sobre lingoteras, que son recipientes construidos en material refractario.

El método Bessemer tiene la particularidad de que puede interrumpirse la operación en el punto de descarburación que se desee y variar la composición de manganeso para obtener distintas clases de acero.

12.8 Obtención del acero. Procedimiento Thomas

El procedimiento Thomas es similar al de Bessemer. Se emplea cuando la fundición contiene mayor porcentaje de fósforo. En este procedimiento se agrega cal para que forme escoria que arrastre las impurezas.

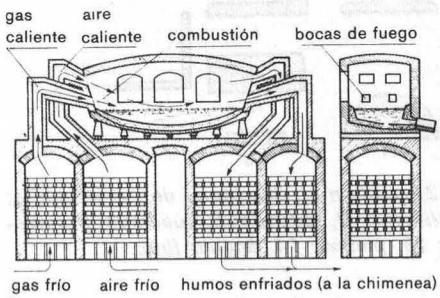
A diferencia del procedimiento Bessemer, en el Thomas no puede interrumpirse el proceso hasta quemarse todo el carbono, y con él, el fósforo.

El convertidor Thomas es, en general, mayor que el Bessemer.

12.9 Obtención del acero. Procedimiento Martin-Siemens

Este procedimiento se realiza en hornos Siemens (fig. 12.8), con capacidad hasta de 400 toneladas. En estos hornos se puede operar por tres procedimientos:

a) Cargando el horno con fundición directa del alto horno (líquida), o procedente del alto horno ya sólida. A la fundición, sea sólida o líquida, se agrega chatarra, cuyo óxido quema el exceso de carbono, quedando el acero con el carbono deseado, según el tipo a obtener. Este método es el más común.



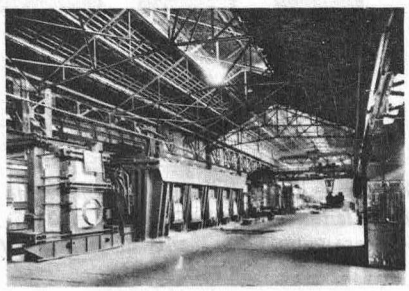


Fig. 12.8 Horno Martin-Siemens.

b) Cargando el horno con fundición procedente del alto horno y agregando mineral de hierro. De esta forma el oxígeno del mineral quema la parte del carbono de la fundición hasta conseguir el acero de la clase deseada.

c) Haciendo la carga con carbón y chatarra, con lo que se recupera la chatarra al transformarla en acero.

12.10 Elementos de aceración

Para comprender mejor las características del acero, es necesario conocer las funciones de sus componentes. El carbono es el principal elemento endurecedor y se combina con el hierro para formar el compuesto llamado cementita o carburo férrico.

El manganeso actúa como fuerte elemento cementador y es también desoxidante y desulfurante.

El fósforo es una impureza que reduce la ductilidad del acero y lo hace propenso a la rotura en los trabajos de forja. El azufre actúa de forma similar, aunque favorece las propiedades mecanizables del acero. El silicio es desoxidante y, en ciertas condiciones, aumenta las propiedades físicas y la permeabilidad magnética necesaria en los núcleos de los transformadores y alternadores.

El aluminio, el níquel, el circonio y el silicio están mezclados en la ferrita o hierro puro. El níquel, particularmente, aumenta la resistencia a la tracción y a los choques. El cromo, el tungsteno, el molibdeno y el vanadio están disueltos, en parte, en el hierro puro, pero son muy activos en la formación de carburos, al combinarse con el carbono presente en el acero: dichos elementos aumentan la dureza, la resistencia a la tracción, a la abrasión y al desgaste, formando la variada gama de aceros especiales.

12.11 Formas comerciales de los aceros

El acero se presenta en el mercado en productos semielaborados o acabados por laminación.

Las formas más corrientes de los productos semielaborados por forja o fundición son: el desbaste, la palanquilla y el llantón.

El desbaste es el producto de la primera laminación o forjado del lingote de acero. Se presenta en sección cuadrada y rectangular, listo para el corte, forjado y laminado de piezas y perfiles. Sus medidas son de 125 × 125 a 350 × 500 mm.

La palanquilla, igualmente en bruto, se presenta en sección cuadrada, con medidas de 40 a 120 mm.

El llantón es un producto en bruto, rectangular, con medidas desde 10 × 200 a 125 × 600 mm.

Los perfiles acabados por laminación tienen muy variadas formas. En la figura 12.9 se pueden ver algunos de éstos.

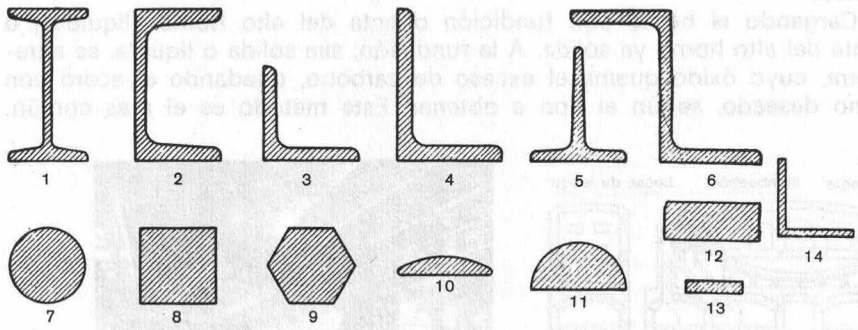


Fig. 12.9 Perfiles comerciales: 1, viga de doble T; 2, perfil en U; 3, angular de lados iguales; 4, angular de lados desiguales; 5, perfil en T; 6, perfil en Z; 7, redondo; 8, cuadrado; 9, hexagonal; 10, pasamanos; 11, media caña; 12, llanta; 13, pletina; 14, ángulo fino.

12.12 **Metales no férreos**

Además del estudio del hierro, interesa, sobre todo para las especialidades eléctrica y electrónica, el estudio de otros metales por el gran uso que se hace de ellos. Entre estos metales, los más importantes son: cobre, aluminio, estaño, plomo, cinc, cromo, níquel, cadmio, cobalto, wolframio, mercurio y plata.

12.12.1 *Cobre*

Símbolo: Cu. Mineral: calcopirita. Peso específico: 8,9 kg/dm^3. Punto de fusión: 1 083 °C. Resistividad: 0,017.

El cobre se distingue fácilmente de otros metales o aleaciones por su color rojizo. Es muy dúctil y maleable, pudiéndose darle forma tanto en frío como en caliente.

Es un excelente conductor del calor y de la electricidad y, a la vez, es resistente a los agentes atmosféricos, por lo que puede usarse a la intemperie. También resiste perfectamente a la mayoría de los líquidos empleados en la industria, por lo que se emplea en recipientes y conducciones de líquidos.

En utensilios domésticos construidos en cobre, hay que tener especial cuidado en su limpieza, ya que la capa de carbonato que se forma en su superficie, llamada cardenillo, es altamente venenosa.

El cobre se presenta en la industria en tubos, hilos, chapas, pletinas y perfiles similares a como se presenta el hierro, así como tochos y lingotes. Se fabrican, igualmente en cobre, infinidad de piezas para máquinas y herrajes.

12.12.1.1 *Obtención del cobre*

Mediante un proceso de calcinaciones y fusiones del mineral en presencia de óxidos y escorias, se elimina gran cantidad de azufre, obteniendo un producto llamado *mata blanca.*

Este producto mata blanca se tuesta, con lo que desaparece el azufre, quedando solamente el cobre el cual, posteriormente, se refina por procedimiento electrolítico.

Este afinado electrolítico se verifica poniendo las placas del cobre a afinar como polo positivo. Como polo negativo actúan unas placas delgadas de cobre. Al pasar la corriente eléctrica, las placas de cobre impuro se disuelven, depositándose el cobre puro en el polo negativo, mientras las impurezas se depositan en el fondo.

12.12.1.2 *Aleaciones de cobre*

El cobre forma parte de varias aleaciones, con las que se obtienen tanto piezas fundidas como materiales para mecanizar. Hay que destacar entre las aleaciones, por el gran uso que se hace de ellas, los latones y los bronces.

En general, se considera aleación de cobre aquella aleación en la que entra éste en mayor proporción que los demás elementos que la componen.

Abreviadamente se designa una aleación por los símbolos químicos de sus elementos. Ejemplos: Cu Zn 80, quiere decir que esta aleación está formada por 80 % de cobre y el resto de cinc. Cuando a la designación de una aleación se antepone la letra *F*, quiere decirse que este material es para fundir.

12.12.1.2.1 *Latón*

A la aleación de cobre con cinc se le llama latón. El latón puede ser más o menos rico en cobre, e incluso tener otros elementos en su composición; en este caso se les denomina latones especiales.

El empleo del latón está muy extendido en la industria, presentándose en forma de chapas, pletinas, perfiles, tubos, tornillos e infinidad de herrajes y elementos de adorno. En electricidad sustituye al cobre en gran número de piezas de soporte, e incluso de contacto-conducción, encontrándose piezas de latón en enchufes, interruptores, casquillos para lámparas, etc.

Con el agregado de plomo se obtienen aleaciones como Fe Cu Zn Pb (65 932-3) muy empleadas en grifería, herrajes para bombas de agua y otras muchas piezas de ferretería.

12.12.1.2.2 *Bronce*

Se llama, generalmente, bronce a la aleación de cobre con estaño (Cu Sn), pero igualmente son bronces las aleaciones de cobre con otros metales como el aluminio o con estaño-plomo, formando los bronces especiales.

Hay bronces laminados y bronces fundidos. Los laminados se presentan en tubos, chapas, flejes, alambres y perfiles varios. En bronce fundido se hacen infinidad de piezas, como engranajes, cojinetes, etc., y también se presenta para su mecanizado en barras y tochos.

Algunos bronces suelen llamarse fosforosos, no porque contengan fósforo sino porque el fósforo fue utilizado como desoxidante en su fabricación.

Hay bronces especiales para cañones y campanas, duros y sonoros, y otros de fácil fusión con los que, empleando moldes adecuados, se obtienen piezas de un acabado limpio, como medallas y objetos artísticos, lámparas, etc.

12.12.2 *Aluminio*

Símbolo: Al. Mineral: bauxita. Peso específico: 2,7 kg/dm^3. Punto de fusión: 658 °C. Resistividad: 0,028.

El aluminio es un metal de color plateado, blando, maleable y muy dúctil, por lo que puede extenderse en planchas, hilos, etc. Se presenta en tubos, perfiles de todas formas, chapas, alambres y en lingotes para fundir. Por su buena conductibilidad, ligereza y tenacidad, unido a su resistencia a los agentes atmosféricos, se emplea en líneas de conducción eléctrica; en épocas de escasez de cobre como sustituto de éste en conductores aislados para instalaciones. También se emplea, por economía y poco peso, en algunos bobinados como reactancias, para fluorescencia y transformadores.

El aluminio y sus aleaciones se utilizan tanto en aviación como en industria naval, automóviles, bicicletas, maquinaria y usos domésticos; últimamente se aplica en la carpintería metálica, para lo cual se construyen perfiles adecuados.

Además de su aleación con el cobre para la obtención de un determinado tipo de bronce, existe otra clase de aleaciones que, generalmente, llevan el nombre de la fábrica, ciudad o nación de fabricación.

Cuando la aleación se hace para piezas fundidas, recibe el nombre general de *aleación de colada.* Si la aleación es para laminación, forja o embutido, se la denomina *aleación de trabajo plástico.*

Hay aleaciones de colada distintas según el uso específico. Así, por ejemplo, hay aleaciones resistentes a altas temperaturas para la fabricación de pistones en motores de explosión y similares; otras, resistentes a las aguas del mar, a las vibraciones, etc.

Las aleaciones de trabajo plástico tienen características muy similares y, en algunos casos, iguales a las de colada. Entre este tipo de aleaciones de trabajo plástico, se encuentra el duraluminio, con diversidad de tipos y características, según la proporción de sus elementos principales: aluminio, cobre, manganeso, silicio y magnesio. El duralumunio, por tener gran resistencia mecánica, sustituye en algunos casos al acero, utilizándose en la construcción de aviones, encontrándose también en el mercado en chapas, tubos, perfiles, etc.

El aluminio se halla en la naturaleza formando parte de varios minerales,

rocas e incluso piedras preciosas, como el zafiro, la turquesa y la esmeralda (óxido, silicato y fosfato de aluminio respectivamente).

La obtención industrial del aluminio parte de la bauxita, que es su óxido hidratado. Esta obtención requiere varias etapas. En la primera, se forma el óxido deshidratado llamado *alúmina.* En la segunda, se obtiene el aluminio sometiendo a la alúmina a un proceso electrolítico que consiste en introducir la alúmina en unas cubas forradas de grafito y en las que se colocan electrodos de graifto. Las cubas son calentadas a unos 900 °C y, seguidamente, se hace pasar una corriente eléctrica que trae, como consecuencia, que la alúmina se descomponga depositándose el aluminio y combinándose el óxido con el grafito. El aluminio resultante es de una pureza del 98 al 99 %.

12.12.3 *Estaño*

Símbolo: Sn. Mineral: casiterita. Peso específico: 7,3. Punto de fusión: 232 °C. Resistividad: 0,12.

El estaño es de aspecto blanco brillante y en condiciones normales inalterable al aire. Es muy maleable en frío, pudiéndose extender hasta obtener finísimas hojas. En caliente resulta muy quebradizo.

Las principales aplicaciones del estaño son: empleo en la soldadura y para la obtención de diversas aleaciones combinándolo con otros metales. También se emplea para recubrir el hierro y el cobre; sobre el hierro para obtener la hojalata, y sobre el cobre para evitar que se forme el cardenillo altamente venenoso.

La fabricación de la hojalata, principalmente usada para envases de conservas, puede ser por inmersión, que consiste en sumergir la chapa de hierro previamente limpia de óxidos y grasas, en un baño de estaño fundido. También se obtiene la hojalata por procedimiento electrolítico depositando, por medio de una corriente eléctrica, una fina capa de estaño. Para dar idea del grosor de la capa de estaño diremos que una tonelada de hojalata lleva no más de 12 a 14 kg de estaño.

Se reconoce el estaño puro al doblar cerca del oído una barra de este metal, pues emite un sonido especial llamado grito del estaño. Este sonido se produce al friccionar entre sí las múltiples y pequeñas escamillas que lo forman.

El estaño para soldadura rara vez se emplea en estado puro; siempre va aleado con plomo y algunas veces con algo de antimonio. Las diferentes clases de estaño para soldadura se designan de acuerdo con el contenido de estaño. Así, por ejemplo: (Sn 50), significa que en la aleación se empleó el 50 % de estaño puro, y el resto plomo. En el mercado se encuentran estaños para soldar de variable calidad, eligiéndose éste según el trabajo a que va destinado. Un estaño al 60 % es el más adecuado para soldaduras en circuitos delicados.

12.12.4 *Plomo*

Símbolo: Pb. Mineral: galena. Peso específico: 11,34. Punto de fusión: 327 °C. Resistividad: 0,204.

El aspecto del plomo es de un plateado grisáceo. Recién cortado es brillante, perdiendo su brillo al oxidarse en contacto con el aire. Es muy blando, flexible y maleable, pudiendo darle forma con facilidad.

El plomo es muy empleado en tuberías y depósitos para líquidos, resistiendo bien los agentes atmosféricos y químicos.

El plomo puede ser blando y duro. Blando cuando es puro y duro al ser aleado con antimonio.

12.12.5 *Cinc*

Símbolo: Zn. Mineral: blenda y calamina. Peso específico: 7,5. Punto de fusión: 419 °C. Resistividad: 0,061.

El cinc presenta un color blanco azulado, siendo un metal más bien blando. Fundido es muy frágil, pero laminado adquiere una mayor resistencia pudiéndose darle formas.

El cinc es muy empleado en la fabricación de planchas para cubiertas de tejados, así como canalones y recipientes varios. Una vez expuesto a la intemperie, se recubre de una pátina que la protege del ataque de los agentes atmosféricos.

Otra de las aplicaciones del cinc es el cincado y galvanizado, que consiste en recubrir piezas y planchas de hierro con una capa de cinc.

El cincado se obtiene al introducir las piezas en un baño de cinc fundido. Las piezas sometidas al procedimiento del cincado deben ser previamente tratadas.

El galvanizado se obtiene por procedimiento electrolítico, que consiste en suspender de un conductor el objeto a recubrir y de otro una chapa de cinc. Todo el conjunto va sumergido en una disolución de sal de cinc en agua preparada en un recipiente adecuado. Los dos conductores se conexionan a una alimentación de corriente continua: el polo positivo a la chapa de cinc, y el negativo a la pieza que se pretende galvanizar. Cerrado el circuito, va pasando el cinc de la solución a la superficie a recubrir, al mismo tiempo que la chapa se va disolviendo.

El cinc se emplea en aleaciones de cobre obteniendo latón y como material secundario en otras muchas aleaciones.

12.12.6 *Cromo*

Símbolo: Cr. Mineral: cromita. Peso específico: 7,2. Punto de fusión: 1 765 °C.

El cromo es muy resistente a la oxidación, por lo que se emplea en el recubrimiento de piezas de material oxidable, o para mejorar su presentación.

Por su gran dureza se emplea para el recubrimiento de piezas sometidas a desgaste, como puntos de fricción de cigüeñales de motores. El cromado o recubrimiento de piezas metálicas con una capa de cromo más o menos gruesa, se hace por procedimiento de electrólisis.

12.12.7 *Níquel*

Símbolo: Ni. Mineral: niquelina y garnierita. Peso específico: 8,7. Punto de fusión: 1 500 °C. Resistividad: 0,123.

Al igual que el cromo, el níquel es muy resistente a la oxidación, usándose para el recubrimiento de otros metales oxidables y para mejorar su aspecto.

El mejor procedimiento para el niquelado de piezas es el electrolítico, consiguiéndose un acabado brillante.

El níquel asociado con el cromo también se emplea para la fabricación de aceros especiales.

En electricidad se emplean aleaciones níquel-cromo en la fabricación de materiales para resistencias.

12.12.8 *Cadmio*

Símbolo: Cd. Mineral: grinokita. Peso específico: 8,6. Punto de fusión: 321 °C. Resistividad: 0,077.

El cadmio es un metal blanco algo azulado que suele hallarse asociado a los minerales de cinc. Aunque se emplea en algunas aleaciones, su aplicación más interesante consiste en el recubrimiento de otros metales oxidables, dándoles un buen aspecto. Muchos aparatos construidos en aceros y usados en electricidad y electrónica como soportes, chasis, bastidores, etc., están cadmiados.

12.12.9 *Cobalto*

Símbolo: Co. Mineral: eritrina y cobaltina. Peso específico: 8,71. Punto de fusión: 1 490 °C.

Es un metal resistente a la oxidación. Se emplea en aleaciones especiales y para el recubrimiento de otros metales por procedimiento electrolítico.

12.12.10 *Tungsteno o wolframio*

Símbolo: W. Mineral: wólfram. Peso específico: 19,2. Punto de fusión: 3 370 °C. Resistividad: 0,080.

El wolframio es un metal de muy difícil fusión, siendo su aspecto gris acerado. Es muy empleado en la fabricación de aceros especiales para herramientas de corte por su gran dureza y por poder trabajar con ellas a altas temperaturas.

En electricidad se emplea el wolframio en los filamentos de lámparas eléctricas, ya que la temperatura de estos filamentos alcanza hasta los 2 000 °C, y en algunos casos la sobrepasa.

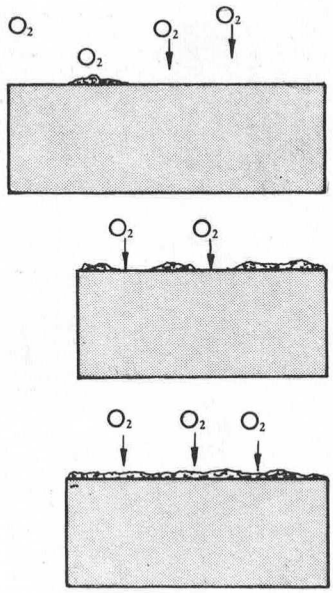


Fig. 12.10 Oxidación a temperatura ambiente.

12.12.11 *Mercurio*

Símbolo: Hg. Mineral: cinabrio. Peso específico: 13,6. Resistividad: 0,977.

El mercurio es un metal de color plateado y brillante y el único líquido a temperaturas ordinarias. Se emplea en gran número de trabajos científicos y en la construcción de termómetros y barómetros.

En electricidad se emplea el mercurio en la construcción de algunas lámparas en las que el vapor de mercurio juega un importante papel. También se emplea el mercurio en interruptores basculantes, consistentes en una ampolla de vidrio a la que se le han insertado unos contactos con conexiones al exterior. En el interior de la ampolla hay una cantidad de mercurio que, según la posición de dicha ampolla, abre o cierra el circuito. Es empleado también en algún tipo de rectificadores.

12.12.12 *Plata*

Símbolo: Ag. Mineral: arginosa, plata córnea (cloruro de plata) y galenas argentíferas. Peso específico: 10,50. Punto de fusión: 960 °C. Resistividad: 0,0163.

La plata está considerada como metal precioso y se usa desde siempre en joyería, ornamentación y fabricación de monedas.

La plata es el mejor conductor de la electricidad pero debido a su alto precio, solamente es empleada en contactos especiales y trabajos de laboratorio.

12.13 Propiedades químicas de los metales

En la industria eléctrica es muy importante tener en cuenta estas propiedades.

12.13.1 *Oxidación metálica*

El nombre que se da a este proceso tiene su origen en el hecho de ser el oxígeno quien normalmente reacciona con los metales, formando los óxidos metálicos.

Se utiliza la denominación *oxidación* siempre que el metal se combina con el oxígeno *en seco,* es decir, sin que medie la presencia del agua. Normalmente el metal se combina con el oxígeno del aire.

A temperatura ambiente este proceso es despreciable, pues las capas de óxido formadas tienen un espesor aproximado de una cienmilésima de milímetro. Además, la capa de óxido que se va formando impide la entrada de nuevo oxígeno (fig. 12.10).

El proceso se vuelve peligroso a altas temperaturas. Varias son las razones:

1.ª El metal se vuelve más reactivo y se combina mejor con el oxígeno.

2.ª La capa de oxígeno formada, a pesar de su espesor, ya no protege con eficacia porque se resquebraja; desde ese momento deja al descubierto el metal (fig. 12.11), continuando el proceso de oxidación.

Hay metales cuyos óxidos son poco protectores como el hierro, y otros cuyo óxido es muy protector, como el cromo y el aluminio.

12.13.2 *Aleaciones resistentes a la oxidación*

Cuando se ha de construir una estructura metálica que soportará temperaturas altas, se debería recurrir a metales resistentes a la oxidación. Resulta que estos metales suelen ser muy caros.

Como se ha dicho, el hierro que es un material barato no puede usarse porque se oxida fácilmente. La solución está en alear el hierro con metales que resistan la oxidación.

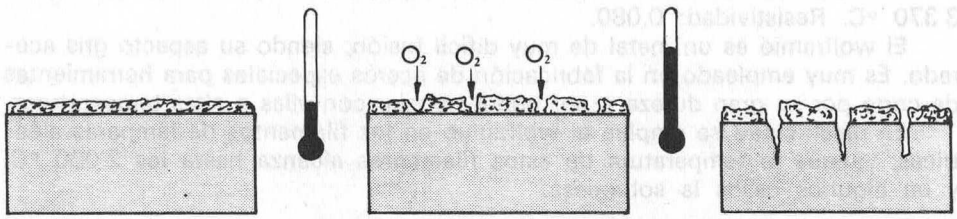


Fig. 12.11 Metales con óxido poco protector a altas temperaturas.

Así, los llamados aceros inoxidables 18/8 están constituidos por un 18 % de cromo, un 8 % de níquel y el resto de hierro. En estos aceros el cromo y el níquel se oxidan rápidamente a altas temperaturas y se forma una capa muy compacta que impide la entrada de oxígeno evitando así una mayor oxidación. Estos aceros son, por tanto, los más empleados en instalaciones metálicas sometidas a temperaturas altas (fig. 12.12).

Para construir resistencias eléctricas de calentamiento que han de resistir altas temperaturas se emplean aleaciones especiales, ya que los óxidos son, en general, malos conductores del calor.

Las aleaciones más empleadas como resistencia eléctrica son:

— Maillechort: Cu 60, Zn 25, Ni 15. Es utilizable hasta 400 °C.
— Constantán: Cu 60, Ni 40. Utilizable hasta 400 °C.
— Níquel-Cromo: Ni 80, Cr 20. Utilizable hasta 1 300 °C.

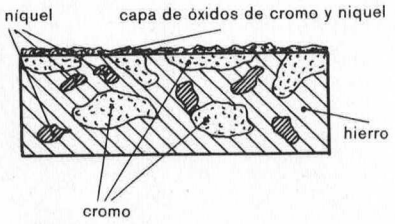


Fig. 12.12 Autoprotección de acero inoxidable.

12.13.3 *Corrosión*

Se estima que en Inglaterra se gastan alrededor de 60 000 millones de pesetas anuales en combatir la corrosión, y en Estados Unidos más de 300 000 millones. De la producción anual de acero, un 20 % se necesita para sustituir lo estropeado por la corrosión.

Se entiende por corrosión la oxidación del metal en presencia del agua.

A temperatura ambiente el mayor problema con los metales es protegerlos de la corrosión y no tanto de la oxidación.

12.13.3.1 *Condiciones para la corrosión*

1.ª Presencia de agua o humedad.
2.ª Presencia de oxígeno.

12.13.3.2 *Factores que activan la corrosión*

1.º La distancia en la tabla 12.13 de potenciales normales. A mayor distancia, mayor corrosión. Siempre se corroe el más negativo de los metales en contacto.

2.º Los ambientes industriales y marinos donde son muy abundantes los iones cloro, sulfato, sulfuro, carbonato, etc., que son muy agresivos.

Se van a estudiar, a continuación, varios casos de corrosión:

1.º Se tiene una barra de hierro y otra de cinc unidas entre sí y sumergidas en agua con un poco de ácido para que ésta se vuelva conductora (figura 12.14).

Como el cinc tiene un potencial más negativo que el hierro ($E°_{Zn} = -0{,}763$ V; $E°_{Fe} = -0{,}44$ V), aquél se corroerá y el hierro quedará intacto.

El alambre galvanizado (hilo de hierro recubierto de una capa de cinc) tiene su fundamento en este fenómeno; por tanto, sólo se corroerá la capa de cinc.

2.º Si en lugar de cinc se colocara una barra de estaño, el metal corroído sería el hierro ya que éste es más negativo ($E°_{Fe} = -0{,}44$ V; $E°_{Sn} = -0{,}136$ V).

Las chapas de hojalata (chapa de hierro recubierto de estaño) tienen el peligro de estropearse si queda dañada la capa de estaño (fig. 12.15).

Basta la humedad del aire para que el proceso de corrosión se inicie automáticamente.

3.º Es muy peligroso unir chapas de cobre con remaches de acero, debido a que la distancia entre ambos metales en la tabla 12.13 es muy grande.

En este caso se estropea el remache de hierro por estar en la parte superior de la tabla (fig. 12.16).

Tabla 12.13
Potenciales normales

Material	*E°*
Mg	−2,37 V
Al	−1,66 V
Zn	−0,763 V
Fe	−0,44 V
Cd	−0,403 V
Ni	−0,25 V
Sn	−0,136 V
Pb	−0,126 V
H	0,000 V
Cu	+0,337 V
O_2	+0,401 V
Ag	+0,799 V
Au	+1,5 V

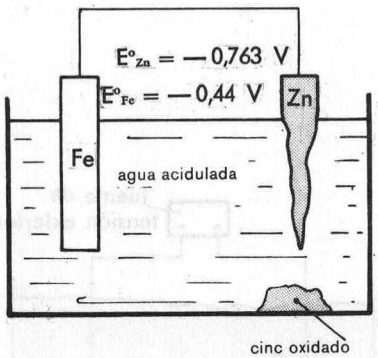


Fig. 12.14 Corrosión del cinc frente al hierro.

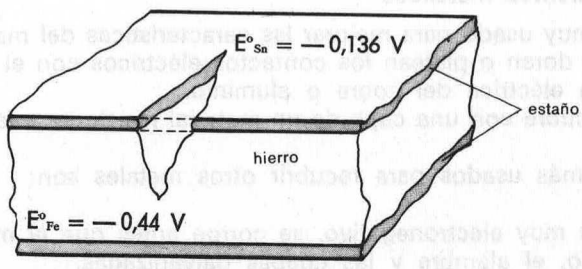


Fig. 12.15 Peligro de la hojalata.

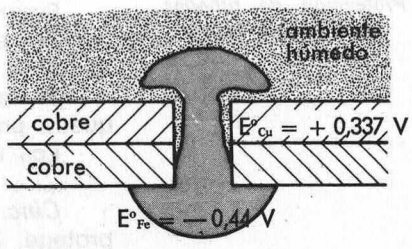


Fig. 12.16 Uniones de chapas con remaches de diferente material.

4.º Hay metales muy electronegativos que en ambientes normales apenas se corroen. Ello es debido a que la capa de óxido que se forma es muy compacta. Por ejemplo, el aluminio siempre tiene una capa de óxido ya que es muy electronegativo y debido a esta capa no se corroe más. Este fenómeno se llama *pasivado.*

12.13.4 *Aleaciones resistentes a la corrosión*

El acero es el material más empleado en la construcción, pero es poco resistente a la corrosión.

Para mejorar su resistencia a la corrosión se utilizan los aceros aleados, llamados inoxidables.

Estos aceros llevan grandes cantidades de cromo (18 al 20 %) y níquel (8 %). Los cristales de cromo producen óxido de cromo que preserva todo el material. Es decir, el acero inoxidable *se pasiva.*

Si por cualquier circunstancia se altera visiblemente parte de una pieza de acero inoxidable (por estar en una atmósfera con iones cloro, por ejemplo), basta rascar la parte alterada con una cuchilla para que inmediatamente se forme de nuevo la capa de óxido protectora.

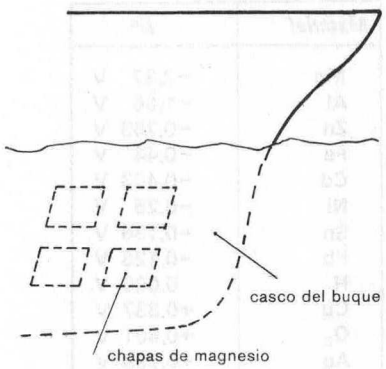


Fig. 12.17 Protección de los barcos contra la oxidación.

12.13.5 *Medios de protección contra la corrosión*

12.13.5.1 *Anodos de sacrificio*

Al hablar de la corrosión ha quedado patente que siempre se consume el material más electronegativo de los dos que están en contacto.

Si queremos proteger un metal es cuestión de unirlo a uno más electronegativo con lo cual se corroerá este último.

Por ejemplo, para proteger los cascos de los buques, que generalmente son de materiales férreos, se usan bloques de magnesio ($E^{o}_{Mg} = -2{,}374$ V) que tiene un potencial normal mucho más negativo que el hierro ($E^{o}_{Fe} = -0{,}44$ V) (fig. 12.17).

12.13.5.2 *Corriente impresa*

El hierro ($E^{o}_{Fe} = -0{,}44$ V) es más negativo que el cobre ($E^{o}_{Cu} = +0{,}337$ V) y por tanto se corroe el hierro cuando se ponen en contacto.

Si queremos preservar el hierro debemos colocarlo a un potencial más positivo que el cobre. Ello se logra mediante una corriente eléctrica exterior. Una vez conectada esta corriente, se corroe el cobre.

En la práctica se emplea acero inoxidable en lugar de cobre por sus mejores características (fig. 12.18).

Generalmente este tipo de protección no se emplea solo y se recurre también al pintado de las superficies que hay que proteger.

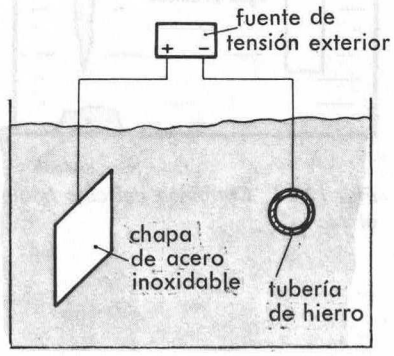


Fig. 12.18 Protección de tuberías por corriente impresa.

12.13.5.3 *Pasivado*

Si la capa de óxido formada sobre un material es suficientemente compacta, este material quedará aislado del ambiente corrosivo; así se detiene el proceso de corrosión.

Ejemplos muy destacados son el aluminio y el acero inoxidable de los que ya hemos hablado.

Con frecuencia el aluminio es tratado en cubas electrolíticas con el fin de aumentar artificialmente el espesor de la capa de óxido y lograr que sea más resistente a la corrosión.

12.13.5.4 *Recubrimientos metálicos*

Es un método muy usado para mejorar las características del material base. Así, por ejemplo, se doran o platean los contactos eléctricos con el fin de disminuir la resistencia eléctrica del cobre o aluminio.

Si un acero se cubre con una capa de un material resistente a la corrosión, queda protegido.

Los materiales más usados para recubrir otros metales son:

Cinc. Como es muy electronegativo, se corroe antes que el material que protege. Por ejemplo, el alambre y las chapas galvanizadas.

Níquel. Resiste muy bien las influencias químicas perniciosas.

Cromo. Se emplea como endurecedor superficial, como protector de la corrosión y como embellecedor.

Estaño. Se utiliza para recubrir el cobre.

Como el estaño no es venenoso, se emplea también para recubrir la chapa de hierro de los botes de alimentos; es la hojalata.

12.13.5.5 *Recubrimientos no metálicos*

Entre los recubrimientos no metálicos hay que distinguir los aceites y grasas y las pinturas.

a) *Aceites y grasas.* Se emplean cuando se deben almacenar piezas. Tanto los aceites como las grasas no deben atacar al metal. Suelen emplearse aceites y grasas minerales.

b) *Pinturas.* Tienen la misión de proteger y embellecer. Se aplican sobre la superficie limpia y seca del material.

12.13.5.6 *Otros recubrimientos*

Los metales también se recubren de plásticos, caucho, cementos y vidrio. La función protectora es evidente.

Por ejemplo: los componentes electrónicos como transistores, tiristores, circuitos integrados, se encapsulan en plástico, cerámica, cápsulas metálicas aisladas del elemento con resina conductora del calor.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Dibuja un alto horno con todas sus fases.
— Cita alguna riqueza, en tanto por ciento, de los minerales de hierro.
— Dibuja las formas comerciales de los aceros y pon al pie de cada figura su nombre comercial.
— El cobre en su función de conductor eléctrico.
— El estaño en la soldadura.
— Estudio sobre los diversos conductores.
— Haz una comparación entre la resistividad de los distintos metales.
— Proceso a seguir para el pintado de una superficie metálica.
— Procedimientos para recubrir metálicamente una superficie con objeto de hacerla resistente a la corrosión.

CUESTIONARIO

12.1 ¿Cuál es el símbolo y las características del hierro?
12.2 ¿Sabrías citar algún mineral de hierro?
12.3 ¿Cuál es la función del alto horno?
12.4 ¿Cómo se clasifican los aceros modernos?
12.5 ¿En qué se distingue un alto horno de un convertidor?
12.6 ¿En qué se distingue un alto horno de un cubilote?
12.7 ¿Sabrías distinguir entre una palanquilla y un llantón, si los dos productos se presentan en bruto?
12.8 ¿Cómo se presenta el cobre en la industria?
12.9 Explica la obtención del cobre.
12.10 ¿Qué es una aleación?
12.11 ¿Se usa en electricidad el latón? ¿Dónde?
12.12 ¿Para qué se emplea el estaño?
12.13 ¿Cómo se usa el estaño para la soldadura?
12.14 ¿En qué se usa el cadmio? ¿Y el wolframio?
12.15 ¿Para qué usos eléctricos se prefiere la plata?
12.16 ¿Qué es el galvanizado?
12.17 ¿Por qué el hierro se corroe tan fácilmente?
12.18 El aluminio, ¿se oxida?, ¿se corroe?
12.19 El cobre es más electropositivo que el hierro. ¿Puede hacerse, de alguna manera, que el hierro no se corroa y sí el cobre?
12.20 Si el cobre se une con el estaño, ¿queda protegido el cobre?
12.21 ¿A qué metales tendría que unirse el cobre para que éste fuera corroído?

Tema 13. **Identificación de materiales**

OBJETIVOS

— *Facilitar el conocimiento e identificación de los materiales más empleados en electricidad.*
— *Conocer los materiales, de una manera aproximada, por su aspecto.*
— *Conocer los ensayos mecánicos y tecnológicos más importantes.*
— *Interpretar datos referentes a características de los metales en los planos y en los manuales de materiales.*
— *Tener una idea de los materiales empleados ordinariamente en los objetos de más frecuente uso.*

GUION

— Identificación por las apariencias.
— Identificación por las características.
— Identificación por características mecánicas.

PUNTOS CLAVE

— Conocer las características de materiales fundamentales en la industria: acero, fundición de hierro, bronces, latones, aleaciones de aluminio, plásticos.
— Interpretación de planos y manuales respecto a los materiales y sus características.

EXPOSICION DEL TEMA

13.1 **Identificación por las apariencias**

El color, la terminación superficial, la forma exterior pueden darnos una idea del material que conforma una pieza, pero sólo de una manera general y aproximada. Podremos decir si es de acero o de fundición; de aluminio o de aleaciones ligeras; de cobre o de sus aleaciones; si la pieza está niquelada o pintada; si se ha obtenido por elaboración mecánica, por fusión o por forja, etc.

Pero esta información no es suficiente para indicar el material de que está hecha la referida pieza.

Para conocer las características de una pieza hay que recurrir a ensayos más serios que los de la simple observación.

La elección del material más adecuado para un fin determinado exige el conocimiento de sus propiedades técnicas.

Estas se refieren:

1.° A sus características físicas y químicas.

2.° A la aptitud que posean para su deformación en frío o en caliente, para su maquinabilidad, templabilidad, soldabilidad, etc.

3.° A su resistencia o capacidad para soportar solicitaciones mecánicas.

13.2 **Identificación por las características**

Los ensayos de materiales suministran toda esta información. Estos ensayos se hacen con probetas normalizadas, con productos semiacabados o incluso con piezas o elementos ya terminados.

Pueden ser destructivos o no.

Se basan en métodos químicos, físicos, físico-químicos, metalográficos y mecánicos.

13.2.1 *Ensayos químicos*

Son los empleados para conocer la composición química y su resistencia a los agentes químicos.

13.2.2 *Ensayos físicos*

Los que se emplean para determinar las características físicas de densidad, conductibilidad, propiedades magnéticas, etc.

También sirven los ensayos físicos para determinar grietas, rechupes, impurezas, etc.

13.2.3 *Ensayos metalográficos*

Son los realizados, a través del microscopio, para determinar la estructura del material y también conocer los efectos producidos por los tratamientos térmicos.

13.2.4 *Ensayos mecánicos*

Los empleados para conocer las características de elasticidad y resistencia de los metales y el comportamiento en operaciones mecánicas.

Suelen ser de tipo destructivo, estáticos (con cargas progresivamente crecientes) o dinámicos (con cargas instantáneas o de choque).

13.3 Identificación por las características mecánicas

Para conocer las características mecánicas se emplean principalmente los ensayos de *tracción, resiliencia, dureza* y los *tecnológicos.*

13.3.1 *Ensayo de tracción*

Se hace este ensayo con probetas (trozos de material preparado).

Las probetas tienen la forma de la figura 13.1. Pueden ser largas: $L_o = 10 \cdot d_o$ ó cortas: $L_o = 5 \cdot d_o$.

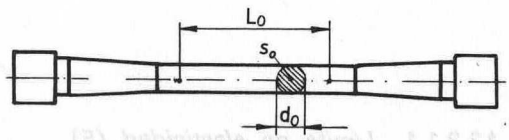


Fig. 13.1 Probeta para ensayos de tracción.

Se emplean máquinas como las de las figuras 13.2 y 13.3, con las que se estira lentamente la probeta hasta su rotura.

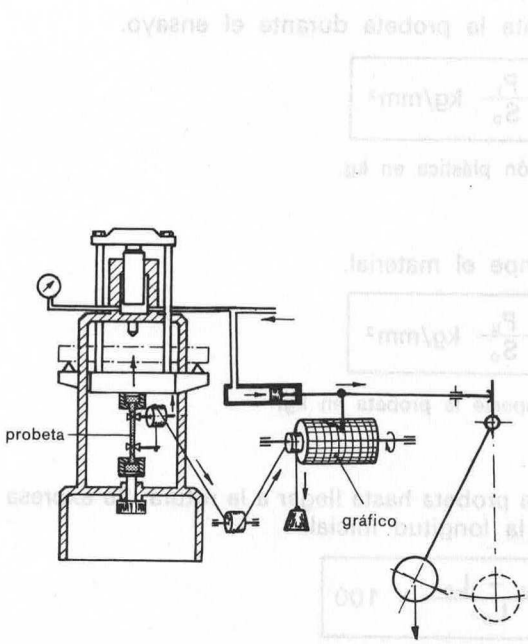


Fig. 13.2 Esquema de máquina de ensayo de tracción.

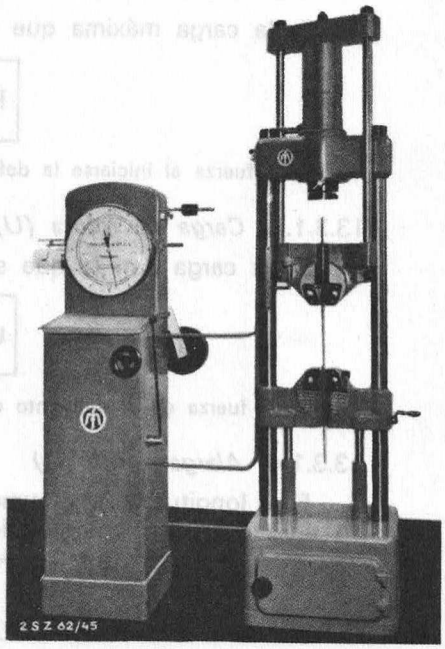


Fig. 13.3 Máquina de ensayo universal: tracción, compresión y flexión.

Recogidos en un gráfico* los valores simultáneos de las cargas y de los alargamientos, se obtienen curvas semejantes a las de la figura 13.4, cuyo estudio o análisis proporciona, entre otras, las características siguientes:

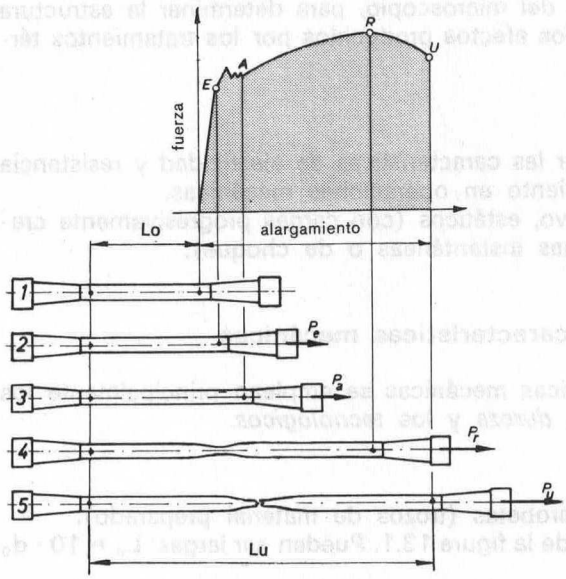


Fig. 13.4 Gráfico obtenido en el ensayo de tracción. Aspectos de la probeta en distintos momentos: 1, antes del ensayo; 2, en el límite elástico; 3, en el principio de fluencia; 4, en el momento de máxima carga; 5, en la rotura.

13.3.1.1 *Límite de elasticidad (E)*

Es la carga, más allá de la cual, la probeta no recobra su longitud primitiva.

$$E = \frac{P_e}{S_o} \text{ kg/mm}^2$$

P_e = fuerza en kg;
S_o = sección en mm² de la probeta.

13.3.1.2 *Resistencia a la tracción (R)*

Es la carga máxima que aguanta la probeta durante el ensayo.

$$R = \frac{P_r}{S_o} \text{ kg/mm}^2$$

P_r = fuerza al iniciarse la deformación plástica en kg.

13.3.1.3 *Carga de rotura (U)*

Es la carga con la que se rompe el material.

$$U = \frac{P_u}{S_o} \text{ kg/mm}^2$$

P_u = fuerza en el momento de romperse la probeta en kg.

13.3.1.4 *Alargamiento (A)*

Es la longitud en que aumenta la probeta hasta llegar a la rotura. Se expresa en un tanto por ciento referido a la longitud inicial.

$$A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$$

L_o = longitud inicial de la probeta antes del ensayo en mm;
L_u = longitud de la probeta estirada en el momento de la rotura expresada en mm.

13.3.2 *Ensayo de resiliencia*

Se emplea este ensayo para saber la tenacidad del material sujeto a esfuerzos bruscos o choques violentos y para comprobar el comportamiento de los materiales con entalladuras que producen concentración de esfuerzos.

En las figuras 13.5 y 13.6 se ve una probeta normal y una de las máquinas más empleadas, llamada péndulo de Charpy, respectivamente.

El valor

$$\rho = \frac{T_o - T_u}{S_o} \text{ kg/cm}^2$$

sólo es informativo y, en igualdad de condiciones, comparativo. Es un ensayo muy importante para saber el efecto de los tratamientos térmicos.

Este ensayo nos da el valor de la resiliencia.

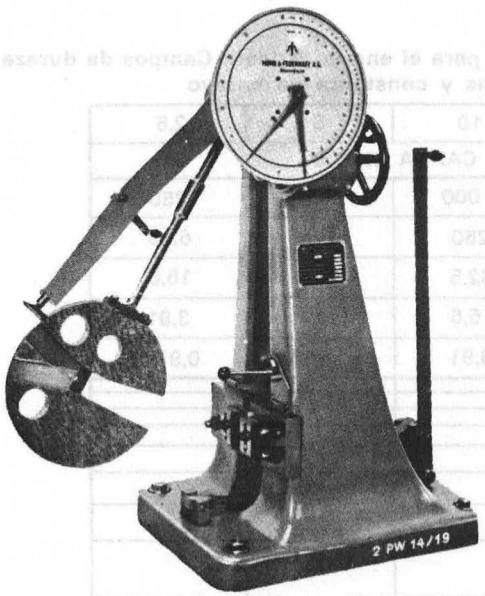


Fig. 13.6 Péndulo de Charpy.

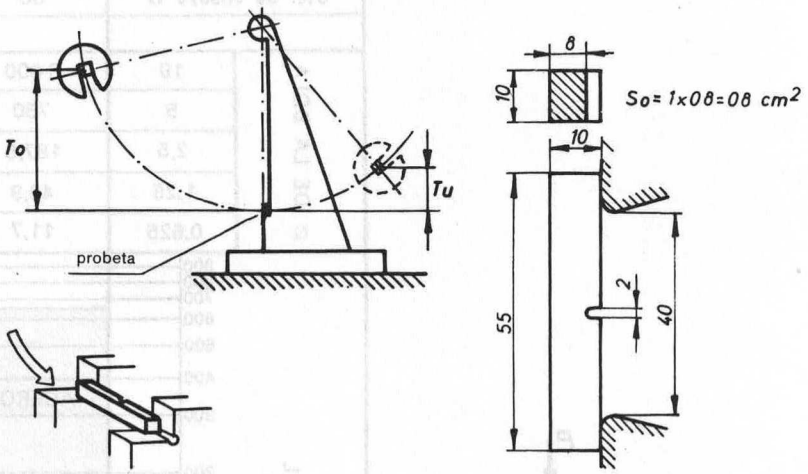


Fig. 13.5 Probeta de resiliencia y esquema de ensayo.

13.3.3 *Ensayo de dureza*

En sentido amplio, dureza es la resistencia superficial a la penetración. A continuación se exponen cinco ensayos de dureza.

13.3.3.1 *Con lima*

Es un ensayo basado en la resistencia al rayado. Se emplea para ello una lima fina que se aplica contra la pieza, observando, a la par, si resbala fácilmente, o si por el contrario arranca virutas.

13.3.3.2 *Brinell*

Es un ensayo basado en la resistencia a la penetración. Una bola de 10 mm se oprime contra el material a ensayar, con una fuerza progresiva hasta llegar a los 3 000 kg, la cual produce una huella, en forma de casquete esférico (figura 13.7A) tanto mayor cuanto menos duro sea el material.

La dureza se expresa por un número, cuyo valor es:

$$HB = \frac{\text{carga de ensayo}}{\text{superficie casquete}} \text{ kg/mm}^2$$

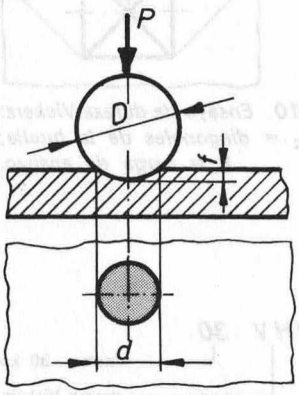


Fig. 13.7A Ensayo de dureza Brinell: D = diámetro de la bola; d = diámetro de la huella; P = carga del ensayo; f = flecha o profundidad de la huella.

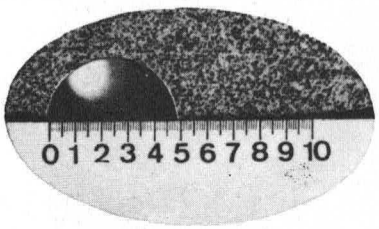


Fig. 13.7B Medición del diámetro de la huella (con lente de aumento).

Las fórmulas empleadas son:

$$HB = \frac{P}{\pi D^2 f} \quad \text{o} \quad HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

con los valores que aparecen en la figura 13.7A, en figura 13.7B medida de la huella.

La designación de este ensayo se hace escribiendo el número de dureza seguido de las letras *HB* y de las características del ensayo bola/carga/tiempo: *110 HB 5/250/30* (fig. 13.8).

Se pueden emplear penetradores varios según los materiales. (Véase la tabla 13.9). Pero guardando siempre una relación constante entre la carga de ensayo *P* y el cuadrado del diámetro de la bola, que llamamos

$$Q = \frac{P}{D^2}$$

Para la práctica del ensayo y detalles, véase la Norma UNE 7 017.

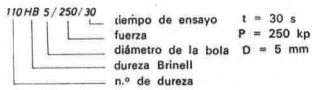
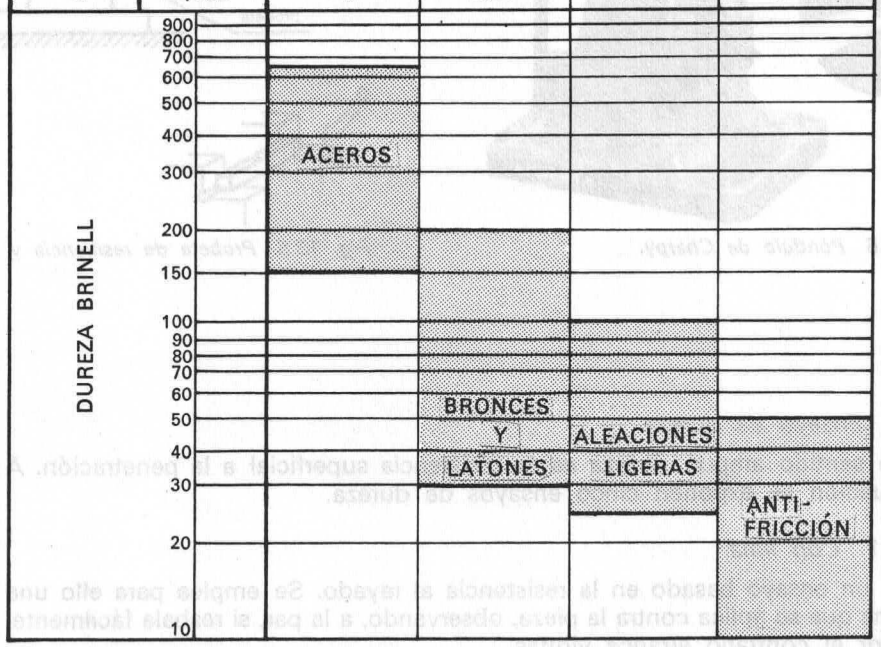


Fig. 13.8 Significado de los símbolos de la designación de la dureza Brinell.

Tabla 13.9 Cargas, diámetros de la bola para el ensayo Brinell. Campos de dureza de los diversos materiales y constante de ensayo

Cte. de ensayo Q		30	10	5	2,5
		CARGA EN KG			
Ø DE LA BOLA	10	3 000	1 000	500	250
	5	750	250	125	62,5
	2,5	187,5	62,5	31,2	15,6
	1,25	46,9	15,6	7,81	3,91
	0,625	11,7	3,91	1,953	0,977



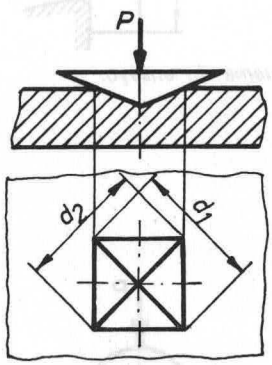


Fig. 13.10 Ensayo de dureza Vickers: d_1 y d_2 = diagonales de la huella; P = carga de ensayo.

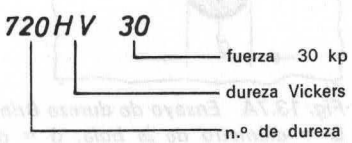


Fig. 13.11 Significado de los símbolos en la designación de la dureza Vickers.

13.3.3.3 *Vickers*

Es similar al ensayo Brinell pero con penetrador de diamante piramidal y con cargas más pequeñas (fig. 13.10).

Suple al Brinell para piezas delgadas y materiales muy duros.

La dureza se expresa con un número, seguido de las letras *HV* y la carga en kg: *720 HV 30* (fig. 13.11).

Para detalles del ensayo véase la Norma UNE 7 054.

13.3.3.4 *Rockwell*

Es otro ensayo que se ideó para conocer la dureza más rápidamente que con los ensayos Brinell y Vickers (fig. 13.12).

El penetrador puede ser un cono de diamante o una bola.

La dureza se mide directamente con un reloj comparador incorporado a la máquina.

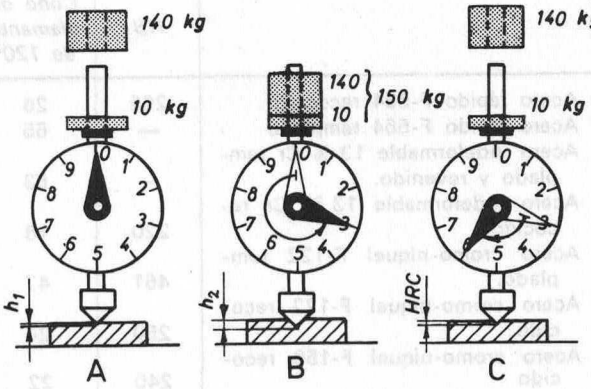


Fig. 13.12 Esquema del ensayo Rockwell: A, *precarga de 10 kg, puesta a cero;* B, *carga principal 140 kg, penetración máxima;* C, *retirada de la carga principal, retroceso de la aguja y lectura del número* HR.

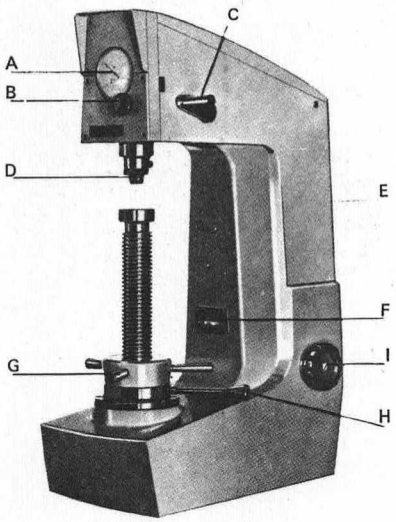


Fig. 13.15 Máquina de ensayo de dureza Rockwell (durómetro): A, *indicador de medida;* B, *dispositivo de puesta a cero;* 3, *palanca de aplicación de carga;* D, *pisador y mecanismo de penetración;* E, *puerta;* F, *regulador de velocidad;* G, *mecanismo de sujeción;* H, *mando de maniobra rápida;* I, *dispositivo aplicador de cargas.*

Pueden emplearse varias escalas, que corresponden a penetradores y cargas distintas. En la tabla 13.13 quedan resumidas.

Véase la Norma UNE 7 053, para detalles del ensayo.

Se designa la dureza con un número (el leído en el reloj) seguido de las letras *HRC,* (*C* = cono) o *HRB* (*B* = bola) seguido de la carga total de ensayo: *54 HCR 150* ó *43 HRB 100* (fig. 13.14).

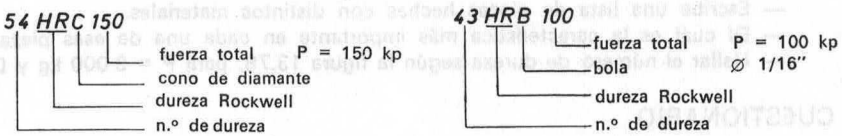


Fig. 13.14 Significado de los símbolos en la designación de la dureza Rockwell.

En la figura 13.15 se muestra una máquina para este ensayo.

13.3.3.5 *Shore*

En este ensayo se mide la dureza por la altura de rebote de una pequeña pesa, dejada caer desde cierta altura fija (figs. 13.16 y 13.17).

La tabla 13.18 presenta la dureza de algunos materiales en diversos estados de acuerdo con los ensayos arriba explicados.

En la tabla 13.19 se reproduce una hoja de características referidas al acero F-114. En ella aparecen las características y las aplicaciones de este acero. Estos valores pueden servir tanto para elegir el material destinado a un uso determinado, como para comprobar si una pieza, o material, es o no es lo que se dice ser, haciendo los ensayos correspondientes.

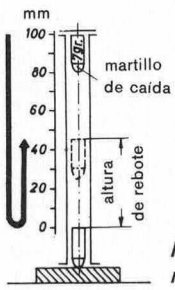


Fig. 13.16 Esquema de ensayo Shore.

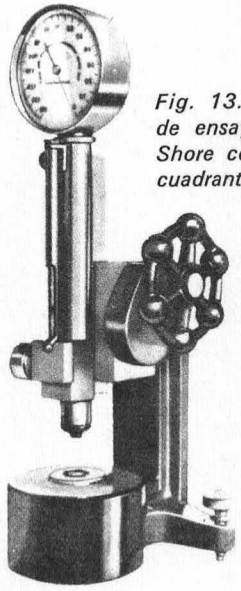


Fig. 13.17 Aparato de ensayo de dureza Shore con lectura en cuadrante.

Tabla 13.13 Escalas de dureza Rockwell

Escalas de dureza Rockwell														
	Normal								*Superficial*					
Escala	C	D	B	A	E	F	G	K	N	N	N	T	T	T
Carga Kg.	150	100	100	60	100	60	150	150	15	30	45	15	30	45
Penetrador	diam. 120º	diam. 120º	bola 1/16"	diam. 120º	bola 1/18"	bola 1/16"	bola 1/16"	bola 1/18"	diam. 120º	diam. 120º	diam. 120º	bola 1/16"	bola 1/16"	bola 1/16"
Denominación	C	D	B	D	E	F	G	K	15N	30N	45N	15T	30T	45T

Tabla 13.18 Dureza de algunos materiales

Materiales	*Durezas aproximadas*				
	Brinell	*Rockwell*		*Vickers*	*Shore*
		C	*B*		
	HB	*Cono de diamante de 120°*	*Bola de 1/16"*	*HU*	
Acero rápido F-554 recocido.	260	26	103	271	37
Acero rápido F-554 templado	—	65	—	820	—
Acero indeformable 13 % Cr templado y revenido.	—	63	—	780	—
Acero indeformable 13 % Cr recocido.	220	18	96	217	31
Acero cromo-níquel F-122 templado.	461	47	116	471	63
Acero cromo-níquel F-122 recocido	250	24	102	257	36
Acero cromo-níquel F-156 recocido	240	22	99	246	34
Acero cromo-níquel F-156 templado para cementación.	600	59	—	675	—
Bronce 90 % Cu 10 % Sn.	80	—	47	80	—
Bronce 84 % Cu 16 % Sn.	117	—	69	117	—
Latón 90 % Cu 10 % Sn.	52	—	—	52	—
Bronce-aluminio 90 % Cu 10 % Al.	120	—	70	120	—
Cuproníquel 80 % Cu 20 % Ni	47	—	—	47	—

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Escribe una lista de piezas hechas con distintos materiales.
— Dí cuál es la característica más importante en cada una de esas piezas.
— Hallar el número de dureza según la figura 13.7B, para P = 3 000 kg y D = 10 mm.

CUESTIONARIO

13.1 ¿Cuáles son las características mecánicas principales?
13.2 ¿Con qué ensayo sabemos si un material es o no frágil?
13.3 ¿Es interesante que un material se alargue antes de romperse? ¿Por qué?

VOCABULARIO TECNICO

Gráfico (o *gráfica):* Es la representación de datos numéricos o resultados de proceso de cualquier clase, por medio de una o varias líneas que hacen visible la relación que esos datos guardan entre sí.

BIBLIOGRAFIA

APRAIZ BARREIRO J., *Aceros especiales,* Dossat, Madrid 1966.
ARIAS-LASHERAS, *Tecnología Mecánica y Metrotecnia,* Ediciones Cedel.
BACHMANN A.-FORBERG R., *Dibujo Técnico,* Labor, Barcelona 1970.
BARTSCH W., *Herramientas máquinas de trabajo,* Reverté, Barcelona 1971.
BENDIX, *Alrededor del trabajo de los metales,* Reverté, Barcelona 1965.
BESANCET F.-MEROZ R., *Outillage et métrologie,* Fédération des Ecoles de Mécanique et d'Electricité de Suisse, Neuchâtel.
COMPAIN L., *Metrología de Taller,* Urmo, Bilbao 1970.
DANOWSKY H., *Manual práctico de Tecnología Mecánica,* Gustavo Gili, Barcelona 1971.
DIN, *Normas fundamentales para la técnica mecánica,* Balzola, Bilbao 1970.
E. P. S., *Tecnología Mecánica,* Tomos primero y segundo, Librería Salesiana, Barcelona 1965.
F. P. C. T.. *Carpenteria lavorazioni,* Vallecchi, Florencia 1968.
GERLING H., *Alrededor de las Máquinas Herramientas,* Reverté, Barcelona 1964.
HENRY FORD TRADE SCHOOL, *Teoría del taller,* Gustavo Gili, Barcelona 1966.
LECOEUR E., *Trazado y otros trabajos del ajustador mecánico,* Tecnología de las fabricaciones mecánicas, fascículo 2, Ediciones TEA, Madrid 1959.
LEYENSETTER A., *Tecnología de los oficios metalúrgicos,* Reverté, Barcelona 1974.
LUQUE M., *Tolerancias, ajustes y roscas normalizadas,* Ediciones Melendo Luque, Sevilla 1963.

Tabla 13.19 Características de un acero F-114. Reproducción de la página de un manual de aceros

DESIGNACIÓN: ACERO AL CARBONO-DURO F-114

DENOMINACIÓN DE DIFERENTES ACERERÍAS
I.H.A. F-114
Echevarría «Heva» S
Echevarría «Bellota» EC 4 EC 5
Hamsa F 5
Llodio LC 4
Reinosa o Naval R
Forjas alavesas Forcabo 45

CATEGORÍA ESPAÑOLA

Serie	*Grupo*	*Tipo*	*I.H.A. antiguo*
	F-110	Aceros al carbono	145

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Forja	*Recocido*		*Temple*		*Cementación*	*Revenido*
°C	*°C*	*Enfriamiento*	*°C*	*Enfriamiento*	*°C*	*°C*
1 100 850	710 730	Al aire	825 845	Al agua		550 650
Normalizado: 860°-880 °C Recocido de regeneración: 835°-855 °C Nitruración						
Otros datos:						

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Observaciones	*R* *Resistencia* *Kgs/mm²*	*E* *Elasticidad* *Kgs/mm²*	*A* *Alargamiento* %	Σ *Estricción* %	ρ *Resistencia* *Kgs/cm²*	*Durezas*		
						Brinell	*Rockwell C*	*Vickers*
Templado y revenido	65-70	40-45	16-13		10-7	165-185		
Con acritud	70	42	13		6	190-210		
Normalización	65-70	40-45	14-12		10-7	185-210		

COMPOSICIÓN QUÍMICA

C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	Mo %	Va %	W %	Co %	S %	P %	Al %	Pb %	Cu %	Ti %
0,40 0,50	0,15 0,30	0,40 0,70							< 0,05	< 0,05				

APLICACIONES

Ejes y elementos de máquina. Transmisiones, cilindros de motores de explosión, piezas de bastante resistencia sin gran responsabilidad. Es más templable que el tipo 113.

MATA J., ALVAREZ C. y VIDONDO T., *Técnicas de Expresión Gráfica/1,* Bruño-Edebé, Barcelona 1976.

NEY J., *Mecánica y metalurgia,* Urmo, Bilbao 1968.

Normas UNE, Instituto Nacional de Racionalización y Normalización, Madrid.

OTI-EPS, *Ajuste 1. Ejercicios prácticos,* Ediciones Don Bosco, Barcelona.

— *Problemas I. Familia mecánica,* Ediciones Don Bosco, Barcelona 1973.

PECIÑA J., *Rama del Metal, Tecnología, Curso Primero,* Centro Nacional de Formación del Profesorado y Monitores, Madrid 1968.

RODRIGUEZ E., *El trazado en el taller mecánico,* CEAC, Barcelona 1965.

ROSSI M., *Estampado en caliente de los metales,* Hoepli, Científico-Médica, Barcelona.

SCHIMPKE P., *Tratado general de soldadura,* Gustavo Gili, Barcelona.

SCHROCK J., *Montaje, ajuste, verificación de elementos de máquinas,* Reverté, Barcelona 1965.

SCULLY J. y C., *Fundamentos de la corrosión,* Alhambra, Madrid 1968.

STRANEO S. L.-CONSORTI R., *El dibujo técnico mecánico,* Uteha, Barcelona 1965.

VAN GELDER T. J., *Curso de Formación Profesional,* Urmo, Bilbao 1971.

— *Curso de Formación Profesional (Oficial Mecánico),* Ediciones Urmo, Bilbao 1971.

VARELA F., *Control de calidad,* Ediciones Don Bosco, Barcelona 1973.

WIECZOREK-LEBEN, *Tecnología fundamental para el trabajo de los metales,* Gustavo Gili, Barcelona 1967.

9. Conocimientos básicos de física eléctrica

Tema 14. Nociones de electricidad y magnetismo

OBJETIVOS

— *Conocimiento elemental de la teoría atómica y fundamentos de la conducción eléctrica.*

— *Idea clara sobre lo que constituye una corriente eléctrica.*

— *Ideas fundamentales sobre el magnetismo, sus aplicaciones y creación artificial.*

GUION

— Qué es la electricidad.
— Teoría atómica.
— Carga eléctrica (ley de Coulomb).
— Cómo se puede producir electricidad.
— Movimiento de electrones.
— Corriente eléctrica: sentido, clases y efecto.
— Qué es el magnetismo.

PUNTOS CLAVE

— La teoría atómica, el electrón y su carga.
— Conocimiento de las diversas formas de producir electricidad.
— La corriente eléctrica, su sentido y los convenios adoptados.
— Conceptos de polos y campos magnéticos, líneas de fuerza e intensidad de campo.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Sería muy conveniente el estudio previo de los capítulos paralelos de Física, cuyos conceptos son base de este tema.

EXPOSICION DEL TEMA

14.1 Qué es la electricidad

Resulta paradójico el desconocimiento que el usuario tiene de la electricidad en comparación con el frecuente uso que de ella hace en la vida cotidiana; basta citar la televisión, la radio, el cine, la luz, el ascensor, la lavadora, la nevera, etc., relacionados todas ellas con la electricidad.

Los primeros atisbos de su conocimiento asoman ya en la antigua Grecia, cuando se comprobó que, al frotar determinadas sustancias, se producían en ellas características de atracción que antes no poseían. Es el mismo experimento que ahora se puede hacer frotando, por ejemplo, un bolígrafo con un paño; acercándolo luego a pedacitos de papel, los atrae hacia sí, como es característica de cuerpos electrizados (fig. 14.1).

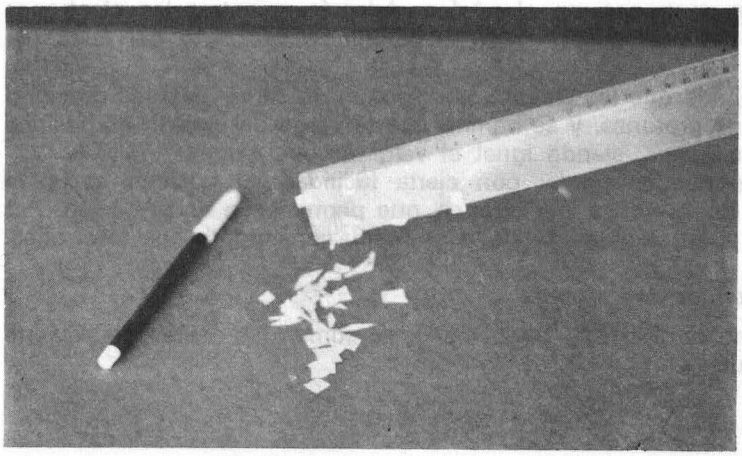


Fig. 14.1 Propiedades eléctricas.



Fig. 14.2 Atracción eléctrica.

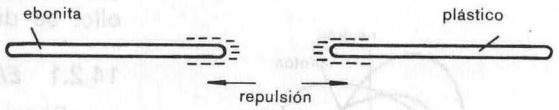


Fig. 14.3 Repulsión eléctrica.

No todos los materiales pueden adquirir tal propiedad o en igual medida. Se atraen, por ejemplo, una barra de ebonita y otra de vidrio (fig. 14.2). Se repelen, sin embargo, dos barras de vidrio o dos de ebonita (fig. 14.3).

La experiencia ha demostrado la existencia de dos clases distintas de electrización: a una se le llama positiva (+); a la otra, negativa (−).

Si antes de empezar las experiencias, se aproximan las barras de ebonita y vidrio y de vidrio y vidrio, se comprobará que no existe electrización ninguna, pues no hay ni atracción ni repulsión. Así pues, se llega a la conclusión de que la electrización se produce por el frotamiento y de que existe algún agente común que no se comporta de igual forma en ambos materiales.

Efectivamente, una partícula llamada electrón abandona en unos casos la barra, por acción del frotamiento (fig. 14.4A), y otras veces abandona el paño para pasar a la barra (fig. 14.4B).

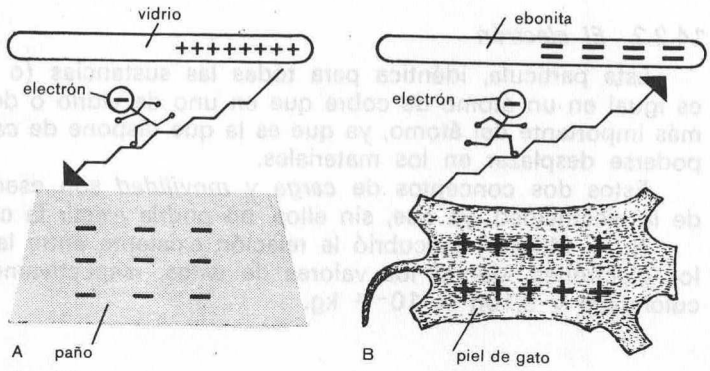


Fig. 14.4 Electrización de materiales por frotamiento.

Por todo ello se puede afirmar que no se ven los electrones pero sí se notan sus efectos: *la electricidad.*

Por consiguiente, para conocer cuál es el proceso eléctrico en una materia, es necesario conocer las propiedades del electrón; para ello, hará falta estudiar someramente la teoría atómica.

14.2 Teoría atómica

Cualquier clase de material está compuesto de *moléculas,* que son las partes más pequeñas de materia que mantienen las propiedades físicas. Son tan pequeñas que resultan imposibles de ver ordinariamente. Con ayuda del microscopio, sin embargo, se pueden estudiar bien; se advierte, incluso, que, a su vez, la molécula está compuesta de átomos; y aun éstos, de partes más diminutas, llamadas *protones, neutrones* y *electrones.* En la figura 14.5 se ve la disposición de tales partículas: los electrones se encuentran en la corteza;

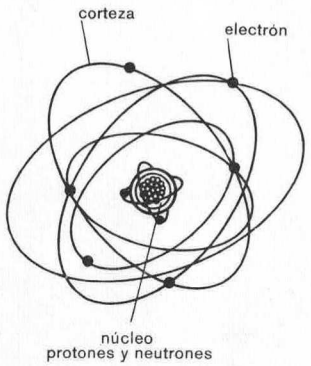


Fig. 14.5 El átomo.

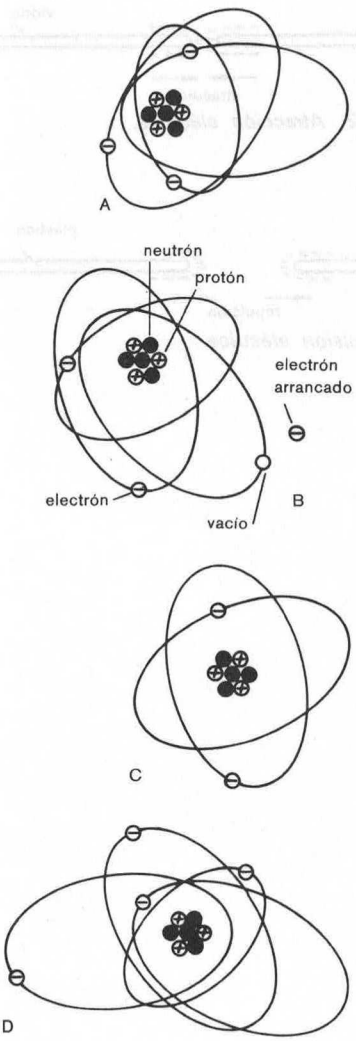


Fig. 14.6 Balance de cargas de un átomo: A, *átomo neutro;* B, *átomo electrizado por frotamiento;* C, *catión;* D *anión.*

los protones y los neutrones, en el núcleo. Además, mientras los electrones orbitan alrededor del núcleo, éste permanece inmóvil respecto del resto del material.

Se ha comprobado que los electrones disponen de carga eléctrica de signo contrario a la de los protones, y se admite que la carga del protón es positiva y la del electrón negativa, siendo igual el valor de sus cargas.

Los electrones pueden perder con cierta facilidad su posición respecto del átomo; no así los protones y neutrones, que permanecen en el núcleo. Por ello, se dice que la electricidad se debe al desplazamiento de los electrones.

14.2.1 *Electrización de los átomos*

Si en un átomo de litio (Li) (fig. 14.6A), se suman las cargas, se advierte que la total es nula:

$$3(+) + 3(-) = 0$$

ya que unas contrarrestan a las otras. Supóngase que, al frotar fuertemente este material, se consigue arrancarle un electrón de su última órbita (fig. 14.6B); en este momento, el balance de cargas ya no será nulo, pues el núcleo mantiene sus 3 protones y la corteza tan sólo 2 electrones (fig. 14.6C) y, por tanto:

$$3(+) + 2(-) = 1(+)$$

Se dirá que dicho átomo ha quedado cargado positivamente, o que se ha convertido en un catión (ion positivo).

De igual forma se podrá pensar en añadir un electrón, con lo que el balance de cargas saldría negativo (fig. 14.6D):

$$3(+) + 4(-) = 1(-)$$

En este caso, al átomo se le llama *anión* (ion negativo).

Se apreciará que, quitando o añadiendo electrones, electrizamos el átomo y, en consecuencia, la materia, como se había afirmado en el apartado 14.1.

14.2.2 *El electrón*

Esta partícula, idéntica para todas las sustancias (o sea, que el electrón es igual en un átomo de cobre que en uno de vidrio o de madera, etc.), es la más importante del átomo, ya que es la que dispone de *carga* y *movilidad* para poderse desplazar en los materiales.

Estos dos conceptos de *carga* y *movilidad* son esenciales en el estudio de la electricidad, ya que, sin ellos, no podría existir la corriente eléctrica.

R. A. Millikan descubrió la relación existente entre la carga y la masa de los electrones, siendo los valores de éstos, respectivamente, $1{,}602 \times 10^{-19}$ culombios y $9{,}106 \times 10^{-31}$ kg.

14.3 Carga eléctrica (ley de Coulomb)

Repetidas veces se ha mencionado, en los apartados anteriores, la expresión *carga,* que se podría calificar con el adjetivo *eléctrica;* en este apartado, se dará una idea de la misma.

14.3.1 *Definición*

Se denomina *carga eléctrica* la cantidad de electricidad en un cuerpo, es decir, el exceso o defecto de electrones.

14.3.2 *Medida de la carga*

Para poder determinar cuál de dos cuerpos está más cargado, es necesario definir la unidad de carga; el electrón podría parecer la mejor unidad, pero la carga que tiene es muy pequeña; en consecuencia, se tomó el *culombio* como unidad de carga eléctrica (Sistema Giorgi o M. K. S.).

El culombio es una carga equivalente a $6{,}3 \times 10^{18}$ electrones.

El nombre de culombio se debe al descubridor de la ley fundamental de electrostática, Charles de Coulomb (1736-1806).

14.3.3 *Ley de Coulomb*

Una forma sencilla de medida de la carga eléctrica es la aplicación inmediata de la ley de Coulomb.

Supóngase dos cuerpos cargados; si se conoce la carga de uno, la del otro se puede saber midiendo la fuerza con que se atraen o repelen estos cuerpos; hay, para esto, instrumentos adecuados (dinamómetros, etc.).

La ley de Coulomb dice: *La fuerza con que se atraen o repelen dos cargas eléctricas es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa* (fig. 14.7).

Matemáticamente responde a la siguiente ecuación:

$$F = k \cdot \frac{Q \cdot Q'}{r^2}$$

donde:

- F = la fuerza de atracción o repulsión,
- k = $1/4 \cdot \pi \cdot \varepsilon$ es la constante de proporcionalidad; ε depende del medio en el que se haga la medida (aire, vacío, etc.),
- Q = la carga de uno de los cuerpos,
- Q' = la carga del otro cuerpo,
- r = la distancia entre ambos cuerpos.

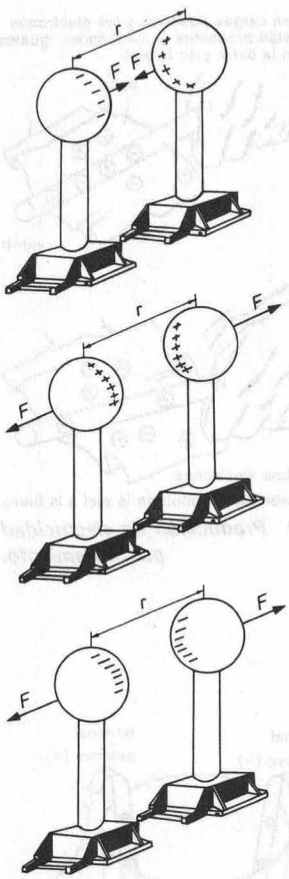


Fig. 14.7 Fuerzas de atracción o repulsión electrostática (ley de Coulomb).

14.4 Cómo se puede producir electricidad

De todo lo expuesto en los apartados anteriores, se puede deducir que, en cualquier clase de material, existe electricidad.

Ahora bien, la materia es eléctricamente neutra y, en consecuencia, es necesario que se aplique una energía externa para poder conseguir liberar algunos electrones (carga eléctrica), o sea, para obtener electricidad.

Según sea la clase de energía aplicada al cuerpo, así será la forma de obtención de la electricidad; normalmente, se podrá disponer de electricidad por los siguientes procedimientos:

Energía	*Acción*
Mecánica	Frotamiento
Mecánica	Presión
Química	Química
Magnética	Magnetismo
Luminosa	Luz
Calorífica	Calor

En la figura 14.8, se pueden apreciar estas formas de obtención. De todas ellas, dos son las más usadas: por acción química y por acción magnética.

La producción de electricidad por acción de la luz, la presión y el calor se suele utilizar para aplicaciones especiales; la producción por frotamiento no se usa en la práctica, y su estudio se debe al hecho histórico de que fue el primer sistema que se conoció y es la más sencilla de obtener sin medios costosos (basta un bolígrafo, unos trocitos de papel y un jersey).

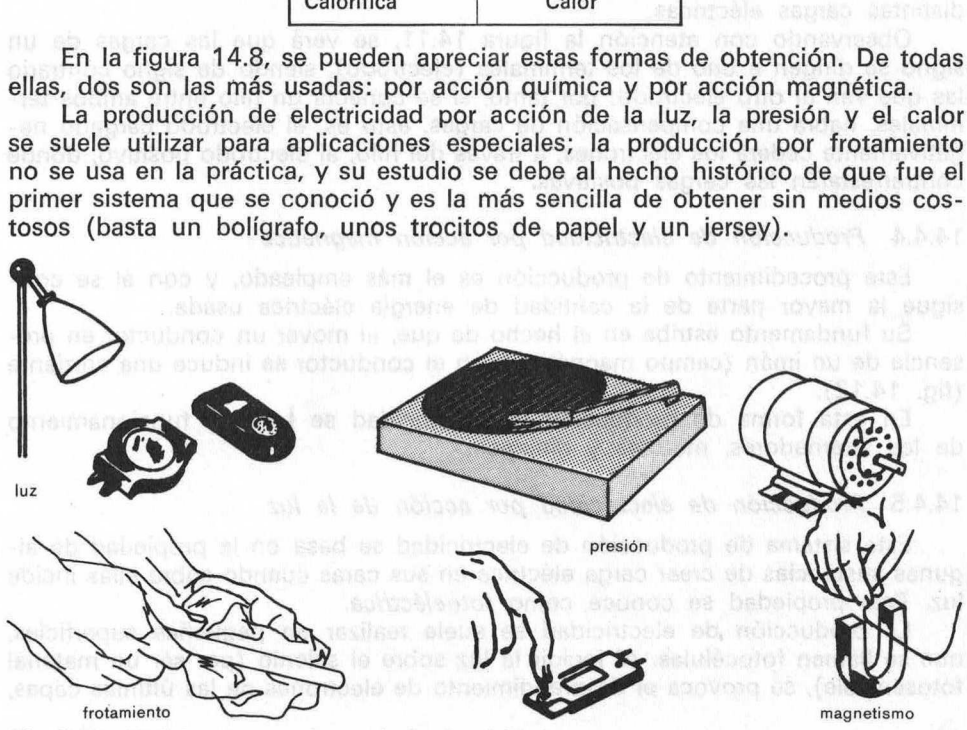




Fig. 14.8 Distintas formas de producir electricidad.

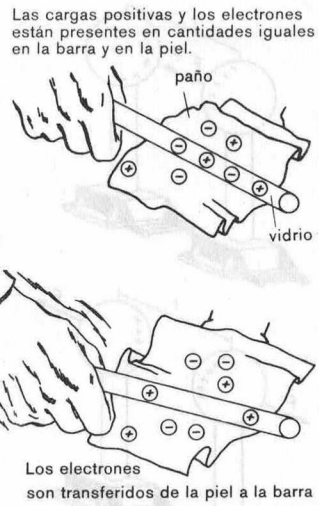


Fig. 14.9 Producción de electricidad por frotamiento.

14.4.1 *Producción de electricidad por frotamiento*

Esta forma de producción de electricidad es la más antigua que se conoce; recuérdese que los griegos ya conocían esta forma de producir electricidad.

La electricidad del material por frotamiento se efectúa al abandonar los electrones las últimas órbitas de los átomos del material (vidrio) y, en consecuencia, los átomos quedan cargados positivamente y el paño negativamente, pues el vidrio le cede los electrones (fig. 14.9).

Como ya se sabe, según el material, así será la electrización; o sea, cederá o ganará electrones.

La carga conseguida por este método permanece en el material y se denomina *carga estática.*

Esta clase de electrización la conocen todos, ya que es cosa frecuente ver y oír el chisporroteo debido a la electricidad estática.

14.4.2 *Producción de electricidad por presión*

Algunos materiales tienen *propiedades piezoeléctricas* características; por ejemplo, al someter un cristal de cuarzo a una presión, aparecen en la superficie del cristal cargas eléctricas (fig. 14.10A).

Esta propiedad de algunos materiales es muy empleada actualmente (encendedores de gas, cápsulas microfónicas, cápsulas para tocadiscos, etc.).

El proceso de producir electricidad por medio de propiedades piezoeléctricas es reversible, es decir, si se aplica electricidad a un cristal, éste vibra o ejerce presiones contra sus soportes (fig. 14.10B).

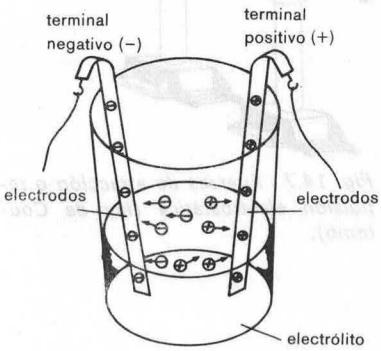


Fig. 14.11 Producción de electricidad por acción química.

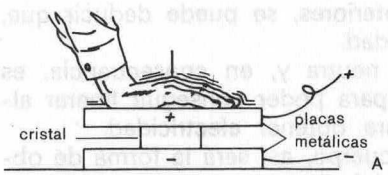


Fig. 14.10A Producción de electricidad por presión.

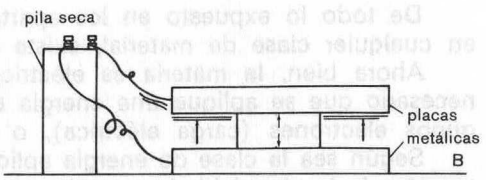


Fig. 14.10B Reversibilidad del efecto de la presión.

14.4.3 *Producción de electricidad por acción química*

Las pilas y acumuladores son dos dispositivos que aprovechan la propiedad de algunas reacciones químicas, capaces de separar las sustancias con distintas cargas eléctricas.

Observando con atención la figura 14.11, se verá que las cargas de un signo se dirigen a uno de los terminales (electrodo), siendo de signo contrario las que van al otro electrodo; por tanto, si se conecta un hilo entre ambos terminales, habrá una compensación de cargas, esto es, el electrodo cargado negativamente cederá los electrones, a través del hilo, al electrodo positivo, donde contrarrestarán las cargas positivas.

14.4.4 *Producción de electricidad por acción magnética*

Este procedimiento de producción es el más empleado, y con él se consigue la mayor parte de la cantidad de energía eléctrica usada.

Su fundamento estriba en el hecho de que, al mover un conductor en presencia de un imán (campo magnético), en el conductor se induce una corriente (fig. 14.12).

En esta forma de producción de electricidad se basa el funcionamiento de los alternadores, motores y dinamos.

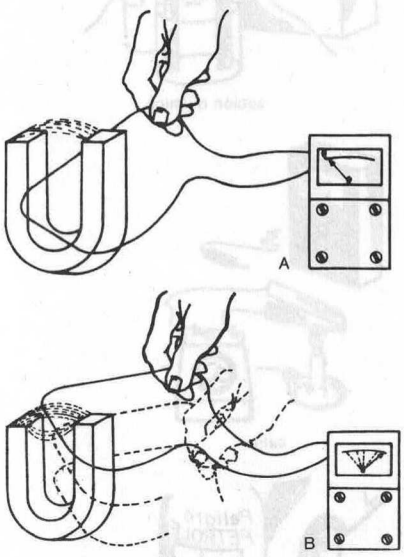


Fig. 14.12 Producción de electricidad por acción magnética.

14.4.5 *Producción de electricidad por acción de la luz*

Este sistema de producción de electricidad se basa en la propiedad de algunas sustancias de crear carga eléctrica en sus caras cuando sobre ellas incide luz. Esta propiedad se conoce como *fotoeléctrica.*

La producción de electricidad se suele realizar en pequeñas superficies, que se llaman fotocélulas. Al incidir la luz sobre el selenio (por ser un material fotosensible), se provoca el desprendimiento de electrones de las últimas capas,

que se acumulan en el material traslúcido, creándose en el hierro cargas positivas por inducción (fig. 14.13).

Actualmente se está investigando para obtener energía eléctrica, por este método, a partir de la luz solar, pero las potencias que se consiguen son reducidas y, al mismo tiempo, estas células son muy costosas. Se emplea sólo para instrumentos de medidas y aparatos electrónicos, ópticos, etc.

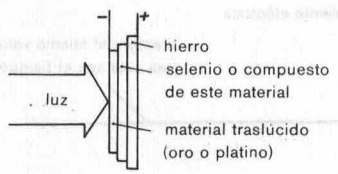


Fig. 14.13 Producción de electricidad por acción luminosa.

14.4.6 *Producción de electricidad por acción del calor*

Otra propiedad importante de algunos cuerpos es la *termoelectrónica,* debido a la cual, al calentar un material, éste desprende electrones.

Esta propiedad es muy utilizada en las lámparas de descarga (para iluminación) y lámparas o tubos electrónicos.

Otra propiedad parecida es la *termoeléctrica,* por la cual, al unir dos metales distintos y calentar la zona de unión, aparecen unos electrones, que pasan de un metal al otro (fig. 14.14).

Este sistema de producción de electricidad es muy poco usado; su única aplicación importante se da en los termopares (arrollamientos de dos materiales empleados para medir temperaturas) (fig. 14.15).

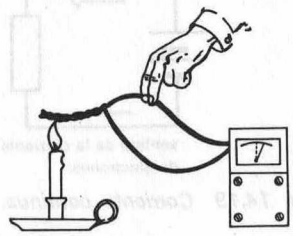


Fig. 14.14 Producción de electricidad por acción calorífica.

14.5 Movimiento de electrones (corriente eléctrica)

Todo átomo tiende a quedar eléctricamente en estado neutro. Para ello, cederá o absorberá electrones, según le sobren o le falten, de los átomos situados en su proximidad.

Si se unen por medio de un conductor dos cuerpos, uno de ellos con exceso de cargas negativas (electrones) y otro con falta, se establecerá a través del conductor un flujo de electrones que irá del que los tiene en exceso al que los tiene en defecto, estableciéndose así una corriente electrónica (fig. 14.16).

Esta corriente cesa cuando no hay posibilidades de conducción, bien por fallo del conductor, bien por equilibrio de las cargas de los dos cuerpos.

Una explicación de la utilización del vocablo *corriente* puede hallarse en la similitud entre el movimiento de los fluidos (corriente de agua) y este concepto de corriente eléctrica.

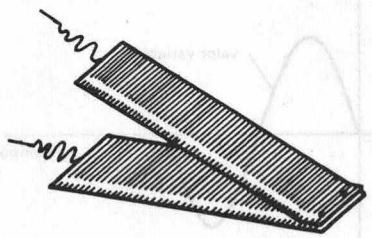


Fig. 14.15 Termopar.

14.6 Corriente eléctrica: su sentido, clases y efectos

El sentido de desplazamiento de los electrones es del cuerpo cargado negativamente al cargado positivamente. Los electrones se desplazan del cuerpo negativo al cuerpo positivo.

Con anterioridad a esta teoría, se tenía como sentido de la corriente eléctrica la que va del cuerpo positivo al cuerpo negativo. Este sentido, denominado convencional, es el que ha prevalecido hasta ahora, por lo que se encuentra en infinidad de textos, estudios, esquemas, etc., Y por esto, todavía se sigue adoptando, como sentido de la corriente, el de + a −. No obstante, al tratar del sentido de la *circulación de electrones,* se aplica la teoría de − a + (fig. 14.17).

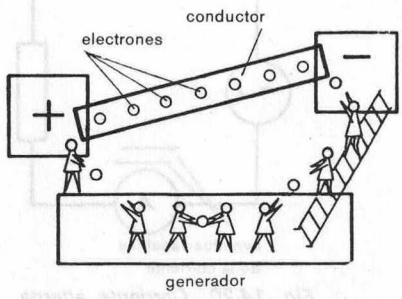


Fig. 14.16 Movimiento de electrones.

14.6.1 *El circuito eléctrico*

Para crear y mantener la corriente eléctrica, deben darse dos condiciones indispensables:

— Que haya una fuente de electrones o un dispositivo para su generación *(generador),* pila, batería fotocélula, termopar, etc.

— Que exista un camino exterior al generador sin interrupción, por el cual puedan circular los electrones; a este camino se le conoce como *conductor.*

Además de estas dos condiciones indispensables, en la mayoría de los casos, existe un elemento llamado *receptor,* que es el que recibe los electrones y aprovecha su energía para conseguir luz, calor, movimiento, etc.

A todo este conjunto se le denomina *circuito eléctrico.* Si los conductores permanecen unidos al generador y al receptor, se dice que es un *circuito cerrado* (fig. 14.18A). Los electrones circulan por el circuito desde el polo negativo del generador (batería) a su polo positivo e, internamente en el generador, desde el positivo al negativo.

El sentido convencional es representado en la figura 14.18A, o sea, de + a − por el circuito.

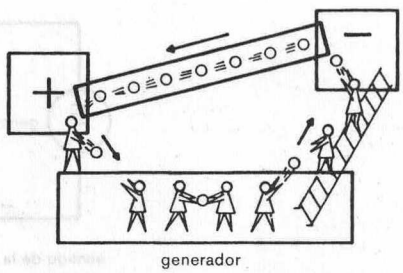


Fig. 14.17 Movimiento de electrones; su sentido.

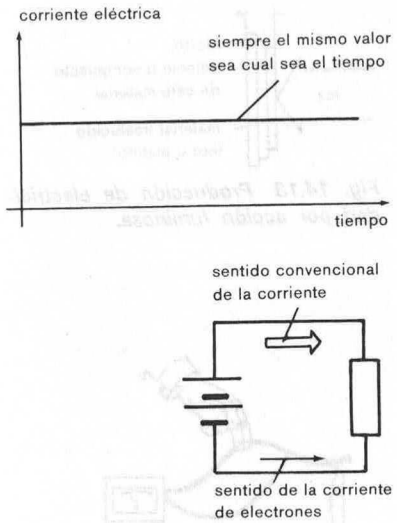


Fig. 14.19 Corriente continua.

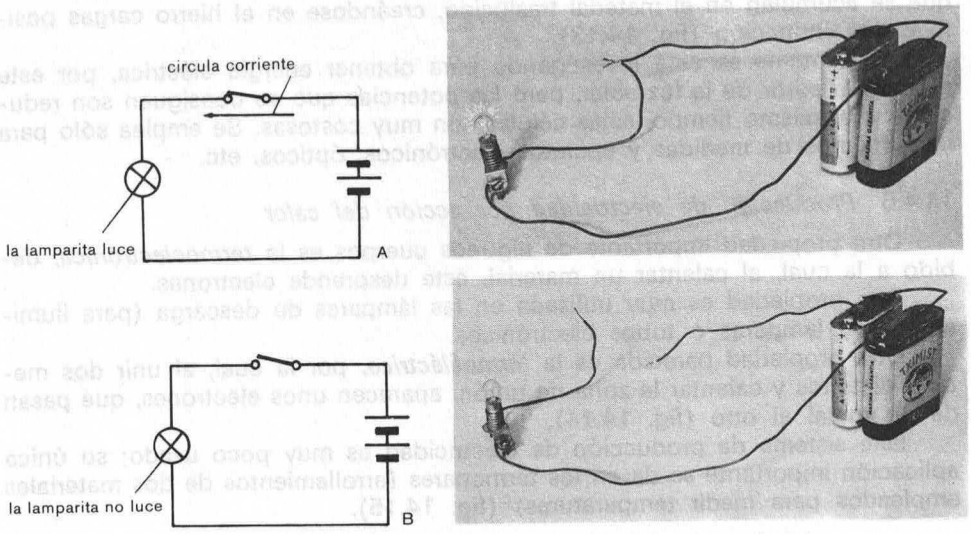


Fig. 14.18 El circuito eléctrico: A, *cerrado;* B, *abierto (no circula corriente).*

Por el contrario, cuando un conductor no está conectado al generador o al receptor, los electrones no pueden pasar por el circuito y, en consecuencia, no se establece la corriente eléctrica. En este caso, se dice que se un *circuito abierto* (fig. 14.18B).

14.6.2 *Clases de corriente eléctrica*

Se sabe que la corriente eléctrica es el movimiento de electrones; ahora bien, atendiendo al movimiento de los electrones (su sentido) y a su cantidad, se puede hacer una clasificación de la corriente eléctrica.

— *Corriente continua* (abreviadamente c. c.), cuando circula siempre en el mismo sentido y con valor constante (la misma cantidad de electrones en cada instante) (fig. 14.19).

Esta clase de corriente viene producida por dinamos, pilas y acumuladores.

— *Corriente alterna* (abreviadamente c. a.), cuando circula en ambos sentidos, esto es, cuando los electrones se desplazan tanto en un sentido como en el contrario. Según el instante considerado, el sentido será uno u otro, siendo también variable la cantidad de electrones que pasan por un punto (fig. 14.20).

Esta clase de corriente la producen los alternadores y osciladores.

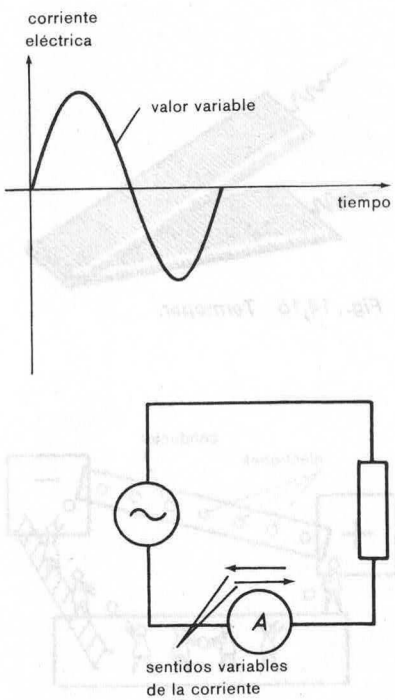


Fig. 14.20 Corriente alterna.

— *Corriente pulsatoria.* Se llama así cuando circula siempre en el mismo sentido, aunque la cantidad de electrones sea variable (fig. 14.21).

En la mayoría de las aplicaciones cotidianas, se utilizará corriente alterna, quedando las dos corrientes restantes para casos específicos, no menos importantes.

14.6.3 *Efectos de la corriente eléctrica*

Los efectos de la corriente eléctrica se pueden clasificar en: luminosos, caloríficos, magnéticos, dinámicos y químicos.

Estos fenómenos suelen aparecer relacionados entre sí. Por ejemplo: una lámpara desprende calor, y una estufa, en determinadas condiciones, desprende

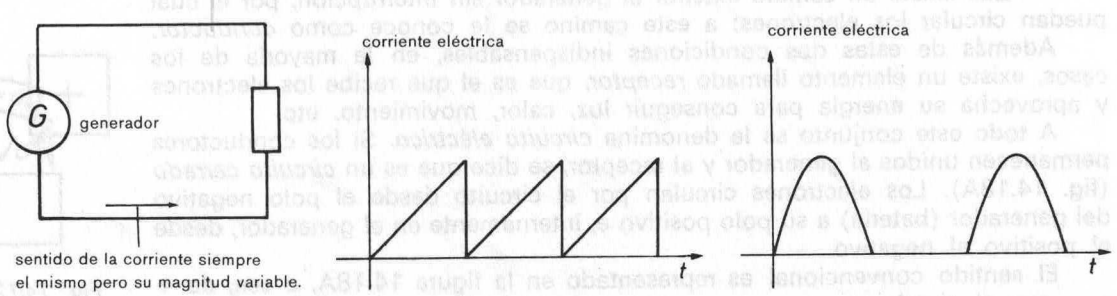


Fig. 14.21 Corriente pulsatoria.

luz. También los fenómenos magnéticos y dinámicos están relacionados: se puede conseguir un imán enrollando un conductor, recorrido por corriente, a un núcleo de hierro y aprovecharlo para inducir en otro bobinado una fuerza electromotriz y producir un giro de éste.

También se puede utilizar la corriente eléctrica para producir efectos químicos como, por ejemplo, recubrimientos metálicos, dorados, cromados, carga de baterías, etc.

14.7 Qué es el magnetismo

En el apartado 14.4.4, se ha indicado someramente cómo se puede obtener electricidad a partir de la energía magnética. Por ser el método más importante de producción, en este apartado se estudiarán las características del magnetismo.

Los cuerpos que poseen propiedades magnéticas permanentes se llaman imanes y se pueden clasificar en dos grupos:

— Naturales (fig. 14.22A).
— Artificiales (fig. 14.22B).

Los imanes artificiales son los que se usan en la práctica; pueden ser *temporales* o *permanentes,* según que sus efectos desaparezcan o se mantengan en el tiempo.

14.7.1 *Polos e interacción entre imanes*

Si se observan las imágenes de la figura 14.22C, se podrá apreciar que existen unos puntos donde se concentra más la cantidad de limaduras de hierro; a dichas zonas se les conoce con el nombre de *polos magnéticos* y se les determina con una indicación *gráfica* según se orienten al situarlos en el campo terrestre; el polo que señala hacia el norte recibe el nombre de *polo norte del imán;* en consecuencia, el otro polo recibe el nombre de *polo sur del imán,* puesto que indica la dirección sur.

Si se quieren aproximar dos imanes, se observará que, según sean los polos que se acerquen, será necesaria una fuerza o no hará falta el menor esfuerzo para tal aproximación.

Cuando se aproximan dos polos iguales, aparece una repulsión y, en consecuencia, es necesario realizar un esfuerzo para aproximarlos (fig. 14.23A).

Cuando los polos aproximados son distintos, aparece una atracción entre ellos y, en este caso, sin esfuerzo alguno se consigue que los extremos se junten (fig. 14.23B).

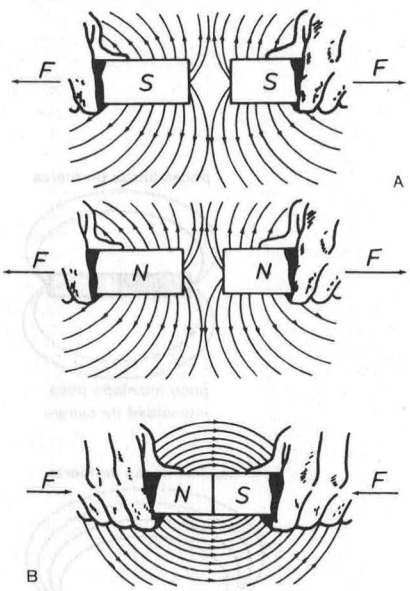


Fig. 14.23 Interacción entre imanes: A, *repulsión;* B, *atracción.*

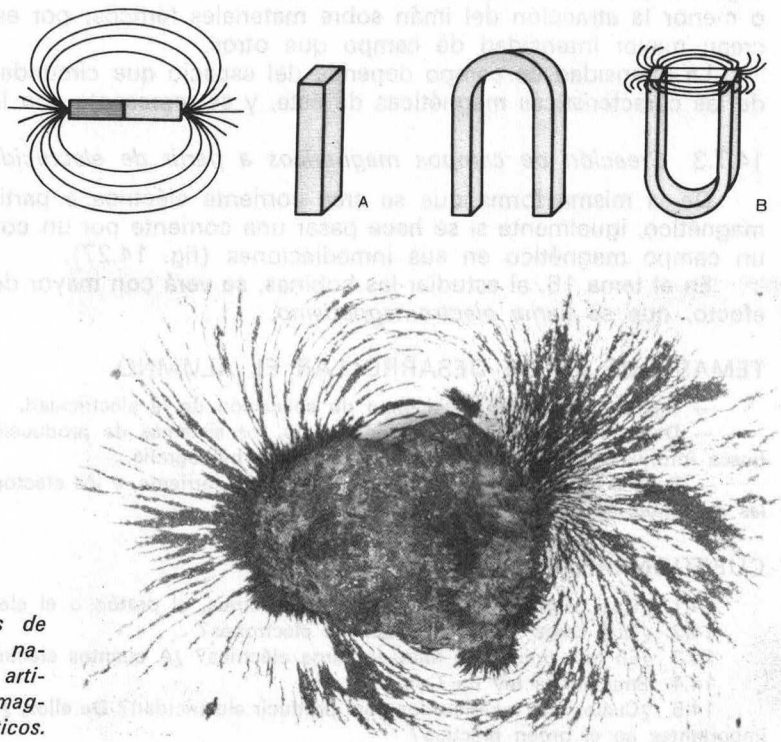


Fig. 14.22 Clases de imanes: A, *imanes naturales;* B, *imanes artificiales;* C, *polos magnéticos.*

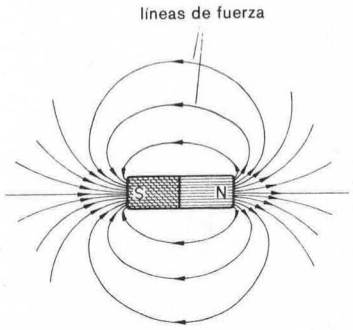


Fig. 14.25 Líneas magnéticas o de fuerza.



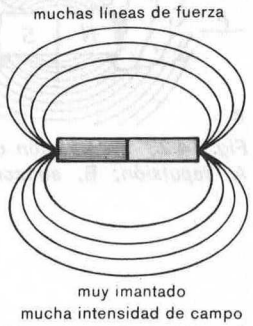


Fig. 14.26 Magnitud de la intensidad de campo (H).

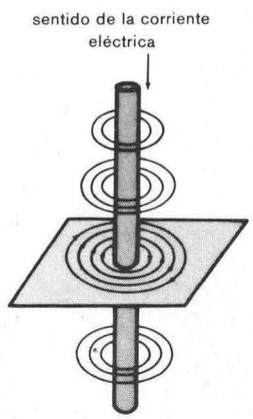


Fig. 14.27 Creación de inducción magnética a partir de la corriente eléctrica.

14.7.2 *Campo magnético*

Se denomina *campo magnético* de un imán el espacio en que se manifiestan sus acciones magnéticas sobre otros cuerpos.

Para observar el campo magnético creado por un imán, bastará espolvorear unas limaduras de hierro sobre una superficie plana (cristal, cartón, etc.) y colocar, debajo de ésta, un imán permanente, y se apreciará cómo dichas limaduras se orientan según unas *líneas magnéticas.*

Las líneas magnéticas también se conocen con el nombre de *líneas de fuerza,* puesto que éstas serían las trayectorias de las limaduras al colocarlas en el campo que se desea estudiar (fig. 14.24).

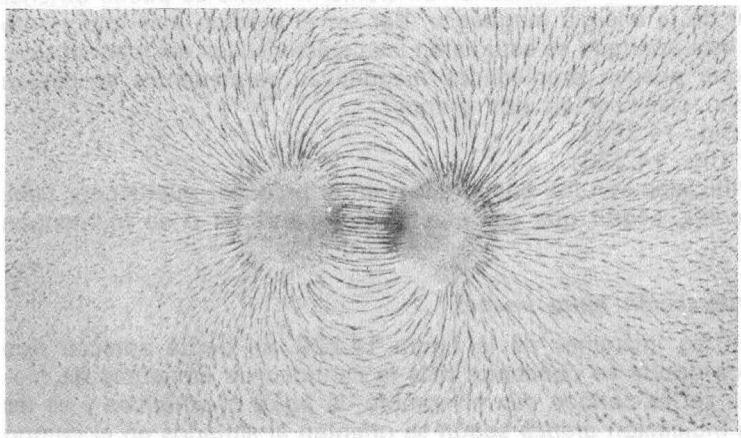


Fig. 14.24 Campo magnético, visualizado por limaduras de hierro.

Las líneas de fuerza son siempre cerradas y no son concurrentes en ninguna ocasión (fig. 14.25).

Las líneas de fuerza parten siempre del polo norte y retornan al imán por el polo sur, cerrándose por el interior del imán.

14.7.2.1 *Intensidad del campo magnético*

Es evidente que las líneas de fuerza de un imán están más o menos concentradas en función de la imantación de éste (fig. 14.26). En consecuencia, según haya mucha o poca concentración de líneas de fuerza, así será mayor o menor la atracción del imán sobre materiales férricos; por eso, unos imanes crean mayor intensidad de campo que otros.

La intensidad de campo depende del espacio que circunda al imán, o sea, de las características magnéticas de éste, y se representa con la letra *H.*

14.7.3 *Creación de campos magnéticos a partir de electricidad*

De la misma forma que se crea corriente eléctrica a partir de un campo magnético, igualmente si se hace pasar una corriente por un conductor, se crea un campo magnético en sus inmediaciones (fig. 14.27).

En el tema 18, al estudiar las bobinas, se verá con mayor detenimiento este efecto, que se llama *electromagnetismo.*

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Realiza un estudio del campo de aplicación de la electricidad.

— Desarrolla, en un trabajo monográfico, los sistemas de producción de electricidad; busca información en los libros detallados en la bibliografía.

— Explica la utilidad de las diversas formas de corriente, y los efectos de las mismas en las diferentes aplicaciones.

CUESTIONARIO

14.1 ¿Qué partícula tiene mayor carga eléctrica, el protón o el electrón?

14.2 ¿Qué carga eléctrica tienen los electrones?

14.3 ¿En qué unidad se mide la carga eléctrica? ¿A cuántos electrones equivale?

14.4 Enunciar la ley de Coulomb.

14.5 ¿Cuáles son los métodos para producir electricidad? De ellos, ¿cuáles son los más importantes en el orden práctico?

14.6 ¿En qué consiste la corriente eléctrica?
14.7 ¿Hacia dónde va el sentido convencional de la corriente?
14.8 ¿Cuál es el sentido real de la corriente?
14.9 ¿Cuáles son los elementos que integran un circuito?
14.10 ¿Circula corriente si el circuito está cerrado?; ¿y si está abierto?
14.11 ¿Es constante el valor de la corriente pulsatoria?
14.12 ¿Y el valor de la corriente alterna?
14.13 ¿Circula siempre en el mismo sentido la corriente pulsatoria? ¿Y la alterna?
14.14 ¿Cuántas clases de imanes hay?
14.15 ¿Qué son los polos magnéticos? ¿Cómo se conocen y designan?
14.16 ¿Con qué letra se designa la intensidad de campo magnético?
14.17 ¿Se puede crear un campo magnético a partir de una corriente eléctrica?

BIBLIOGRAFIA

HILLE W. SCHNEIDER O., *Electricidad,* Labor, Barcelona 1972.
LOPER O. E., *Fundamentos de corriente continua,* Diana, México 1971.
AFHA, *Electricidad, tomo I,* Barcelona 1974.
RAPP J., *Tratado práctico de Electrotecnia,* Ediciones Vagma, Bilbao 1962.
VAN VALKENBURGH, Nooger & Neville, Inc.: *Electricidad Básica, parte I,* Marcombo, S. A., Barcelona 1974.

Tema 15. **Magnitudes eléctricas**

OBJETIVOS

— *Conocimientos de las diversas magnitudes que existen en electricidad.*
— *Unidades usadas para la medida de las diversas magnitudes.*
— *Leyes y fórmulas que rigen la relación entre esas magnitudes.*
— *Formas de medir dichas magnitudes.*
— *Conocimiento de los aparatos empleados para medir.*
— *Experimentos a realizar para la comprobación de las leyes y fórmulas.*

GUION

— Resistencia eléctrica.
— Cantidad de electricidad.
— Intensidad de corriente.
— Fuerza electromotriz. Diferencia de potencial (d. d. p.).
— Aparatos de medida.
— Ley de Ohm.
— Potencia y energía eléctrica.

PUNTOS CLAVE

— Clara diferenciación entre tensión y corriente.
— Dominio de la ley de Ohm.
— Potencia eléctrica.
— Uso del amperímetro y del voltímetro.

EXPOSICION DEL TEMA

15.1 Resistencia eléctrica

Es la dificultad que opone un material al paso de la corriente. Se representa por la letra *R*.

Se ha dicho que la corriente eléctrica era una circulación de electrones que se desplazaban a través de los átomos del conductor teniendo que salvar, en su desplazamiento, la acción atractiva de los núcleos de dichos átomos. A esta difucultad, que dependerá de la constitución atómica del conductor, se le denomina resistencia eléctrica (fig. 15.1).

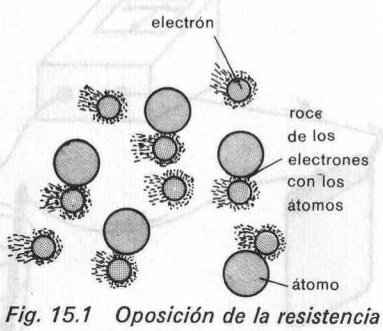


Fig. 15.1 Oposición de la resistencia al movimiento de electrones.

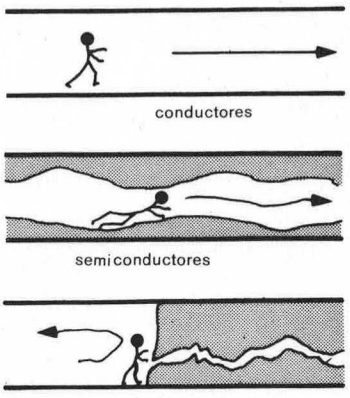


Fig. 15.2 Clasificación de los materiales según su oposición al paso de la corriente eléctrica.

Hay materiales que permiten el paso de la corriente con facilidad y por eso se llaman buenos conductores. Otros ofrecen dificultades y, en consecuencia, se denominan resistivos. Y hay materiales cuya resistencia es tan grande que no permiten el paso de la corriente. Estos materiales se llaman aislantes (figura 15.2).

15.1.1 *Unidad, múltiplos y submúltiplos*

La unidad de resistencia es el ohmio y se designa con la letra griega Ω (omega).

El ohmio se define como la resistencia que opone al paso de la corriente eléctrica, una columna de mercurio de 106,3 cm de longitud y 1 mm² de sección.

Para el contraste de resistencias se suele utilizar cajas de resistencias patrones (fig. 15.3).

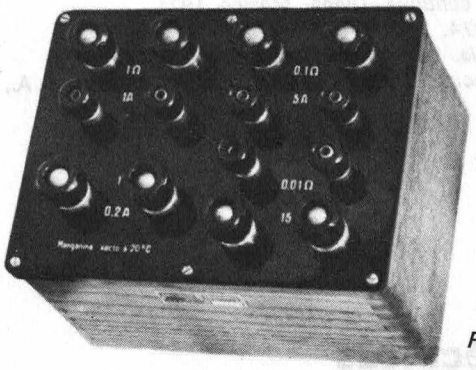


Fig. 15.3 Resistencia patrón.

En muchas aplicaciones, el ohmio no es una unidad adecuada, por ser muy grande en unos casos y muy pequeña en otros; por esta circunstancia, es necesario definir los múltiplos y submúltiplos de ella los cuales se muestran en la tabla 15.4 con su correspondiente relación. (Ver anexo 1).

Tabla 15.4 Múltiplos y submúltiplos del ohmio

Múltiplos	Megaohmio	MΩ	1 000 000 Ω = 10^6 Ω
	Kilohmio	kΩ	1 000 Ω = 10^3 Ω
	Ohmio	Ω	
Submúltiplos	Miliohmio	mΩ	0,001 Ω = 10^{-3} Ω
	Microhmio	μΩ	0,000001 Ω = 10^{-6} Ω

15.2 Cantidad de electricidad

Es el número total de cargas eléctricas que circulan por un conductor. Como el electrón, que es la unidad de carga fundamental, es una unidad muy pequeña, ha sido preciso definir otra unidad para los usos prácticos. Esta unidad es el *culombio* (apartado 14.3.2).

El culombio es la cantidad de electricidad que, pasando por una disolución de plata, es capaz de separar 1,118 mg de este metal (fig. 15.5). Un culombio equivale a la carga de 6,3 × 10^{18} electrones.

La magnitud *cantidad de electricidad* se representa por la letra Q.

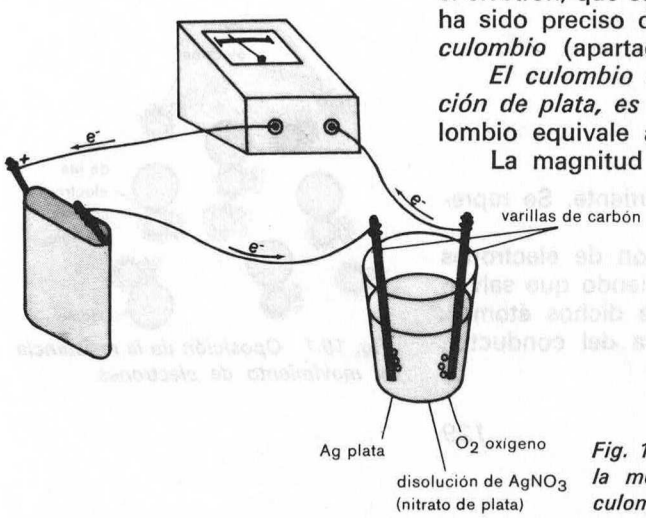


Fig. 15.5 Experimento de Faraday para la medida de la unidad de carga, el culombio.

Ejemplo

Calcular la cantidad de electricidad que ha circulado por una disolución de nitrato de plata, si ha depositado en el cátodo (polo negativo) 5,59 gramos de plata pura.

Solución:

Se sabe que 5,59 g = 5 590 mg.
Si un culombio deposita 1,118 mg, para depositar 5,59 g se necesitarán

$$Q = \frac{5\,590}{1{,}118} = 5\,000 \text{ culombios}$$

que equivalen a:

$$5\,000 \text{ culombios} \times 6{,}3 \times 10^{18} = 31{,}5 \times 10^{21} \text{ electrones}$$

15.3 Intensidad de corriente (medida de la corriente eléctrica)

Es la cantidad de electricidad que recorre un circuito eléctrico en la unidad de tiempo. Se representa por la letra *I*, y se mide con un aparato llamado amperímetro.

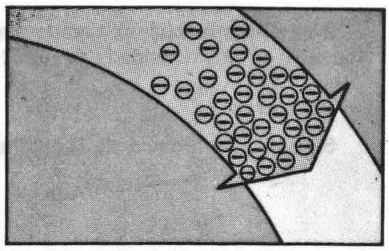


Fig. 15.6 Intensidad es el caudal de electrones.

La unidad de intensidad eléctrica es el *amperio,* equivalente a un culombio por segundo (fig. 15.6) y que podríamos definir como la *cantidad de electricidad que, al atravesar una disolución de nitrato de plata, deposita en el cátodo 1,118 mg de plata pura en un segundo.* Se representa por la letra *A.*

$$I = \frac{Q}{t} \qquad 1 \text{ amperio} = \frac{1 \text{ culombio}}{1 \text{ segundo}}$$

donde:

Q = la cantidad de electricidad (en culombios),
t = tiempo (en segundos),
I = intensidad de la corriente (en amperios).

15.3.1 *Submúltiplos*

Al igual que sucedía en el ohmio, el amperio suele ser una unidad muy grande, y en algunas aplicaciones se usan los submúltiplos.

Los submúltiplos del amperio son:
— Miliamperio (mA).
— Microamperio (μA).
— Nanoamperio (nA).

La relación de éstos con el amperio es la siguiente:

$$1 \text{ mA} = 0{,}001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ μA} = 0{,}000\,001 = 10^{-6} \text{ A}$$

$$1 \text{ nA} = 0{,}000\,000\,001 = 10^{-9} \text{ A}$$

En consecuencia, el microamperio es la milésima parte del *miliamperio;* y el *nanoamperio,* la milésima de un microamperio:

$$1 \text{ μA} = 0{,}001 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ mA}$$

$$1 \text{ nA} = 0{,}001 \text{ μA} = 10^{-3} \text{ μA} = 10^{-9} \text{ A}$$

(Ver anexo 1).

15.3.2 *Ejercicios de aplicación*

1.º Calcular la intensidad de corriente que circula por un circuito si, en 5 horas, 30 minutos y 30 segundos, han pasado, en total, 39 660 culombios.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Q: da su valor el enunciado.
t: se reduce el del anunciado a segundos: t = 5 horas, 30 minutos, 30 segundos.
5 horas × 60 = 300 minutos; 300 × 60 = 18 000 segundos.
30 minutos × 60 = 1 800 segundos.

$$t = 18\,000 + 1\,800 + 30 = 19\,380 \text{ segundos}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{39\,660}{19\,830} = 2 \text{ A}$$

2.º ¿Durante cuánto tiempo ha circulado una corriente habiendo transportado 2 050 culombios, si la intensidad fue de 2 A?

Solución:

Se aplica la fórmula de la intensidad, de la que se deduce el valor del tiempo:

$$I = \frac{Q}{t}$$

por tanto:

$$t = \frac{Q}{I}$$

$$t = \frac{2\,050}{2} = 1\,025 \text{ segundos}$$

3.º ¿Cuántos miliamperios son 2 A?

Solución:

Como 1 mA = 10^{-3} A, esto implica que el amperio es mil veces mayor que el miliamperio y, en consecuencia:

$$1\,000 \text{ mA} = 1 \text{ A}$$

y, por tanto:

$$2 \times 1\,000 \text{ mA} = 2 \times 1 \text{ A} = 2 \text{ A}$$

$$2\,000 \text{ mA} = 2 \text{ A}$$

4.º ¿Cuántos microamperios y cuántos miliamperios son 0,0045 A?

Solución:

Como:

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} = 1 \text{ A} = 10^{3} \text{ mA}$$

un amperio será igual a un millón de microamperios:

$$1\ \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A} = 1 \text{ A} = 10^{6}\ \mu\text{A}$$

por tanto:

$$0{,}0045 \text{ A} = 0{,}0045 \times 10^{6}\ \mu\text{A} = 4\,500\ \mu\text{A}$$

$$0{,}0045 \text{ A} = 0{,}0045 \times 10^{3} \text{ mA} = 4{,}5 \text{ mA}$$

15.4 Fuerza electromotriz. Diferencia de potencial

Siempre que dos cuerpos con distintas cargas están conectados, hay circulación de electrones desde el cuerpo con más carga negativa al de más carga positiva, hasta que se neutralizan eléctricamente.

Para cargar un cuerpo, es necesario producir un exceso o defecto de electrones. La energía necesaria para cargar este cuerpo se llama fuerza electromotriz (f. e. m.), con la cual se consigue que el cuerpo adquiera una energía o potencia eléctrica.

Si este cuerpo se compara con otro cargado distintamente, se tendrán diferentes energías o potenciales eléctricos; existe entre ambos, por tanto, una diferencia de potencial (d. d. p.) (fig. 15.7).

Si se unen, mediante un conductor, estos dos cuerpos, habrá una circulación de electrones desde el de menor al de mayor potencia, tendiendo a igualarse, con lo que cesaría la circulación de corriente. Para mantener la circulación de electrones, hay que mantener la diferencia de potencial mediante un aparato que produzca una f. e. m., al que llamamos generador (fig. 15.8).

Tanto la fuerza electromotriz *E* como la diferencia de potencial *V* se miden en voltios, con un instrumento llamado voltímetro. A la diferencia de potencial se le llama también *tensión* o *voltaje.*

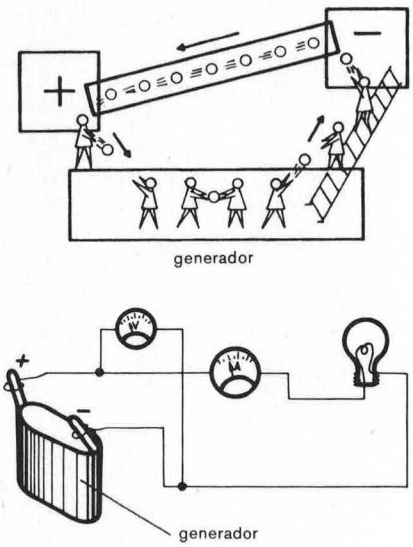


Fig. 15.8 Circuito eléctrico.

15.4.1 *Símiles hidráulicos*

En el apartado 14.5, se mencionó la igualdad de nombre para corriente eléctrica y corriente de agua; en aquella ocasión se justificaba la utilización del vocablo *corriente.* En este apartado se estudiarán las semejanzas entre un símil hidráulico y un circuito eléctrico (fig. 15.9).

Supóngase, primero, que se dispone de los dos depósitos *A* y *B*, y de la tubería de unión con su válvula y su turbina. En estas condiciones, al accionar la válvula, se producirá una corriente de agua del depósito *A* al *B,* provocando el giro de las paletas de la turbina.

De forma análoga, al accionar el interruptor del circuito, si el punto *A* está cargado eléctricamente, aparecerá una corriente entre los puntos *A* y *B*, transformando su energía en el receptor.

En la comparación de estos dos fenómenos, es fácil identificar la corriente de agua con la de electrones; y el almacenamiento de carga eléctrica en los puntos *A* y *B*, con los depósitos. Asimismo, se identifican también la turbina y el receptor, por ser en éstos donde se transforman las energías de las corrientes en otras clases de energías.

Se recordará, como se decía en el apartado anterior, que dos cuerpos cargados con diferentes cantidades de carga se podían comparar entre sí, debido a la relación entre la carga y el potencial eléctrico que poseen.

De esta forma, al observar la figura 15.9, se ve que el agua del depósito *A* está más alta que la del *B* y, en consecuencia, tiene mayor energía potencial, debido al desnivel entre depósitos.

Por un momento, piénsese en depósitos a la misma altura, sin ningún desnivel entre ellos; si se accionase la válvula, no aparecería ninguna corriente

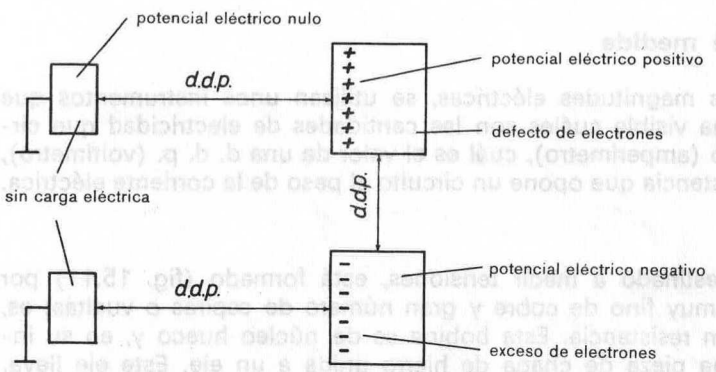


Fig. 15.7 Potencial eléctrico de un cuerpo cargado y d. d. p. entre cuerpos cargados.

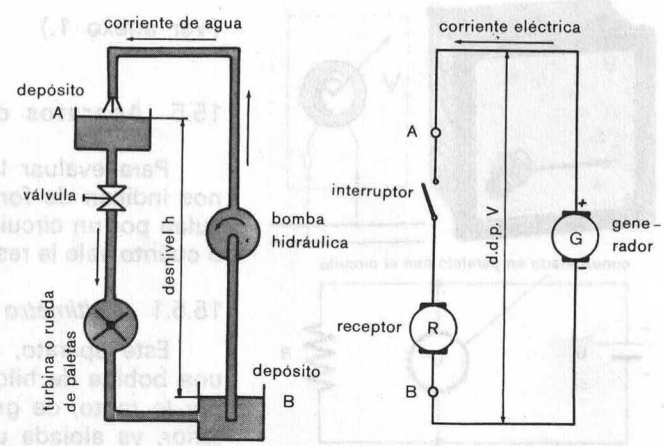


Fig. 15.9 Símil hidráulico de un circuito eléctrico.

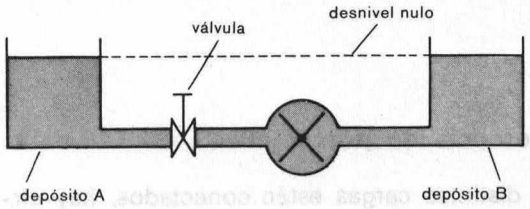


Fig. 15.10 Para que haya corriente tiene que haber d. d. p.

(fig. 15.10) y la turbina no se movería. Por tanto, se podrá afirmar que la corriente de agua sólo aparecerá cuando los depósitos *A* y *B* tengan diferentes energías potenciales.

De forma semejante, se dirá que el punto *A* del circuito eléctrico tiene mayor potencial que el punto *B*, siendo ésta la causa de que se establezca la corriente eléctrica.

En un circuito eléctrico se establece la corriente (sentido convencional) desde los puntos de mayor potencial hacia los de menor.

De lo anteriormente expuesto se deduce la analogía entre el desnivel hidráulico y la diferencia de potencial eléctrico.

Por último, al mantener accionada la válvula del circuito hidráulico del depósito *A*, éste se irá vaciando y, cuando ya no quede agua en él, dejará de existir la corriente de agua. De forma análoga, cuando los dos puntos *A* y *B* tengan la misma carga, cesará la corriente.

Por tanto, para mantener el circuito hidráulico en funcionamiento, será necesario que trasvasemos agua desde el depósito *B* hasta el *A* nuevamente; esto se consigue con la bomba. En el circuito eléctrico la función similar (creación de cargas) la realiza el generador.

La bomba hidráulica se encarga de que el agua de *B* adquiera mayor energía potencial, elevándola hasta el depósito *A*, para lo cual es necesario gastar una energía o realizar un trabajo. El generador eléctrico aumenta también el potencial eléctrico del punto *A* y, en esta tarea, también se invierte una energía, que es la que se ha llamado fuerza electromotriz (f. e. m.).

15.4.2 *Unidad, múltiplos y submúltiplos*

La unidad de tensión, voltaje, d. d. p. o f. e. m. es el voltio y se designa por la letra *V*.

En la práctica, además del voltio, se utilizan dos múltiplos y otros tantos submúltiplos, que son:

Múltiplos { Kilovoltio (kV)
Megavoltio (MV)

Submúltiplos { milivoltio (mV)
microvoltio (μV)

La relación entre éstos y el voltio es la siguiente:

$$1\ kV = 1\,000\ V = 10^3\ V$$
$$1\ MV = 1\,000\,000\ V = 10^6\ V$$
$$1\ mV = 0{,}001 = 10^{-3}\ V$$
$$1\ \mu V = 0{,}000\,001 = 10^{-6}\ V$$

(Ver anexo 1.)

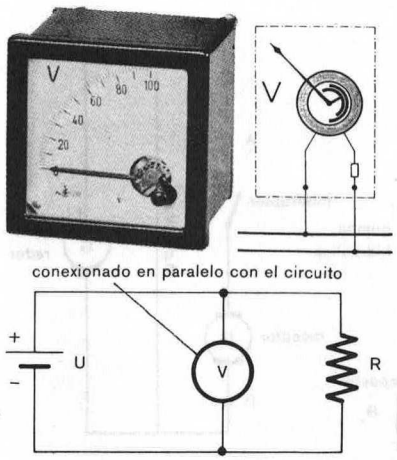


Fig. 15.11 Voltímetro: esquema de aplicación.

15.5 **Aparatos de medida**

Para evaluar las magnitudes eléctricas, se utilizan unos instrumentos que nos indican de forma visible cuáles son las cantidades de electricidad que circulan por un circuito (amperímetro), cuál es el valor de una d. d. p. (voltímetro), o cuánto vale la resistencia que opone un circuito al paso de la corriente eléctrica.

15.5.1 *Voltímetro*

Este aparato, destinado a medir tensiones, está formado (fig. 15.11) por una bobina de hilo muy fino de cobre y gran número de espiras o vueltas; es, por lo tanto, de gran resistencia. Esta bobina es de núcleo hueco y, en su interior, va alojada una pieza de chapa de hierro unida a un eje. Este eje lleva, a su vez, una aguja que se desvía del acero proporcionalmente a la tensión que se aplica a sus bornes, marcando así sobre la escala la d. d. p. existente.

La conexión de estos aparatos se hace en paralelo, ya que tienen que medir la d. d. p. entre dos puntos de un circuito.

Antes de conectar un voltímetro, hay que asegurarse de que la máxima lectura de su escala sea superior a la tensión normal de la red de utilización.

15.5.2 *Amperímetro*

Este aparato, utilizado para la medida de intensidades de corriente, está formado por los mismos elementos del voltímetro, con la diferencia de que su bobina está confeccionada con hilo grueso y con muy pocas espiras. Por tanto, esta bobina es de escasa resistencia (fig. 15.12).

La conexión de este aparato debe hacerse en serie, ya que tiene que medir el paso de la corriente y, por tanto, la desviación de la aguja es proporcional a la intensidad de la corriente.

Este aparato no debe conectarse nunca en paralelo, ya que de hacerlo se provocaría un cortocircuito, en razón de la poca resistencia de su bobina.

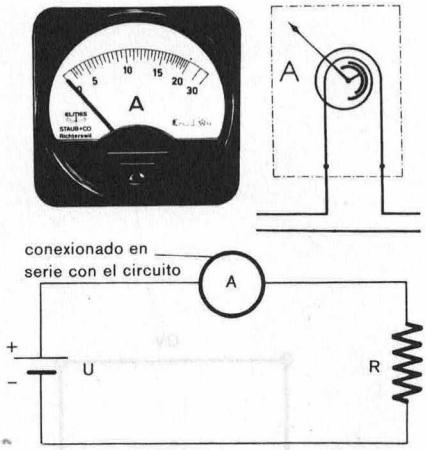


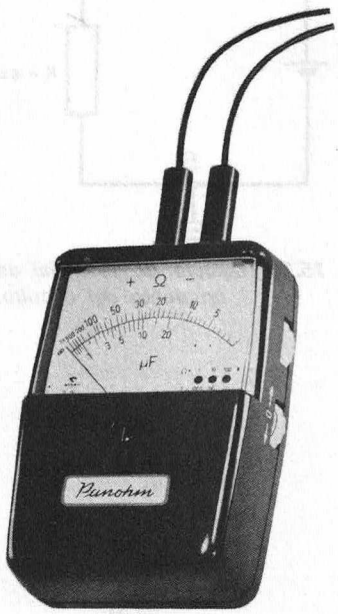
Fig. 15.12 Amperímetro: esquema de aplicación.

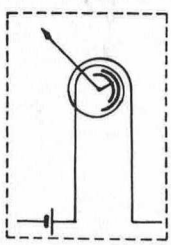
15.5.3 *Ohmímetro u óhmetro*

Este aparato utilizado para la medida de resistencia, está formado por un miliamperímetro con una pila asociada en serie, que es la encargada de proporcionar la corriente que se debe medir (fig. 15.13).

La conexión de este aparato se hace con la resistencia al aire o desconectándola de un punto del circuito sin corriente.

Este aparato debe ajustarse a cero para cada medida que se realice, para lo cual lleva un dispositivo de regulación; actuando sobre el mismo, con las puntas de prueba cruzadas (haciendo contacto en sus extremos), se regula hasta conseguir que la aguja marque el cero.





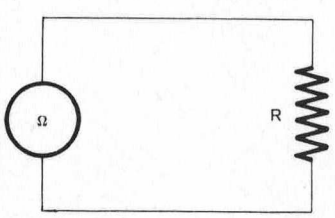


Fig. 15.13 Ohmetro: esquema de aplicación.

15.6 **Ley de Ohm**

Ya se dijo que la diferencia de potencial era la causa de la circulación de los electrones en un circuito. Por consiguiente, a mayor d. d. p., mayor corriente de electrones.

También se vio cómo la resistencia eléctrica es la dificultad que opone un conductor al paso de la corriente eléctrica. Por tanto, si se mantiene constante la causa que hace circular a los electrones, d. d. p., la corriente eléctrica dependerá de la dificultad que oponga el conductor a su paso; esto es, de la resistencia eléctrica.

Experimentalmente, el famoso físico Ohm estableció una ley que lleva su nombre y que dice: *En un circuito eléctrico, la intensidad de la corriente que lo recorre es directamente proporcional a la tensión aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia que opone el circuito.*

$$I = \frac{U}{R}$$

donde:

U = tensión,
I = intensidad,
R = resistencia.

De esta fórmula, conocidas dos magnitudes del circuito, se puede obtener la tercera (fig. 15.14).

$$U = I \cdot R \qquad R = \frac{U}{I}$$

Partiendo de esta ecuación se puede definir el voltio como: *la tensión (o diferencia de potencial) que es necesario aplicar a un circuito de un ohmio de resistencia para que, por él, circule una intensidad de corriente de un amperio.*

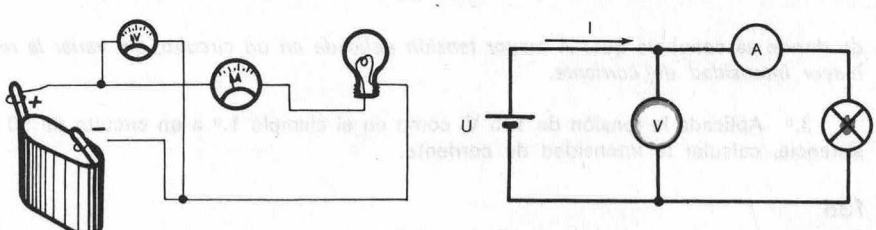


Fig. 15.14 Aplicación de la ley de Ohm a un circuito eléctrico.

15.6.1 *Potencial eléctrico en un circuito*

En el apartado precedente se ha mencionado que la corriente es tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre dos puntos, siendo fija la resistencia entre ellos.

Es evidente, por tanto, que si se conoce la corriente eléctrica que circula y la resistencia, se obtendrá de una forma simple la d. d. p.; ahora bien, si se conoce el potencial de un punto, se podrá deducir, además, el potencial eléctrico de cualquier otro punto del circuito.

15.6.1.1 *Potencial de referencia (potencial de tierra)*

En la mayoría de las aplicaciones prácticas, como punto común para todos los circuitos que componen un aparato, se toma el chasis, que además se conecta a la instalación de puesta a tierra para mayor seguridad contra sobrecargas.

Al potencial eléctrico de tierra se le da, por convenio, un valor de cero voltios (fig. 15.15).

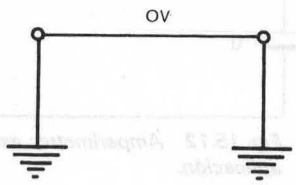


Fig. 15.15 Potencial de tierra.

En consecuencia, en un circuito eléctrico (fig. 15.16), el potencial del punto *A* tendrá por valor:

$$U_{AB} = U_A - U_B = I \cdot R$$

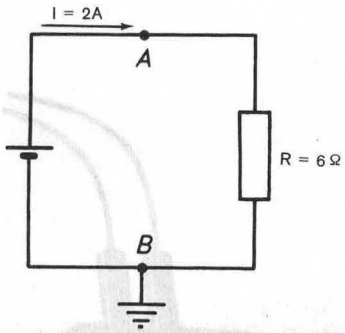


Fig. 15.16 Cálculo de potencial de un punto del circuito.

donde:

U_A = potencial de *A*,
U_B = potencial de *B*.

y, sustituyendo:

$$U_A - U_B = 2 \times 6 = 12 \text{ V}$$

pero el punto *B* está conectado a tierra y, por tanto, su potencial eléctrico vale 0 V; en consecuencia:

$$U_A - 0 = 12 \text{ V} = U_A = 12 \text{ V}$$

15.6.2 *Ejercicios de aplicación*

1.º Un circuito eléctrico tiene una resistencia de 25 Ω y se le aplica una tensión de 125 V. Calcular la intensidad de la corriente que circula.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{125}{25} = 5 \text{ A}$$

2.º Aplicada al circuito anterior, de 25 Ω de resistencia, una tensión de 250 V, calcular la intensidad de corriente.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{250}{25} = 10 \text{ A}$$

de donde se concluye que: *A mayor tensión aplicada en un circuito, sin variar la resistencia, mayor intensidad de corriente.*

3.º Aplicada la tensión de 125 V, como en el ejemplo 1.º a un circuito de 50 Ω de resistencia, calcular la intensidad de corriente.

Solución:

De nuevo se aplica la fórmula:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{125}{50} = 2{,}5 \text{ A}$$

de donde se concluye que: *En un circuito eléctrico, manteniendo constante la tensión aplicada, la intensidad varía de forma inversamente proporcional a su resistencia.*

4.º ¿Qué tensión será preciso aplicar a un circuito de 6,25 Ω de resistencia para que sea recorrido por una corriente de 20 A?

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$U = I \cdot R$$

$$U = 20 \times 6{,}25 = 125 \text{ V}$$

5.º ¿Qué resistencia deberá tener el conjunto de conductor y estufa para que, conectados a una tensión de 220 V, sean recorridos por una corriente de 7 A?

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{220}{7} = 31{,}42 \ \Omega$$

15.7 Potencia y energía eléctrica

Fuerza es, en Física, cualquier causa capaz de modificar o producir un movimiento. Ya se ha visto que, para producir el movimiento de electrones, se necesita una fuerza motriz (fuerza electromotriz), que mantenga la d. d. p. la cual, aplicada al circuito, da lugar a la corriente eléctrica.

También la Física define el concepto de trabajo o energía diciendo que: es el producto de la fuerza aplicada sobre un cuerpo por el espacio que le hace recorrer. Sólo habrá trabajo, por tanto, en el caso de que haya movimiento. En electricidad se ha visto que, al aplicar una d. d. p. a un circuito, éste es recorrido por una cantidad de electricidad.

Por consiguiente, se puede decir que en tal caso se desarrolla un trabajo eléctrico *E*, igual al producto de la d. d. p. aplicada $U_A - U_B$ multiplicada por la cantidad de electricidad que recorre el circuito Q:

$$E = Q \cdot (U_A - U_B)$$

Si el circuito está interrumpido, no hay posibilidad de movimiento de electrones ni de producción de trabajo eléctrico (fig. 15.17).



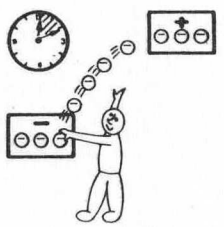
Circuito abierto = no hay movimiento de electrones

Fig. 15.17 Interrupción del circuito: no hay trabajo.

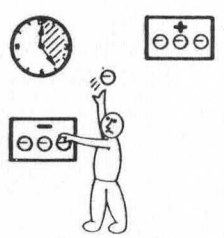
En un mismo tiempo se pueden desarrollar trabajos distintos. *Al trabajo desarrollado, en la unidad de tiempo, se le denomina potencia.*

Se tendrá más potencia cuando se haya desarrollado un trabajo mayor en el mismo tiempo. Como el trabajo eléctrico lo determina el producto de la fuerza electromotriz por la cantidad de electricidad, la potencia eléctrica *P*, que es el trabajo eléctrico desarrollado en la unidad de tiempo, será el producto de la fuerza electromotriz, o tensión aplicada, por la cantidad de electricidad que recorre el circuito en la unidad de tiempo (fig. 15.18):

$$P = \frac{E}{t} = \frac{Q}{t} (U_A - U_B)$$



Mucha potencia
más electrones por minuto



Poca potencia
menos electrones por minuto

Fig. 15.18 Relación de la potencia con la cantidad de electrones (corriente eléctrica), a tensión constante.

Como a la cantidad de electricidad que recorre un circuito en la unidad de tiempo se le denomina intensidad de corriente, se puede decir que *la potencia*

eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad de corriente. Se simboliza con la letra *P*.

En general:

$$\boxed{P = U \cdot I} \qquad [15.1]$$

15.7.1 *Diferentes formas de expresar la potencia eléctrica*

Por la ley de Ohm se sabe que $I = U/R$; en consecuencia, sustituyendo en [15.1], se obtiene

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

o sea:

$$\boxed{P = \frac{U^2}{R}}$$

También de la ley de Ohm se puede obtener otra expresión, ya que sustituyendo $U = I \cdot R$ en [15.1], quedará:

$$P = U \cdot I = I \cdot R \cdot I = I \cdot I \cdot R = I^2 \cdot R$$

o sea:

$$\boxed{P = I^2 \cdot R}$$

15.7.2 *Energía eléctrica*

Si a un circuito eléctrico se aplica una potencia durante un tiempo, al cabo del mismo se habrá desarrollado un trabajo o energía eléctrica, igual al producto de la potencia aplicada multiplicada por el tiempo transcurrido:

$$E = P \cdot t$$

15.7.3 *Unidades, múltiplos y submúltiplos*

La unidad de la potencia eléctrica es el vatio, que se define como *la potencia eléctrica de un circuito que, al aplicársele una d. d. p. de un voltio, hace circular una intensidad de un amperio; se representa con la letra W.*

Vatio (W) = Voltio (V) · Amperio (A)

En la práctica, cuando las potencias eléctricas son elevadas, se utilizan dos múltiplos del vatio:

Kilovatio (kW)

Megavatio (MW)

que, como sus nombres indican, son mil y un millón de veces mayores que el vatio, respectivamente:

$$1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$$

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}$$

Otra unidad usada con bastante frecuencia para caracterizar la potencia de los motores eléctricos es el caballo de vapor (CV) o (HP); su relación con el vatio es la misma que en Mecánica:

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 75 \times 9{,}81 \text{ W} = 736 \text{ W}$$

En aplicaciones electrónicas la potencia se suele expresar en microvatios y milivatios, que son dos submúltiplos del vatio.

$$1 \text{ milivatio (mW)} = 0{,}001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ microvatio } (\mu\text{W}) = 0{,}000\,001 \text{ W} = 10^{-6} \text{ W}$$

(Ver anexo 1.)

La unidad de energía eléctrica es el julio; ahora bien en las aplicaciones prácticas esta unidad es muy pequeña, y se usa como unidad básica el vatio-hora (Wh), que se podría definir como *la energía consumida por un receptor durante una hora, si su potencia es un vatio.*

En la mayoría de las aplicaciones eléctricas, la potencia viene expresada en kW y, en consecuencia, la unidad más usada para medir energía es el kWh, que es mil veces mayor que el Wh.

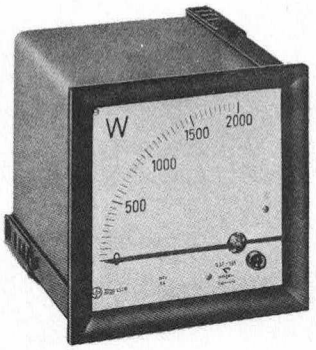
15.7.4 *Aparatos de medida*

La potencia eléctrica se mide con un aparato denominado vatímetro (figura 15.19).

Este aparato consta de dos bobinas, una amperimétrica y otra voltimétrica, que tienen características similares a las del amperímetro y voltímetro.

Debido a las características de las bobinas del vatímetro, se debe poner el mayor cuidado en su conexión, pues si no, se corre el grave riesgo de deteriorar el aparato.

La energía eléctrica se mide con un aparato llamado *contador* (fig. 15.20).



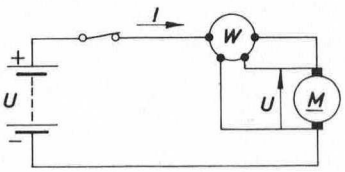


Fig. 15.19 Vatímetro. Circuito de aplicación.



Fig. 15.20 Contador eléctrico.

15.7.5 *Ejercicios de aplicación*

1.º ¿Qué potencia consume un hornillo eléctrico trabajando a 125 V, por el que circulan 2 A?

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$P = U \cdot I$$

$$P = 125 \times 2 = 250 \text{ W}$$

2.º Una lámpara consume 600 W trabajando a 120 V. Se desea saber la corriente que circula y su resistencia.

Solución:

Se utiliza la fórmula $P = U \cdot I$ de la que se despeja el valor de I:

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{600}{120} = 5 \text{ A}$$

Para calcular la resistencia se aplica la ley de Ohm:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{120}{5} = 24 \text{ ohmios}$$

3.º Si una estufa consume 2 kW y tiene una resistencia de 25 Ω, calcular la tensión de trabajo e intensidad de consumo.

Solución:

Se toma la expresión de la potencia según la ecuación $P = \frac{U^2}{R}$ de la que se despeja el valor de *U*.

$$U = \sqrt{P \cdot R}$$

$$U = \sqrt{2\,000 \times 25} = \sqrt{50\,000} = 223{,}6 \text{ V}$$

El valor de la intensidad se calcula por la ley de Ohm:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{223,6}{25} = 8,94 \text{ A}$$

4.º Calcular la potencia de un hornillo de 20 Ω de resistencia, cuya tensión de funcionamiento es 100 V.

Solución:

Este problema se puede resolver de dos maneras:

1.ª Aplicando directamente la ecuación:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = \frac{100^2}{20} = 500 \text{ W}$$

2.ª Aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

luego la potencia consumida será:

$$P = U \cdot I = 100 \times 5 = 500 \text{ W}$$

5.º Un calentador eléctrico de 120 V de tensión nominal, consume 2 A. Si está conectado durante 3 horas, calcular la energía consumida en Wh y en kWh.

Solución:

Se calcula primero la potencia del aparato:

$$P = U \cdot I = 120 \times 2 = 240 \text{ W}$$

Sabido el tiempo que está trabajando, se calcula la energía:

$$E = P \cdot t = 240 \times 3 = 720 \text{ Wh} = 0,72 \text{ kWh}$$

6.º ¿Qué tiempo tarda una lámpara de 50 W en producir 3,5 kWh?

Solución:

Primero se pasa el valor de la energía a Wh:

$$3,5 \text{ kWh} = 3\,500 \text{ Wh}$$

Como se sabe que $E = P \cdot t$, se despeja el valor del tiempo:

$$t = \frac{E}{P} = \frac{3\,500}{50} = 70 \text{ horas}$$

Ejercicio resumen

Se tiene una estufa eléctrica que funciona a la tensión de 220 V y cuya resistencia es de 44 Ω. Calcular: 1.º, la intensidad de corriente; 2.º, la potencia de dicha estufa; 3.º, la energía consumida al cabo de un mes, si está enchufada durante 6 horas diarias. El resultado en kWh.

Solución:

1.º Aplicando la ley de Ohm, se tiene:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{44} = 5 \text{ A}$$

2.º Conociendo la tensión e intensidad de funcionamiento se obtiene el valor de la potencia:

$$P = U \cdot I = 220 \times 5 = 1\,100 \text{ W}$$

o también:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{220^2}{44} = 1\,100 \text{ W}$$

3.º Se calcula, primero, el tiempo que está funcionando durante el mes:

30 días × 6 horas diarias = 180 horas

Se calcula, a continuación, la energía: $E = P \cdot t$, poniendo previamente la potencia en kWh: 1 100 W = 1,1 kW.

$$E = P \cdot t = 1{,}1 \times 180 = 198 \text{ kWh}$$

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Búsquense símiles hidráulicos o mecánicos para explicar los conceptos de potencia eléctrica y energía.

— Realícese en el laboratorio medidas simples con el voltímetro, amperímetro, vatímetro y óhmetro, explicando luego lo realizado en un trabajo monográfico.

— Compruébese, en el laboratorio, la ley de Ohm.

CUESTIONARIO

15.1 ¿Qué es la resistencia eléctrica?

15.2 ¿En qué unidad se expresa la resistencia eléctrica?

15.3 ¿Cuáles son las letras que designan la resistencia y su unidad?

15.4 ¿En qué se mide la cantidad de electricidad?

15.5 ¿Qué unidad representa más cantidad de electricidad, el culombio o el electrón?

15.6 ¿En qué unidades se expresa la intensidad de corriente?

15.7 ¿Cuáles son las letras que designan la intensidad y su unidad?

15.8 ¿Con qué instrumentos puede medirse la intensidad de la corriente eléctrica y cómo hay que conectarlo?

15.9 ¿En qué unidad se expresa la tensión?

15.10 ¿Cuáles son las letras que designan la tensión y su unidad?

15.11 ¿Con qué instrumento puede medirse la tensión eléctrica y cómo hay que conectarlo?

15.12 Se tiene una linterna que funciona con una pila de 3 V; la lamparita tiene una resistencia de 30 Ω. Calcular la intensidad del circuito.

15.13 Calcular la tensión de funcionamiento de una lámpara de 250 Ω de resistencia que, al conectarla, consume 0,5 A.

15.14 ¿Qué resistencia tendrá una estufa que funciona a 220 V y que consume 5 A?

15.15 ¿Cuál es la unidad práctica del trabajo eléctrico?

15.16 ¿De qué magnitud depende la potencia eléctrica?

15.17 ¿Qué diferencia hay entre kW y kWh?

15.18 Si se tiene una plancha eléctrica que funciona a 125 V y consume una intensidad de 2 A, calcular su potencia.

15.19 La placa de características de una cocina eléctrica indica que consume una potencia de 2,5 kW a la tensión de 125 V. Calcular: *a)* la intensidad de consumo; *b)* el valor de la resistencia; *c)* la energía eléctrica que consumirá (en kWh) en un mes, si funciona durante 3 horas diarias.

BIBLIOGRAFIA

HILLE W. SCHNEIDER O., *Electricidad,* Labor, Barcelona 1972.

Escuela del técnico electricista, Tomo I, Labor, Barcelona 1972.

LOPER O. E., *Fundamentos de corriente continua,* Diana, México 1971.

NIARD J., *Curso de Electricidad I,* Toray-Masson, Barcelona 1971.

AFHA, *Electricidad, Tomo I,* Barcelona 1974.

RAPP J., *Tratado práctico de Electrotecnia,* Ediciones Vagma, Bilbao 1962.

VAN VALKENBURGH, Nooger & Neville, Inc., *Electricidad Básica, parte I,* Marcombo, S. A., Barcelona 1974.

Tema 16. **Resistencia eléctrica**

OBJETIVOS

— *Distinguir los conceptos de resistencia, conductancia, resistividad y conductividad.*

— *Conocer las fórmulas y relaciones que existen entre los conceptos del objetivo anterior.*

— *Adquirir los conocimientos suficientes para calcular la resistencia de un conductor a partir de sus condiciones físicas y sus características eléctricas.*

— *Distinguir las diferentes clases de resistencias.*

— *Conocer las aplicaciones del efecto Joule y su aplicación al cálculo de fusibles.*

— *Saber calcular la resistencia total de varias resistencias acopladas en serie o en paralelo.*

GUION

— Cálculo de la resistencia de un conductor.
— Conductancia.
— Clases de resistencias.
— Efecto Joule.
— Variación de la resistencia con la temperatura.
— Acoplamiento de resistencias en serie.
— Acoplamiento de resistencias en paralelo.
— Circuitos mixtos (serie-paralelo).

PUNTOS CLAVE

— Dependencia de la resistencia de un conductor según sus dimensiones y naturaleza.
— Fórmulas que dan la resistencia de un conductor.
— Cálculo y utilización de fusibles.
— Fórmulas de resolución de circuitos serie y paralelo.
— Fórmulas de resolución de circuitos serie y paralelo.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Las operaciones con quebrados.

EXPOSICION DEL TEMA

16.1 Cálculo de la resistencia de un conductor

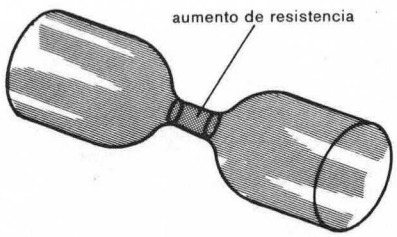


Fig. 16.1 Variación de la resistencia con la sección.

Sabido que la resistencia eléctrica es la dificultad que ofrece un conductor al paso de la corriente, resulta que esta dificultad va aumentando con el camino que tiene que recorrer; es decir, *a mayor longitud, mayor resistencia.* Si, por el contrario, se aumenta la sección del conductor, éste ofrecerá menor dificultad al paso de dicha corriente: *a mayor sección, menor resistencia* (figura 16.1).

Se ha comprobado que dos conductores de la misma longitud y de la misma sección, pero distinto material, no ofrecen la misma resistencia eléctrica. Por ello, se llega a la conclusión de que el material del conductor influye en su resistencia. Para aplicar esta influencia del material en la resistencia, se debe considerar una nueva magnitud que se llama *resistividad.*

Por tanto, la resistencia eléctrica de un conductor depende de su longitud, de su sección y de su resistividad, y toma como expresión matemática:

$$R = \rho \frac{l}{S} \qquad [16.1]$$

donde:

R = la resistencia (ohmios),
l = longitud (metros),
ρ = factor de resistividad,
S = sección.

16.1.1 *Resistividad*

Resistividad de un material es la resistencia que ofrece un hilo de dicho material, de un metro de longitud y un milímetro cuadrado de sección. Se representa por la letra griega ρ (rho).

En la tabla 16.2, se pueden ver los valores de resistividad de algunos materiales usados frecuentemente.

Tabla 16.2 Resistividades o resistencias específicas de los materiales más usados a 20 °C de temperatura

Metal	*Composición*	*Resistividad en Ω mm²/m*
Aluminio	Al	0,028
Carbón	C	63
Cinc	Zn	0,061
Cobre	Cu	0,017
Estaño	Sn	0,12
Hierro	Fe	0,13
Mercurio	Hg	0,957
Niquelina	Cu-Ni-Zn	0,40
Plata	Ag	0,0163
Plomo	Pb	0,204
Constantán	Cu-Ni	0,5
Nicrón	Ni-Cr	1

16.1.2 *Conductividad*

Es la propiedad contraria a la resistividad, o sea, la facilidad con que los conductores dejan pasar la corriente eléctrica. Se representa por la letra griega σ (sigma), y la relación matemática entre ésta y la resistividad es:

$$\boxed{\sigma = \frac{1}{\rho}} \quad ; \quad \boxed{\rho = \frac{1}{\sigma}} \qquad [16.2]$$

En consecuencia, si se despeja ρ de la expresión [16.2] y se sustituye en la fórmula [16.1], se tendrá:

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{S} = \frac{l}{\sigma \cdot S}$$

16.1.3 *Ejercicios de aplicación*

1.° Se tiene un conductor de cobre de 10 m de longitud y 1 mm² de sección. Se desea saber su resistencia.

Solución:

Para calcular la resistencia se aplica la fórmula [16.1]:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Los valores de la longitud y de la sección vienen dados en el enunciado.
El valor de la resistividad se tiene en la tabla 16.2.

$$R = 0{,}017 \times \frac{10}{1} = 0{,}17\ \Omega$$

2.° Si se tiene un conductor del mismo material, de igual sección pero de 100 m de longitud, calcular su resistencia.

Solución:

$$R = 0{,}017 \times \frac{100}{1} = 1{,}7\ \Omega$$

En donde se ve que, siendo del mismo material y sin variar la sección del conductor, la resistencia varía proporcionalmente a la longitud.

3.° Calcular la resistencia de un conductor del mismo material y de una longitud de 10 m, como en el ejemplo 1.°, pero con una sección de 2 mm².

Solución:

$$R = 0{,}017 \times \frac{10}{2} = 0{,}085\ \Omega$$

En donde se ve que, comparando con el ejemplo 1.°, la resistencia es inversamente proporcional a la sección.

4.° Si se cambia el material del conductor del ejemplo 1.° por aluminio, y se dejan la misma longitud y sección (10 metros y 1 mm² respectivamente), calcular su resistencia.

Solución:

$$R = 0{,}028 \times \frac{10}{1} = 0{,}28\ \Omega$$

Se observa, por consiguiente, que manteniendo invariables las dimensiones de un conductor, la resistencia depende del material.

5.º ¿Cuál será la conductividad de un conductor si su resistividad es de 0,0172 Ω mm²/m?

Solución:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0{,}0172} = 58{,}13\ \mho \cdot \text{m/mm}^2\ (\mho\ \text{mhos})$$

6.º ¿Qué resistencia tendrá un conductor de cobre de 100 m de longitud y 2 mm² de sección?

$$R = \frac{l}{\sigma \cdot S} = \frac{100}{58{,}13 \times 2} = \frac{100}{116{,}26} = 0{,}86\ \Omega$$

que es igual que:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{0{,}0172 \times 100}{2} = 0{,}86\ \Omega$$

16.2 Conductancia

El concepto inverso de resistencia se denomina conductancia; indica la mayor o menor facilidad con que la corriente eléctrica atraviesa un conductor. Se representa con la letra *G*, se mide en *mhos* ($\mho$), o siemens y su expresión matemática es:

$$G = \frac{1}{R}$$

16.3 Clases de resistencias

Las resistencias son dispositivos utilizados para introducir una dificultad o resistencia adicional a la corriente en un circuito eléctrico.

Las resistencias empleadas se pueden clasificar por su fabricación, por su vatiaje o por su valor. En este apartado, se clasificarán por el último concepto; así se consideran tres clases de resistencias:

— Resistencias fijas.
— Resistencias variables.
— Resistencias dependientes o especiales.

16.3.1 *Resistencias fijas*

Para expresar el valor de estas resistencias, se emplea un código de colores o bien se indican con cifras en el cuerpo de la resistencia.

Estas resistencias se clasifican en varios tipos según su fabricación:

— Aglomeradas.
— De película de carbón.
— De película metálica.
— Bobinadas.

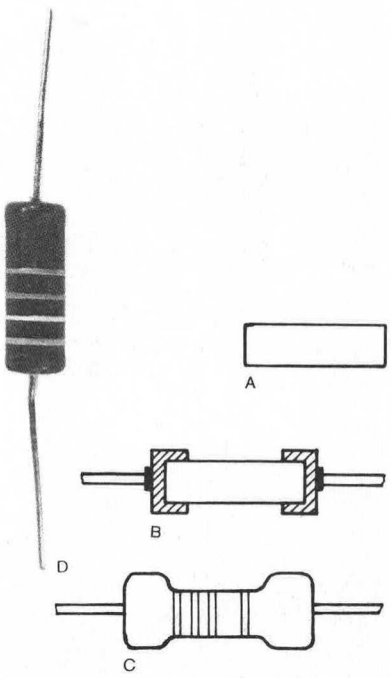


Fig. 16.3 Resistencias aglomeradas. Fabricación.

16.3.1.1 *Resistencias aglomeradas*

Nacieron al necesitarse valores de resistencia muy altos, que no se podían lograr con las resistencias bobinadas.

Se fabrican al moldear una mezcla de grafito (o carbón), resina y, en algunos casos, talco, en las proporciones adecuadas para obtener una determinada gama de valores (fig. 16.3A).

En los extremos del cilindro se colocan unos casquillos a presión donde van soldados los hilos (fig. 16.3B).

Finalmente, se recubre el conjunto con una resina o se plastifica y se pintan los colores que indican el valor de la resistencia (figs. 16.3C y 16.3D).

Las resistencias aglomeradas presentan el inconveniente de su inestabilidad térmica; es decir, que su valor puede cambiar de un modo permanente después de un sobrecalentamiento. Por esta razón hay que tener cuidado al soldarlas.

16.3.1.2 *Resistencias de película de carbón*

Son las que más se emplean actualmente.

Tienen una buena estabilidad térmica.

Su fabricación es la siguiente: sobre un cilindro aislante de cerámica (figura 16.4A) se deposita una delgada película de carbón (fig. 16.4B).

Para dar valor adecuado a la resistencia, se practican unos surcos espirales que alargan su longitud y reducen su sección (figs. 16.4C y 16.4F). Con un control preciso del paso de la espiral, se fabrican resistencias de muchos valores y de buena precisión.

Se colocan los casquillos terminales y los hilos de conexión exterior (figura 16.4D). Finalmente, se esmaltan y pintan los anillos para deducir su valor (fig. 16.4E).

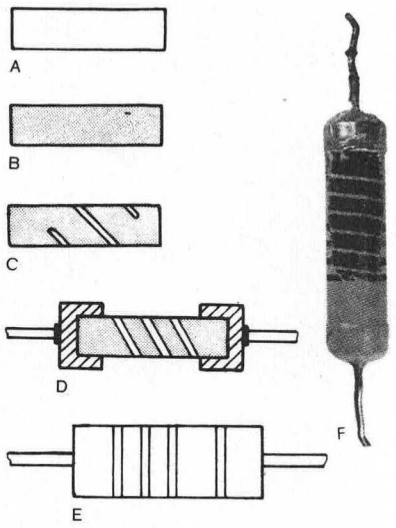


Fig. 16.4 Resistencia de película de carbón. Fabricación.

16.3.1.3 *Resistencias de película metálica*

Por un proceso semejante al anterior, se deposita sobre el cuerpo aislante una capa de una aleación metálica (generalmente de cromo) en lugar de la capa de carbón. Los demás pasos son idénticos a los del proceso anterior.

Estas resistencias tienen una gran estabilidad térmica. Se emplean donde es necesaria una gran seguridad de funcionamiento, aun en las condiciones más adversas.

16.3.1.4 *Resistencias bobinadas*

Sobre un soporte aislante se van colocando espiras de un hilo metálico resistivo hasta obtener el valor de resistencia deseado (fig. 16.5).

Son resistencias muy estables, tanto como pueda serlo el hilo con que se fabrican.

El hilo resistivo suele ser de aleaciones del tipo Ni-Cr-Al.

Como el hilo admite cualquier sección, pueden fabricarse resistencias que disipen gran potencia.

El soporte de la resistencia es de porcelana o esteatita.

Al conjunto se le da una capa de esmalte o de cemento, o se cubre con un tubo cerámico (fig. 16.6).

Hay resistencias bobinadas con una toma intermedia desplazable que permite ajustar el valor de la resistencia a la deseada (fig. 16.7).

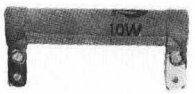


Fig. 16.5 Resistencia bobinada.

16.3.2 *Resistencias variables*

Llamadas también potenciómetros y reóstatos, son resistencias que pueden tomar un valor cualquiera entre 0 y *R*, por medios manuales. Los potenciómetros o reóstatos se designan por el valor máximo de su resistencia, o valor entre los extremos del mismo.

Pueden subdividirse en varios grupos según su constitución.

16.3.2.1 *Bobinadas*

Sobre un soporte cerámico se arrolla un hilo resistivo. Se vitrifica el conjunto, excepto la zona por donde debe correr el cursor solidario con el eje (figura 16.8).

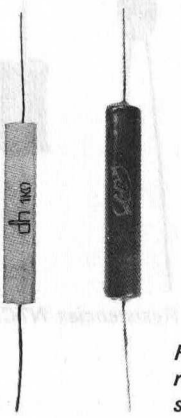


Fig. 16.6 Diversos recubrimientos de resistencias bobinadas.

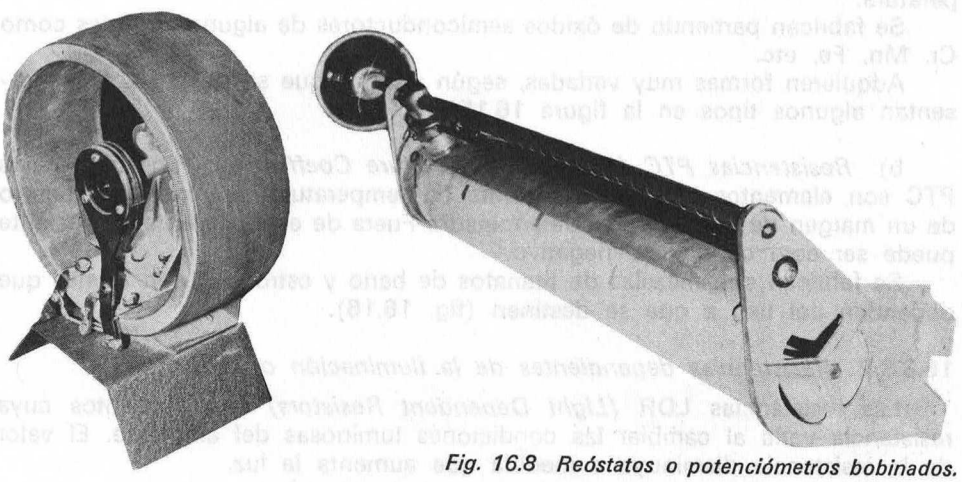


Fig. 16.8 Reóstatos o potenciómetros bobinados.

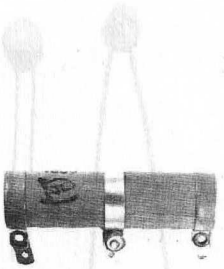


Fig. 16.7 Resistencia bobinada con toma intermedia.

16.3.2.2 *De película*

Al igual que las resistencias con película de carbón se deposita carbón sobre un soporte circular (fig. 16.9), por el cual se desplaza el cursor.

Según su geometría exterior se subdividen en:

— normal (fig. 16.10),
— recta (fig. 16.11),
— con interruptor (fig. 16.12),
— miniatura (fig. 16.13),
— en tándem (fig. 16.14).

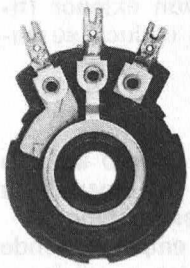


Fig. 16.9 Potenciómetro de película de carbón.

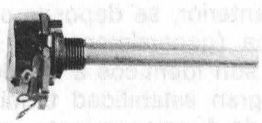


Fig. 16.10 Potenciómetro normal.

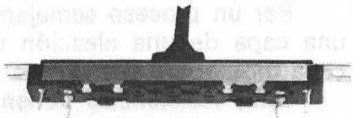


Fig. 16.11 Potenciómetro recto.



Fig. 16.12 Potenciómetro con interruptor.



Fig. 16.13 Potenciómetro miniatura.



Fig. 16.14 Potenciómetro de tándem.

16.3.3 *Resistencias dependientes*

Las resistencias especiales o dependientes son las fabricadas con materiales especiales y que modifican su característica resistiva según el agente del que dependan.

Hay tres clases de dependencias:

— De la temperatura.
— De la iluminación (luz).
— De la tensión.

16.3.3.1 *Resistencias dependientes de la temperatura o termistores*

Este tipo de resistencias se pueden dividir en dos clases:

a) resistencias NTC;
b) resistencias PTC.

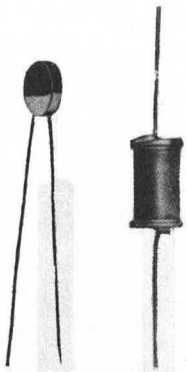


Fig. 16 15 Resistencias NTC.

a) *Resistencias NTC (Negative Temperature Coefficient).* Son dispositivos en los que la resistencia disminuye rápidamente al aumentar la temperatura.

Se fabrican partiendo de óxidos semiconductores de algunos metales como Cr, Mn, Fe, etc.

Adquieren formas muy variadas, según el fin a que se destinen. Se representan algunos tipos en la figura 16.15.

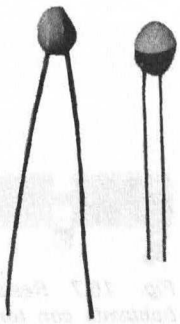


Fig. 16.16 Resistencias PTC.

b) *Resistencias PTC (Positive Temperature Coefficient).* Los termistores PTC son elementos con un coeficiente de temperatura muy positivo, dentro de un margen de temperaturas determinado. Fuera de ese margen el coeficiente puede ser cero o, incluso, negativo.

Se fabrican con mezclas de titanatos de bario y estroncio, con formas que dependen del uso a que se destinen (fig. 16.16).

16.3.3.2 *Resistencias dependientes de la iluminación o LDR*

Las resistencias LDR *(Light Dependent Resistors)* son elementos cuya resistencia varía al cambiar las condiciones luminosas del ambiente. El valor de la resistencia disminuye a medida que aumenta la luz.

El elemento sensible es sulfuro de cadmio (fig. 16.17).

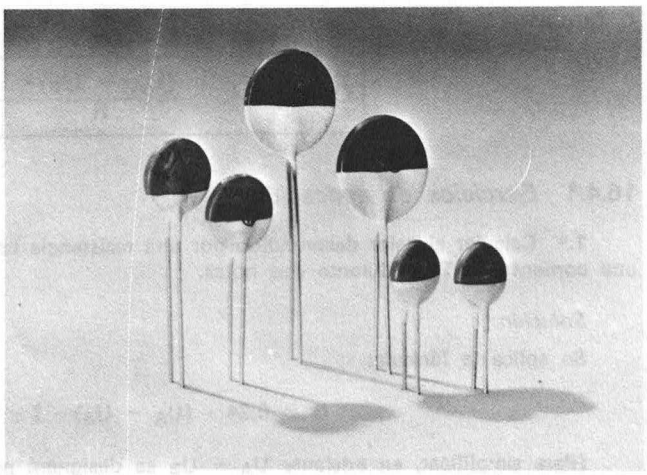


Fig. 16.17
Resistencias LDR.

16.3.3.3 *Resistencias dependientes de la tensión o VDR (Voltage Dependent Resistors)*

Son elementos en los que el valor de la resistencia disminuye al aumentar la tensión aplicada. Se les llama también varistores (fig. 16.18).

Se fabrican con carburo de silicio.



Cortesía de COPRESA

Fig. 16.18 Resistencias VDR.

16.4 Efecto Joule

En el apartado 15.1, al hablar de resistencia eléctrica, se dijo que ésta dependía de las atracciones de los núcleos sobre los electrones de la corriente, y en la figura 15.1 se representó este fenómeno mediante el roce de los electrones con los átomos. Pues bien, el roce de la corriente eléctrica con los átomos produce, además, un calentamiento del material; por ello, todos los materiales conductores recorridos por una corriente eléctrica se calientan y aumentan su temperatura.

Es evidente que cuanto mayor sea la corriente tanto mayor serán los roces y, por tanto, mayor será el calor producido. Si además el material es muy resistivo (hay una gran concentración de núcleos), habrá más roces y, en consecuencia, aumentará el calor desprendido.

En el siglo pasado, James P. Joule, físico inglés, estudió la relación existente entre la corriente eléctrica y el calor producido por ésta, y enunció la siguiente ley:

La cantidad de calor producida por una resistencia es igual al producto de la d. d. p. que soporta entre sus extremos por la corriente que la atraviesa y por el tiempo en segundos que circula la corriente, todo ello afectado de un coeficiente de proporcionalidad, de valor 0,24 (fig. 16.19).

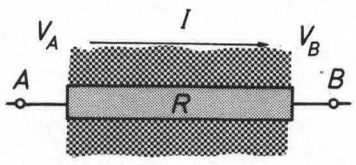


Fig. 16.19 Efecto Joule

La expresión matemática de esta ley es:

$$Q = (U_A - U_B) \cdot I \cdot t \cdot 0{,}24$$

donde:

- Q = cantidad de calor (en calorías),
- $U_A - U_B$ = la tensión en bornes de la resistencia o conductor (expresada en voltios),
- I = la corriente eléctrica (en amperios),
- t = el tiempo (en segundos).

Esta expresión se puede transformar en otras dos, de uso cotidiano, aplicando la ley de Ohm.

$$Q = 0{,}24 \cdot (U_A - U_B) \cdot I \cdot t$$

ya que:

$$U_A - U_B = I \cdot R \quad ; \quad I = \frac{U_A - U_B}{R}$$

y por tanto:

$$Q = 0{,}24 \cdot I \cdot R \cdot I \cdot t = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

o también:

$$\boxed{Q = 0{,}24 \cdot \frac{(U_A - U_B)^2 \cdot t}{R}}$$

16.4.1 *Ejercicios de aplicación*

1.º Calcular el calor desprendido por una resistencia conectada a 220 V recorrida por una corriente de 2 A, durante dos horas.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$Q = 0{,}24 \cdot (U_A - U_B) \cdot I \cdot t$$

(Para simplificar, en adelante $U_A - U_B$ se designará por U_{AB}.)
O sea:

$$Q = 0{,}24 \cdot U_{AB} \cdot I \cdot t = 0{,}24 \times 220 \times 2 \times 7\,200$$

ya que 1 hora = 60 × 60 = 3 600 s; y, en consecuencia, 2 horas = 7 200 s:

$$Q = 760\,320 \text{ cal} = 760{,}32 \text{ kcal}$$

2.º Qué calor producirá la resistencia de un calentador eléctrico, si su valor es de 40 Ω y está conectado a una tensión de 120 V, durante medio minuto.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$Q = 0{,}24 \cdot \frac{U_{AB}^2}{R} \cdot t$$

o sea:

$$Q = 0{,}24 \times \frac{120^2}{40} \times 30 = 2\,592 \text{ cal}$$

$$Q = 2{,}592 \text{ kcal}$$

3.º Calcular el calor producido por una estufa de 1 000 W, conectada durante 1 minuto.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$Q = 0{,}24 \cdot U_{AB} \cdot I \cdot t$$

pero si se considera que:

$$U_{AB} \cdot I = W_{AB}$$

resulta:

$$Q = 0{,}24 \cdot W_{AB} \cdot t \text{ y } W_{AB} = 1\,000 \text{ W}$$

luego:

$$Q = 0{,}24 \times 1\,000 \times 60 = 14{,}4 \times 10^3 \text{ cal}$$

$$Q = 14{,}4 \text{ kcal}$$

16.4.2 *Aplicaciones*

En todas las aplicaciones eléctricas aparece este efecto calorífico, perjudicial en algunas ocasiones; piénsese, en efecto, en los motores, transformadores y máquinas eléctricas, en general; el calor desprendido por efecto Joule es muy peligroso, pues aumenta el riesgo de fallo, por fusión de los aislantes utilizados.

Por el contrario, hay aplicaciones importantes donde se aprovecha ese calor desprendido. Algunas de las más importantes son:

— Alumbrado (fig. 16.20).
— Soldadura eléctrica y por puntos (fig. 16.21).
— Soldaduras blandas, con soldadores eléctricos (fig. 16.22).
— Hornos (fig. 16.23).
— Estufas y calentadores (fig. 16.24).
— Fusibles (fig. 16.25).

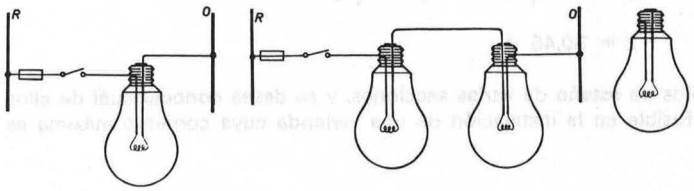


Fig. 16.20 El alumbrado se produce por efecto Joule.

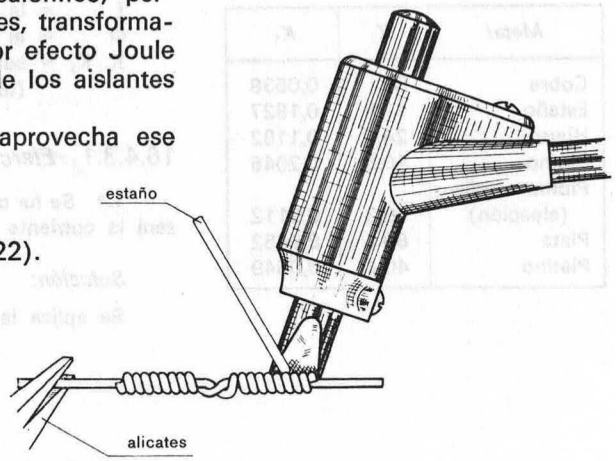


Fig. 16.22 El estaño funde por el calor que le proporciona el soldador.

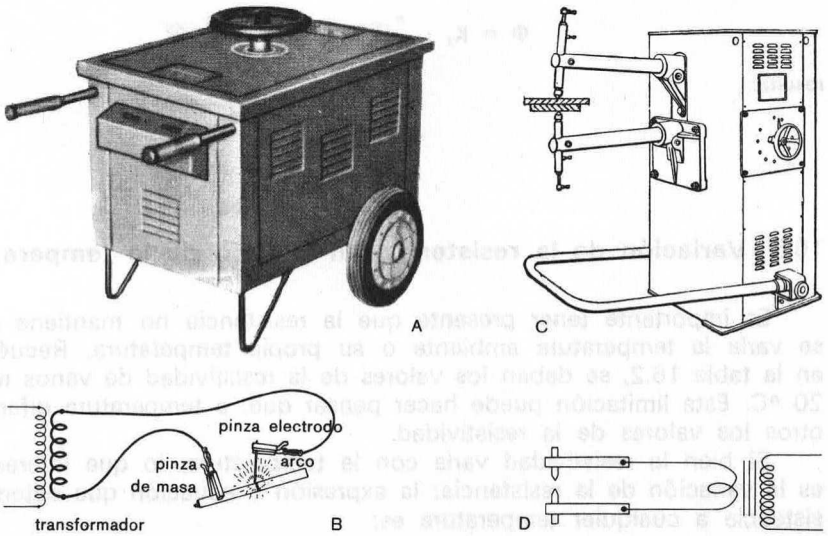


Fig. 16.21 Soldadura eléctrica y por puntos: A, *transformador;* B, *esquema;* C, *máquina;* D, *esquema.*

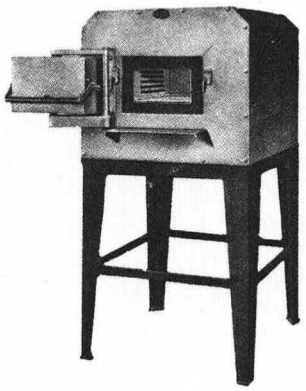


Fig. 16.23 El calor que se produce en un horno eléctrico es debido a una resistencia eléctrica.

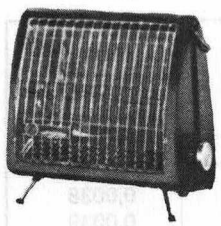


Fig. 16.24 El calor producido por una resistencia se usa para calentar el ambiente (estufa) o para calentar el agua (calentador).

16.4.3 *Cálculo de fusibles*

Los fusibles son elementos muy importantes en las instalaciones ya que son el punto por el cual se interrumpe el circuito cuando en éste se produce una sobrecarga.

Un fusible es un conductor de pequeña longitud cuyo punto de fusión suele ser inferior al de la instalación y cuya misión es limitar la corriente de un circuito entre valores moderados.

En muchas ocasiones se da el caso de tener que reponer algún fusible fundido y, en la mayoría de los casos, no se dispone del adecuado; en forma estándar, por tanto, es muy interesante conocer dos expresiones que ligan la intensidad soportada y el diámetro del fusible.

Estas expresiones son:

$$I = K \cdot \sqrt{\Phi^3}$$

$$\Phi = K_1 \cdot \sqrt{I^2}$$

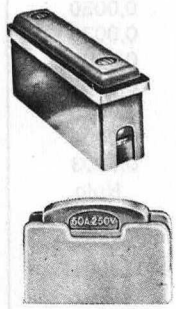


Fig. 16.25 Fusibles para protección de instalaciones.

Tabla 16.26 Constantes para el cálculo de fusibles

Metal	*K*	K_1
Cobre	80	0,0538
Estaño	12,8	0,1827
Hierro	24,6	0,1182
Plomo	10,8	0,2046
Plomo-estaño (aleación)	10,3	0,2112
Plata	60	0,0652
Platino	40,4	0,0849

donde:

I = la intensidad de corriente a la que funde (en amperios),
Φ = al diámetro del conductor (en mm),
K, K_1 = son constantes que dependen del material empleado para construir el fusible (tabla 16.26).

16.4.3.1 *Ejercicios de aplicación*

1.º Se ha construido un fusible con hilo de plomo de 2 mm ⌀, y se desea conocer cuál será la corriente que soportará.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$I = K \cdot \sqrt{\Phi^3} = 10{,}8 \times \sqrt{8}$$

$$I = 30{,}45 \text{ A}$$

2.º Se dispone de hilos de estaño de varias secciones, y se desea conocer cuál de ellos será el adecuado para un fusible en la instalación de una vivienda cuya corriente máxima es de 5 A.

Solución:

La intensidad a la que debe fundir el fusible será siempre el doble de la intensidad máxima en condiciones normales; en este caso, su valor será 10 A.

Si se aplica la fórmula:

$$\Phi = K_1 \cdot \sqrt[3]{I^2} = 0{,}1827 \times \sqrt[3]{10^2}$$

resulta:

$$\Phi = 0{,}84 \text{ mm}$$

16.5 Variación de la resistencia en función de la temperatura

Es importante tener presente que la resistencia no mantiene su valor si se varía la temperatura ambiente o su propia temperatura. Recuérdese que, en la tabla 16.2, se daban los valores de la resistividad de varios materiales a 20 °C. Esta limitación puede hacer pensar que, a temperatura diferente, serán otros los valores de la resistividad.

Si bien la resistividad varía con la temperatura, lo que interesa destacar es la variación de la resistencia; la expresión o ecuación que determina la resistencia a cualquier temperatura es:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

donde:

R_t = la resistencia a la temperatura t,
R_0 = la resistencia a 20 °C de temperatura,
α = un coeficiente de temperatura,
Δt = (t − 20) igual a la variación de la temperatura desde 20 °C hasta t °C.

Tabla 16.27 Coeficientes de temperatura

Metal	$\alpha \left(\frac{1}{\Omega}\right)$ *Coeficiente de temperatura*
Plata	0,0038
Cobre	0,0039
Aluminio	0,0037
Cinc	0,0039
Hierro puro	0,0048
Hierro en hilos	0,0048
Platino	0,0030
Oro	0,0034
Niquel	0,0050
Estaño	0,0036
Mercurio	0,0009
Plomo	0,0037
Wolframio	0,0040
Carbón	0,0004
Mélchort	0,0003
Manganina	Nulo
Niquelina	0,0002
Constantán	Casi cero
Nicrom	0,00017
Kruppina	0,0007
Bronce	0,0020
Latón	0,0015

En la tabla 16.27 se pueden observar los valores de la temperatura para las diferentes sustancias.

El aumento de la resistencia con la temperatura se explica por los roces de los electrones con los átomos; si aumenta la temperatura en una resistencia o en un conductor, los electrones se moverán caóticamente y, en consecuencia se producirán más roces con los átomos cercanos, con lo que aumentará la resistencia.

16.5.1 *Ejercicio de aplicación*

¿Qué resistencia tendrá la bobina de un motor que se ha calentado hasta 70 °C, si a 20 °C valía 2,5 Ω? La bobina es de cobre.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

siendo los datos:

$$\Delta t = 70 - 20 = 50\ ^\circ C;\ \alpha = 0{,}0039;\ R_0 = 2{,}5\ \Omega$$

$$R_t = 2{,}5 \times (1 + 0{,}0039 \times 50) = 2{,}98\ \Omega$$

16.6 Acoplamiento de resistencias en serie

Se dice que un conjunto de resistencias está en serie cuando la salida de una resistencia está conectada con la entrada de la siguiente, y así sucesivamente hasta tener dos únicos bornes que se conectan a la tensión de alimentación (fig. 16.28A).

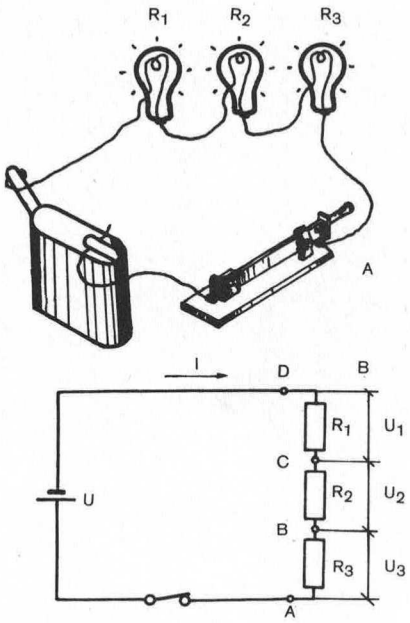


Fig. 16.28 Resistencias en serie.

16.6.1 *Cálculo de la resistencia equivalente*

Aplicando la ley de Ohm al circuito de la figura 16.28B, se tendrá:

$$U_A - U_B = I \cdot R_3;\ U_B - U_C = I \cdot R_2;\ U_C - U_D = I \cdot R_1$$

luego, como *U* es igual a la d. d. p. entre *A* y *D*:

$$U = U_A - U_D \begin{cases} U_A - U_B = I \cdot R_3 \\ U_B - U_C = I \cdot R_2 \\ U_C - U_D = I \cdot R_1 \end{cases}$$

y sumando:

$$U_A - U_D = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$

agrupando y sustituyendo:

$$\boxed{U = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)} \qquad [16.3]$$

La resistencia equivalente o total del circuito será aquella que, al colocarla en sustitución de R_1, R_2 y R_3, produzca una corriente I igual a la anterior.

Ya se dijo que la resistencia eléctrica es la dificultad que oponen los cuerpos al paso de la corriente; por tanto, al tener que recorrer la corriente todo el circuito, tendrá que vencer una tras otra, todas las resistencias. En un montaje en serie, la resistencia total del circuito es la suma de todas las resistencias, como se puede ver al generalizar la expresión [16.3]

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \ldots$$

16.6.2 *Características eléctricas del circuito*

16.6.2.1 *Cálculo de la corriente*

Según la ley de Ohm, la intensidad de la corriente que circula por todas las resistencias será igual a la tensión aplicada al circuito, dividida por la resistencia total del circuito.

$$\boxed{I = \frac{U_t}{R_t}}$$

16.6.2.2 *Tensiones parciales*

Aplicando nuevamente la ley de Ohm a cada una de las resistencias que componen el circuito, se puede obtener la tensión aplicada a cada una de ellas:

$$U_1 = I \cdot R_1;\ U_2 = I \cdot R_2;\ U_3 = I \cdot R_3$$

Sumando las tres ecuaciones anteriores, se tiene:

$$U_1 + U_2 + U_3 = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

con lo que se ve que, en un circuito en serie, la resistencia total del circuito es la suma de todas las resistencias que lo componen:

$$U_1 + U_2 + U_3 = I \cdot R_t$$

De la ecuación $U_t/R_t = I$ se saca que $U_t = I \cdot R_t$. Y sustituyendo este valor en la fórmula anterior, se obtiene que:

$$\boxed{U_t = U_1 + U_2 + U_3}$$

En un circuito en serie la tensión aplicada se reparte proporcionalmente entre sus resistencias.

16.6.2.3 *Potencia total y potencias parciales*

La potencia total absorbida por el circuito es igual al producto de la d. d. p., producida por la pila, multiplicada por la corriente que circula por el circuito; y valdrá:

$$P = U \cdot I$$

Esta potencia se reparte entre las distintas resistencias del circuito; las potencias disipadas en las mismas se llaman *potencias parciales,* y su valor será:

$$P_p = I^2 \cdot R_p = I \cdot U_p$$

donde:

P_p = potencia parcial (en W),
I = la corriente (en A),
R_p = la resistencia (en Ω),
U_p = la d. d. p. en R_p (en V).

Se puede comprobar fácilmente cómo se cumple que la suma de las potencias parciales es igual a la total (fig. 16.28):

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

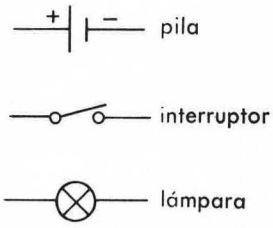


Fig. 16.29 Símbolos necesarios para el esquema.

ya que:

$$P = U \cdot I = (U_1 + U_2 + U_3) \cdot I = U_1 \cdot I + U_2 \cdot I + U_3 \cdot I$$
$$= P_1 + P_2 + P_3$$

Es necesario hacer resaltar que la interrupción o fallo de cualquiera de los receptores obliga al resto a no funcionar (una bombilla fundida, colocada en serie, apaga todas las restantes).

16.6.3 *Ejercicio de aplicación*

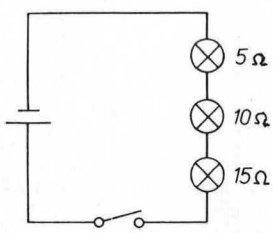


Fig. 16.30 Esquema del circuito.

A una pila de linterna de 4,5 V se le conectan tres lamparitas en serie de 5, 10 y 15 Ω respectivamente: 1.º, hacer el esquema de la conexión; 2.º, calcular la resistencia total; 3.º, calcular la intensidad de corriente; 4.º, calcular la tensión en bornes de cada lamparita; 5.º, calcular las potencias parciales en mW y la total del circuito.

Solución:

1.º Se buscan los símbolos de cada elemento en el capítulo de Normalización (fig. 16.29). Se prepara el esquema (fig. 16.30).

2.º La resistencia total será la suma de todas las resistencias:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 10 + 15 = 30\ \Omega$$

3.º Para hallar la intensidad, se aplica la ley de Ohm al circuito:

$$I = \frac{U_t}{R_t} = \frac{4{,}5}{30} = 0{,}15 \text{ A}$$

4.º Aplicando la ley de Ohm, se obtienen las tensiones de cada lamparita:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 0{,}15 \times 5 = 0{,}75 \text{ V}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 0{,}15 \times 10 = 1{,}5 \text{ V}$$

$$U_3 = I \cdot R_3 = 0{,}15 \times 15 = 2{,}25 \text{ V}$$

Sumando las tensiones de cada lámpara, se obtiene la tensión total aplicada:

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3 = 0{,}75 + 1{,}5 + 2{,}25 = 4{,}5 \text{ V}$$

5.º La potencia parcial en cada lamparita se obtendrá al aplicar la fórmula: $P_p = I \cdot U_p$.

$$P_1 = 0{,}15 \times 0{,}75 = 0{,}1125 \text{ W} = 112{,}5 \text{ mW}$$

$$P_2 = 0{,}15 \times 1{,}5 = 0{,}225 \text{ W} = 225 \text{ mW}$$

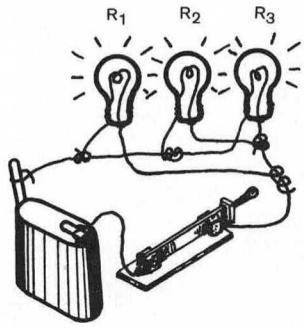
$$P_3 = 0{,}15 \times 2{,}25 = 0{,}3375 \text{ W} = 337{,}5 \text{ mW}$$

La potencia total será:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 = 112{,}5 + 225 + 337{,}5 = 675 \text{ mW}$$

Y se puede comprobar fácilmente:

$$P_t = I \cdot U_t = 0{,}15 \times 4{,}5 = 0{,}675 = 675 \text{ mW}$$



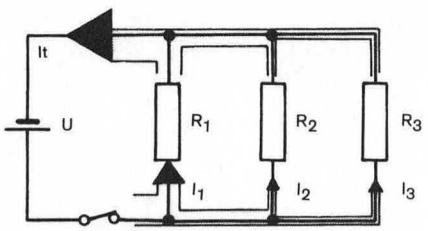


Fig. 16.31 Resistencias en paralelo.

16.7 Acoplamiento de resistencias en paralelo

Se dice que un conjunto de resistencias están acopladas en *paralelo* o *derivación,* cuando todas las salidas están conectadas a un punto común, y todas las entradas a otro. A estos puntos se les aplica la tensión de alimentación; por tanto, en un circuito en paralelo todas las resistencias reciben la tensión total y funcionan a la misma tensión (fig. 16.31).

16.7.1 *Cálculo de la resistencia equivalente*

Si se aplica la ley de Ohm al circuito de la figura 16.31, se tendrá:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}\ ;\ I_2 = \frac{U}{R_2}\ ;\ I_3 = \frac{U}{R_3} \qquad [16.4]$$

y como la corriente que recorre la pila es:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

se pueden sustituir los valores calculados en [16.4] obteniéndose:

$$I_t = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

Al igual que se decía en el apartado 16.6.1, la resistencia equivalente del circuito (R_t) será aquélla que, al colocarla en sustitución de R_1, R_2 y R_3, nos produzca sobre la pila una corriente igual a la I_t; y, por tanto, aplicando la ley de Ohm,

$$I_t = \frac{U}{R_t}$$

Igualando las dos últimas ecuaciones se obtiene:

$$U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) = \frac{U}{R_t}$$

Y, simplificando:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_t}$$

Se obtendrá, como se buscaba, el valor de la resistencia total de un circuito en paralelo:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

y generalizando:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \ldots}$$

16.7.2 *Características eléctricas del circuito*

16.7.2.1 *Cálculo de las corrientes*

A diferencia del circuito serie, en el circuito paralelo, como se muestra en el esquema de la figura 16.31, la corriente puede circular por varios caminos. En un circuito en paralelo la intensidad total es igual a la suma de las intensidades que pasan por cada resistencia.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

Aplicando la ley de Ohm a cada una de las resistencias que componen el circuito y como la tensión de cada una será la de alimentación se tendrá:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

16.7.2.2 *Potencia total y potencias parciales*

La potencia total absorbida por un circuito derivación es igual al producto de la d. d. p. producida por la pila, multiplicada por la corriente que la atraviesa.

$$P = U \cdot I_t$$

Al igual que sucedía en la conexión serie, esta potencia se reparte entre las distintas resistencias del circuito; se llama *potencia parcial* la disipada en cada una de las resistencias, siendo su valor igual al del cálculo anterior:

$$\boxed{P_p = I_p^2 \cdot R_p = I_p \cdot U}$$

donde:

P_p = potencia parcial,
R_p = la resistencia en particular,
I_p = la corriente que recorre dicha resistencia,
U = la d. d. p. del circuito.

Aplicando el principio de conservación de la energía, se obtiene (fig. 16.31):

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

En estos circuitos, al interrumpirse o fallar una de las ramas, el resto sigue funcionando sin deterioro de los mismos.

16.7.3 *Ejercicio de aplicación*

A una batería de automóvil de 12 V se conectan tres resistencias en paralelo de 6, 4 y 12 Ω respectivamente. Calcular: 1.º, el esquema de conexión; 2.º, la resistencia total del circuito; 3.º, la intensidad absorbida por cada resistencia; 4.º, la intensidad total; 5.º, las potencias parciales en mW (potencias de 10), y la total del circuito en (W).

Solución:

1.º Se realiza el esquema de la figura 16.32.

2.º Se calcula la resistencia total, mediante la ecuación:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{2+3+1}{12} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

$$R_t = 2\ \Omega$$

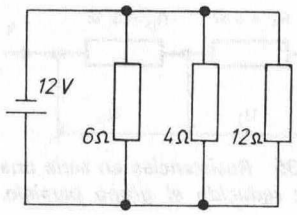


Fig. 16.32 Circuito paralelo.

3.º Se aplica la ley de Ohm:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}\ ;\ I_1 = \frac{12}{6} = 2\ A$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}\ ;\ I_2 = \frac{12}{4} = 3\ A$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3}\ ;\ I_3 = \frac{12}{12} = 1\ A$$

Como se ve, resulta que en un circuito en paralelo las intensidades se reparten de forma inversamente proporcional a las resistencias.

4.º A continuación se calcula la intensidad total como la suma de las intensidades parciales:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 3 + 1 = 6\ A$$

O bien, se aplica la ley de Ohm al circuito:

$$I_t = \frac{U}{R_t} = \frac{12}{2} = 6\ A$$

5.º La potencia parcial se obtendrá aplicando la fórmula: $P_p = I_p \cdot U$.

$$P_1 = 2 \times 12 = 24\ W = 24 \times 10^3\ mW$$

$$P_2 = 3 \times 12 = 36\ W = 36 \times 10^3\ mW$$

$$P_3 = 1 \times 12 = 12\ W = 12 \times 10^3\ mW$$

y la potencia total se obtendrá de la suma de las anteriores:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 24 + 36 + 12 = 72\ W$$

Resultado que se puede comprobar aplicando la fórmula general de la potencia total:

$$P = U \cdot I_t = 12 \times 6 = 72\ W$$

16.8 Circuitos mixtos (serie-paralelo)

En la práctica, los circuitos que se presentan con resistencias no son tan simples como los vistos hasta aquí, ya que en general las resistencias se montan por agrupaciones serie-paralelo, esto es, en serie con un circuito paralelo se encuentran una o varias resistencisa. Estos circuitos se llaman *mixtos.*

Para resolver estos circuitos, se solucionan independientemente los montajes serie y paralelo que lo compongan, con lo que se llega a obtener un circuito único, bien en serie o en paralelo, que se resolverá por el método correspondiente.

16.8.1 *Ejercicios de aplicación*

1.º Calcular en el circuito de la figura 16.33: *a)* la resistencia total equivalente del circuito; *b)* la intensidad total; *c)* la tensión en bornes de cada resistencia; *d)* la intensidad que circula por cada resistencia.

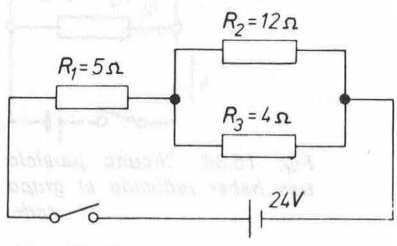


Fig. 16.33 Circuito mixto.

Solución:

a) Se resuelve el circuito en paralelo (fig. 16.34).

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2 + R_3}{R_2 \cdot R_3} \Rightarrow R_p = \frac{1}{\frac{R_2 + R_3}{R_2 \cdot R_3}} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_p = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = \frac{48}{16} = \frac{12}{4} = 3\ \Omega$$

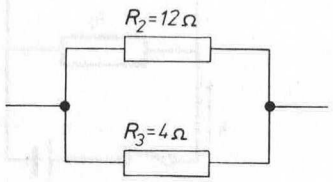


Fig. 16.34 Conjunto de resistencias en paralelo dentro del circuito mixto.

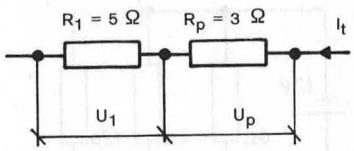


Fig. 16.35 Resistencias en serie una vez reducido el grupo paralelo.

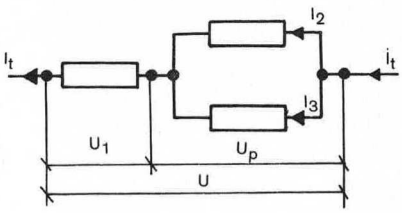


Fig. 16.36 Reparto de corrientes.

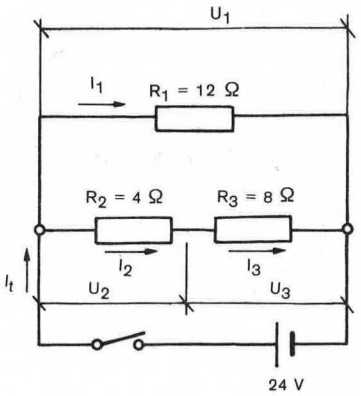


Fig. 16.37 Circuito mixto.

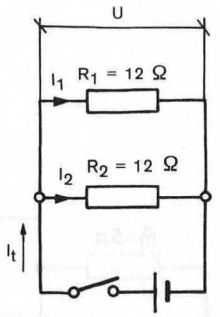


Fig. 16.38 Circuito paralelo tras haber reducido el grupo serie.

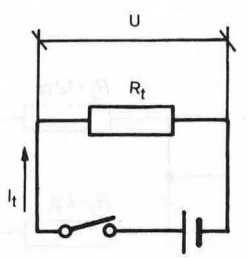


Fig. 16.39 Resistencia equivalente total.

Por tanto, se tiene ya un circuito en serie formado por la resistencia de 5 Ω y la resistencia equivalente del circuito en paralelo (fig. 16.35).

$$R_t = R_1 + R_p = 5 + 3 = 8\ \Omega$$

b) Se aplica la ley de Ohm y se obtiene:

$$I_t = \frac{U}{R_t} = \frac{24}{8} = 3\ A$$

c) Utilizando de nuevo la ley de Ohm (circuito de la figura 16.36):

$$U_1 = I_t \cdot R_1 = 3 \times 5 = 15\ V$$

y:

$$U_p = 3 \times 3 = 9\ V$$

y como:

$$U_p = U_2 = U_3$$

por estar en paralelo, así:

$$U_3 = U_2 = 9\ V$$

d) Las intensidades parciales serán:
En la resistencia R_1, por estar en serie en el circuito, la total del circuito:

$$I_1 = I_t = 3\ A$$

Para calcular la intensidad en las resistencias en paralelo, se aplica la ley de Ohm a cada una de ellas:

$$I_2 = \frac{U_p}{R_2} = \frac{9}{12} = 0{,}75\ A$$

$$I_3 = \frac{U_p}{R_3} = \frac{9}{4} = 2{,}25\ A$$

2.° Calcular en el circuito de la figura 16.37: *a)* resistencia de cada rama; *b)* intensidad total; *c)* intensidad de cada rama; *d)* tensión en bornes de cada resistencia.

Solución:

a) Se resuelve la rama en serie, cuya resistencia es:

$$R_s = R_2 + R_3 = 4 + 8 = 12\ \Omega$$

Queda así un circuito formado por dos resistencias en paralelo (fig. 16.38), cuya resistencia combinada es (fig. 16.39):

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_s}{R_1 + R_s} = \frac{12 \times 12}{12 + 12} = \frac{144}{24} = \frac{12}{2} = 6\ \Omega$$

b) Aplicando la ley de Ohm:

$$I_t = \frac{U}{R_t} = \frac{24}{6} = 4\ A$$

c) La tensión en bornes de cada rama será la misma, puesto que están en paralelo. Por tanto:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{24}{12} = 2\ A$$

$$I_s = I_2 = I_3 = \frac{24}{12} = 2\ A$$

La intensidad en las resistencias R_2 y R_3 será igual a la de la rama, puesto que están en serie.

d) La tensión aplicada a cada rama es la de la batería. Por consiguiente:

$$U_s = 24 \text{ V}$$

$$U_1 = 24 \text{ V}$$

$$U_2 = R_2 \cdot I_2 = 4 \times 2 = 8 \text{ V}$$

$$U_3 = R_3 \cdot I_3 = 8 \times 2 = 16 \text{ V}$$

Ejercicio resumen

Se dispone de un generador de 24 V, al que se acopla un motor cuya resistencia es de 6,3 Ω, mediante una línea de cobre de 50 m de longitud y 1 mm² de sección. Calcular: 1.º, resistencia de la línea; 2.º, resistencia total; 3.º, intensidad del circuito; 4.º, tensión en bornes del motor; 5.º, potencia cedida por el generador; 6.º, potencia absorbida por el motor; 7.º, calor disipado por efecto Joule en la línea, sabiendo que ha estado conectado 6 horas; 8.º, energía consumida por el motor durante un mes, si cada día está conectado 6 horas.

Solución:

1.º La resistencia de la línea se calcula teniendo en cuenta que se trata de dos conductores, el de ida y el de retorno; y que, por tanto, la longitud del conductor será el doble que la de la línea.

$$R_L = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{S} = 0{,}017 \times \frac{2 \times 50}{1} = 1{,}7 \ \Omega$$

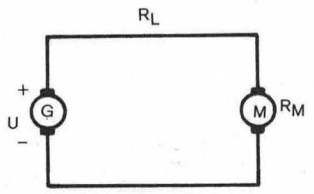


Fig. 16.40 Ejercicio resumen.

2.º La resistencia total, como se trata de un circuito en serie, será la suma de la del receptor más la de la línea (fig. 16.40):

$$R_t = R_L + R_M = 1{,}7 + 6{,}3 = 8 \ \Omega$$

3.º La intensidad del circuito se obtiene con la ley de Ohm:

$$I = \frac{U}{R_t} = \frac{24}{8} = 3 \text{ A}$$

4.º La tensión en bornes del motor se calcula también con la ley de Ohm:

$$U_M = I \cdot R_M = 3 \times 6{,}3 = 18{,}9 \text{ V}$$

5.º Con la expresión de la potencia $P = U \cdot I$, se obtiene la potencia cedida por el generador:

$$P = 24 \times 3 = 72 \text{ W}$$

6.º Se aplica la misma fórmula anterior $P = U \cdot I$, al receptor:

$$P = 18{,}9 \times 3 = 56{,}7 \text{ W}$$

7.º Se aplica la fórmula:

$$Q = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R_L \cdot t$$

siendo:

$$R_L = 1{,}7 \ \Omega, \quad I = 3 \text{ A} \quad \text{y} \quad t = 6 \times 3\,600 \text{ s}$$

$$Q = 0{,}24 \times 3^2 \times 1{,}7 \times 6 \times 3\,600 = 79\,315{,}2 \text{ cal}$$

$$Q = 79{,}3152 \text{ kcal}$$

8.º Para calcular la energía consumida en un mes, se calcula, primero, el tiempo de funcionamiento en horas:

$$6 \text{ horas} \times 30 = 180 \text{ horas}$$

Con la fórmula $E = P \cdot t$, se calcula la energía al mes:

$$E = 56{,}7 \times 180 = 10\,206 \text{ Wh} \ ; \ 10\,206 \text{ Wh} = 10{,}206 \text{ kWh}$$

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Realícese un trabajo de comparación entre la conductancia eléctrica y la facilidad de una tubería para transportar agua (acabado interior, sección, longitud, etc.).

— Búsquense símiles hidráulicos de los circuitos serie-paralelo y explíquense con ellos los conceptos de corrientes, resistencias, potencias, etc.

— Búsquense la mayor cantidad posible de aplicaciones del efecto Joule, y clasifíquense según que el calor producido sea útil o perjudicial.

CUESTIONARIO

16.1 Definir qué es resistencia, resistividad, conductancia y conductividad.

16.2 ¿Qué diferencia hay entre resistencia y resistividad, entre conductancia y conductividad?

16.3 ¿Cómo influyen sobre la resistencia de un conductor su longitud y su sección?

16.4 Si se duplican la longitud y el diámetro de un conductor, ¿ha aumentado o disminuido su resistencia?

16.5 Calcular la resistencia eléctrica de un conductor de aluminio de 200 m de longitud y 2 mm^2 de sección.

16.6 Calcular la longitud de hilo de cobre de 0,5 mm de diámetro que hay que utilizar para construir una resistencia de 5 Ω.

16.7 Calcular la resistencia de un hilo telefónico de cobre, de 4 mm de diámetro y 10 km de longitud.

16.8 Se desea que un tendido eléctrico no supere una resistencia de 15 Ω. Si la longitud de los conductores es de 5 km, ¿qué sección mínima de cobre hay que utilizar?

16.9 Se dispone de hilo de nicrón de 2 mm^2 de sección y se desea construir una resistencia de 500 Ω, ¿qué longitud de hilo hay que tomar?

16.10 Si en un conductor se duplica la longitud y la sección, ¿se ha aumentado o disminuido la resistencia? ¿Por qué? ¿En cuánto?

16.11 En un tendido eléctrico se quiere sustituir un hilo de cobre de 4 mm^2 de sección por otro de hierro de idéntica longitud. Si se desea que el nuevo cable tenga la misma resistencia que el anterior, ¿qué sección hay que tomar?

16.12 Para que una resistencia quede disminuida a la mitad, ¿de qué valor deberá ser la resistencia que se acopla en paralelo con ella?

16.13 Hay 5 lámparas de 24 V y 12 W, conectadas en serie. Calcular: 1.º, la resistencia de cada lámpara; 2.º, la resistencia del conjunto; 3.º, la tensión a que se ha de conectar el montaje para que las lámparas funcionen a tensión nominal; 4.º, la intensidad que absorberán en estas condiciones.

16.14 Las mismas lámparas del problema anterior, conectadas en paralelo. Calcular: 1.º, a qué tensión han de conectarse; 2.º, la resistencia total del circuito; 3.º, qué intensidad circulará por cada lámpara; 4.º, intensidad total del circuito.

16.15 Dado el circuito de la figura 16.41 calcular: 1.º, resistencia total; 2.º, intensidad total; 3.º, intensidad que pasa por cada resistencia; 4.º, tensión en bornes de cada elemento; 5.º, potencia total; 6.º, potencia absorbida por cada receptor.

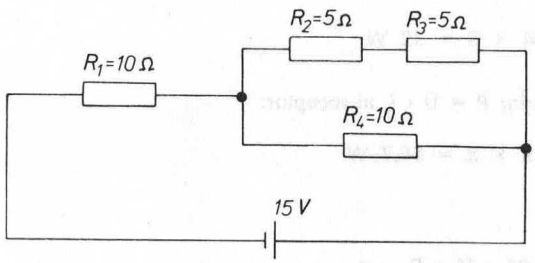


Fig. 16.41 Circuito mixto.

16.16 Se desea conocer cuál tiene que ser el diámetro de un fusible de plomo para que soporte una corriente máxima de 8 A.

16.17 Al fundirse un fusible en una casa, se ha repuesto con tres hilos de cobre arrollados, cada uno de ellos de 0,1 mm; suponiendo que el diámetro equivalente sea 0,3 mm, ¿cuál será la máxima corriente que soportarán?

BIBLIOGRAFIA

RAPP J., *Tratado práctico de Electrotecnia,* Ediciones Vagma, Bilbao 1962.

VAN VALKENBURGH, Nooger & Neville, Inc., *Electricidad Básica, parte II,* Marcombo, S. A., Barcelona 1974.

HILLE W. SCHNEIDER, O., *Electricidad,* Labor, Barcelona 1972.

LOPER O. E., *Fundamentos de corriente continua,* Diana, México 1971.

NIARD J., *Curso de Electricidad I,* Toray-Masson, Barcelona 1971.

Escuela del técnico electricista, Tomo I, Labor, Barcelona 1967.

AFHA, *Electricidad, Tomo I,* Barcelona 1974.

Tema 17. **Condensadores**

OBJETIVOS

— *Interpretar el efecto del condensador en los circuitos de corriente continua.*
— *Distinguir las diferentes partes de un condensador y las diferentes clases de éstos.*
— *Utilizar las unidades de los condensadores.*
— *Saber calcular las capacidades equivalentes en las asociaciones de condensadores.*

GUION

— Introducción a los condensadores.
— Capacidad de un condensador.
— Carga y descarga de un condensador, símil hidráulico.
— Perforación del dieléctrico.
— Clases de condensadores.
— Asociación de condensadores.

PUNTOS CLAVE

— El condensador, sus clases y efectos.
— Fórmulas de asociación de condensadores.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Repaso de las nociones de electrostática relacionada con las cargas.
— Repaso de las fórmulas de asociación de resistencias.

EXPOSICION DEL TEMA

17.1 Introducción

En el tema anterior se ha estudiado el control de la corriente de electrones por medio de resistencias, viéndose que la energía eléctrica se convertía, en estos componentes, en calor. En este tema se estudiarán dos opciones para almacenar energía eléctrica.

En el tema 15 se vio que el potencial de un cuerpo era función del exceso o defecto de electrones; si se dispone de dos cuerpos cargados, éstos almacenan energía en forma de carga.

Un condensador es un componente utilizado en electricidad para almacenar carga eléctrica y usarla en el momento apropiado.

17.1.1 *Funcionamiento de un condensador*

Supóngase dos superficies metálicas *A* y *B*, situadas una frente a otra (figura 17.1A).

Conectándolas como indica el circuito de la figura 17.1B, se observará que los electrones del terminal (−) de la pila se dirigirán a la superficie *A* cargándola negativamente, puesto que la superficie *A* es ahora como una prolongación del electrodo de la pila. Si el interruptor *I* se encuentra abierto, en la armadura *B* se producirá una creación de cargas por inducción electrostática (debido al campo eléctrico) (fig. 17.1C). Si se cierra *I* en estas condiciones, la carga (−) almacenada en la cara derecha de *B* circulará hasta la pila; ahora bien, una vez que esto suceda, ya no habrá más movimiento de electrones, a no ser que se aumente la tensión de la pila.

Se puede decir entonces que, transcurrido un breve espacio de tiempo, es nula la corriente que circula por un circuito de corriente continua que contiene un condensador.

17.1.2 *Elementos de un condensador*

Los condensadores están compuestos esencialmente por dos elementos:
— Armaduras.
— Dieléctrico.

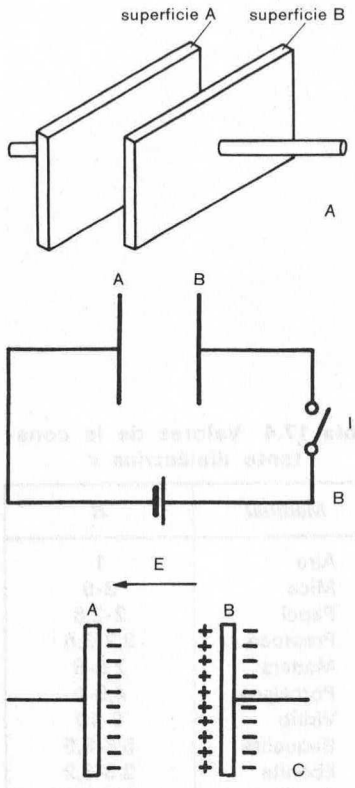


Fig. 17.1 Funcionamiento de un condensador.

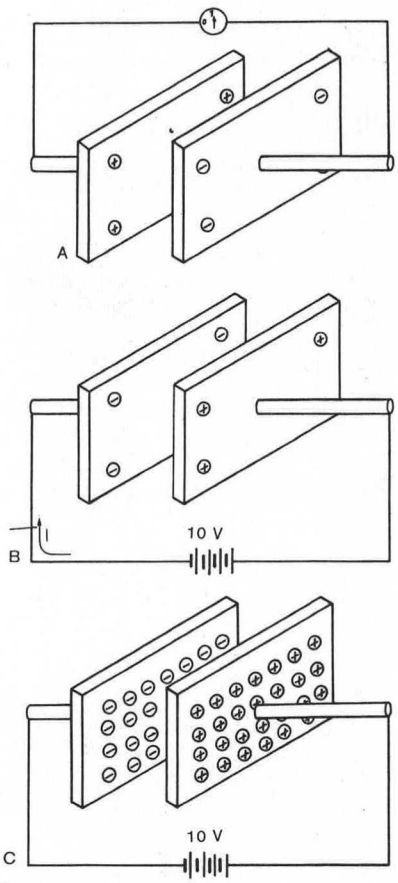


Fig. 17.2 Carga de un condensador en función de la tensión.

Tabla 17.4 Valores de la constante dieléctrica ε

Material	*R*
Aire	1
Mica	3-6
Papel	2-2,8
Presspan	3,2-3,8
Madera	2,5-8
Porcelana	4,5-6
Vidrio	5-10
Baquelita	5,6-8,5
Ebonita	2,5-3,2
Parafina	1,9-2,3
Poliéster	3

17.1.2.1 *Armaduras*

Se llaman *armaduras de un condensador* las superficies metálicas sobre las que se deposita la carga eléctrica. Estas superficies metálicas no siempre tienen una polaridad determinada; llevan soldados dos conductores, llamados terminales, que sirven para conectar el condensador a los circuitos de utilización.

17.1.2.2 *Dieléctrico*

Se conoce con el nombre de *dieléctrico* la sustancia que existe entre las dos armaduras.

Según el espesor del dieléctrico y la superficie de las armaduras, se modifica la cantidad de carga almacenada por el condensador, como se verá en el apartado próximo.

Las sustancias más empleadas como dieléctrico son: aire, mica, papel, porcelana, vidrio, parafina, baquelita y poliéster.

17.2 Capacidad de un condensador

Se denomina *capacidad eléctrica* la propiedad que poseen los condensadores para almacenar mayor o menor cantidad de electricidad.

La capacidad *C* de un condensador depende de varios factores; así, si un condensador cargado recibe una nueva tensión, superior a la de carga anterior, aumentará la carga entre sus armaduras.

Por tanto, se ve que la cantidad de carga *C* y la capacidad están relacionadas entre sí.

Efectivamente, piénsese en un condensador que tenga 4 cargas eléctricas en sus armaduras y cuya d. d. p. sea 1 V (fig. 17.2A); si se le aplica una tensión de 10 V (fig. 17.2B), las armaduras se cargarán hasta alcanzar esa nueva d. d. p., consiguiendo una carga mayor (fig. 17.2C).

17.2.1 *Relación de la capacidad con la tensión y la carga*

Como se acaba de ver, la carga almacenada en un condensador es proporcional a la tensión de sus bornes, y parece lógico que también lo sea a su capacidad.

Si una caja contiene pelotas de tenis, la cantidad que ésta podrá almacenar será función de su capacidad; si se echan más de las que caben, se saldrán.

Algo parecido le ocurre a los condensadores: cuando en sus armaduras ya no caben más electrones, cesa la corriente de carga; en consecuencia, el número de cargas también será función de la capacidad.

La expresión matemática que liga estas magnitudes es:

$$Q = C \cdot (U_A - U_B)$$

donde:

Q = carga eléctrica almacenada en el condensador (en culombios),
C = capacidad del condensador (en faradios),
$U_A - U_B$ = d. d. p. entre las armaduras *A* y *B* (en voltios).

17.2.2 *Unidades de capacidad*

El faradio (F) se define como *la capacidad de un condensador que, soportando una diferencia de potencial de un voltio, almacena un culombio de carga.*

El faradio es una unidad muy grande para todas las aplicaciones eléctricas y, por esto, se utilizan submúltiplos del mismo, correspondientes a su millonésima parte, milmillonésima parte y billonésima parte, que reciben los nombres de:

— Microfaradio (μF).
— Nanofaradio (nF = kpF).
— Picofaradio (pF).

Sus relaciones con el faradio son:

$$\left.\begin{array}{l} 1\ \mu F = 10^{-6}\ F \\ 1\ nF = 10^{-3}\ \mu F = 10^{-9}\ F \\ 1\ pF = 10^{-3}\ nF = 10^{-6}\ \mu F = 10^{-12}\ F \end{array}\right\} \quad \left\{\begin{array}{l} 10^{6}\ \mu F \\ 10^{9}\ nF \\ 10^{12}\ pF \end{array}\right.$$

(Ver anexo 1.)

17.2.3 *Relación de la capacidad con las dimensiones*

En el apartado anterior, con el ejemplo de las pelotas de tenis, se puso de manifiesto la relación que existía entre la carga almacenada (pelotas contenidas) y la capacidad (dimensiones de la caja). Es natural que, si la caja es mayor, la cantidad de pelotas contenidas también será mayor; así, cuanto mayor sea la capacidad, mayor será el número de cargas almacenadas.

Este símil de capacidades tiene una diferencia: en la caja, cuanto mayores sean las dimensiones, mayor será la capacidad; en un condensador, si se aumenta la *distancia entre armaduras,* disminuye la capacidad (fig. 17.3).

La explicación de este hecho se puede buscar en la acción que efectúa la carga de una armadura sobre la de la otra. Efectivamente, las cargas positivas almacenadas en una de las armaduras efectuarán una atracción sobre las negativas de la otra; si la distancia entre armaduras es pequeña, la fuerza de atracción será grande y algunos electrones que se encuentren en el conductor pasarán a la armadura, aumentando así la carga de ésta; si, por el contrario, la distancia es grande, la acción sobre las cargas de la otra será pequeña y existirá algún electrón que saldrá de la armadura, al ser repelido por los otros electrones de su propia armadura.

Si se mantiene constante la distancia entre las placas metálicas y se aumenta su superficie, será mayor la cantidad de carga que quepa en ellas.

Se ha comprobado que, según la sustancia que se introduce entre las armaduras, la capacidad también varía.

En conclusión, los factores que afectan a la capacidad de un condensador son:

— S, superficie de las armaduras;
— d, distancia entre éstas;
— ε, constante dieléctrica de la sustancia existente entre las armaduras.

La relación matemática que los liga es:

$$C = \frac{\varepsilon}{4 \cdot \pi \cdot 9 \times 10^9} \cdot \frac{S}{d}$$

Para que la capacidad salga expresada en *F*, la superficie *S* y la distancia *d* se tienen que expresar en m^2 y m respectivamente.

Otra expresión que indica la capacidad en picofaradios, si se expresan las dimensiones en cm, es:

$$C = 0{,}0884 \cdot \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$

Las constantes dieléctricas de los materiales más usados en la construcción de condensadores se pueden ver en la tabla 17.4.

17.2.4 *Valores de la constante dieléctrica. Ejercicios de aplicación*

1.º Calcular la capacidad de un condensador que, al ser sometido a una tensión de 15 000 V, ha almacenado 1,5 culombios de carga.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$Q = C \cdot (U_A - U_B)$$

y por tanto:

$$C = \frac{Q}{U_A - U_B} = \frac{1{,}5}{15\,000} = 0{,}0001 \text{ F}$$

$$0{,}0001 \text{ F} = 100 \ \mu\text{F}$$

2.º Calcular las dimensiones de las caras que debería tener un condensador plano, para que su capacidad fuese 100 μF, sabiendo que el dieléctrico de papel tiene un espesor de 1,768 mm y que su constante dieléctrica es 2.

Solución:

Se aplica la fórmula:

$$C = 0{,}0884 \cdot \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$

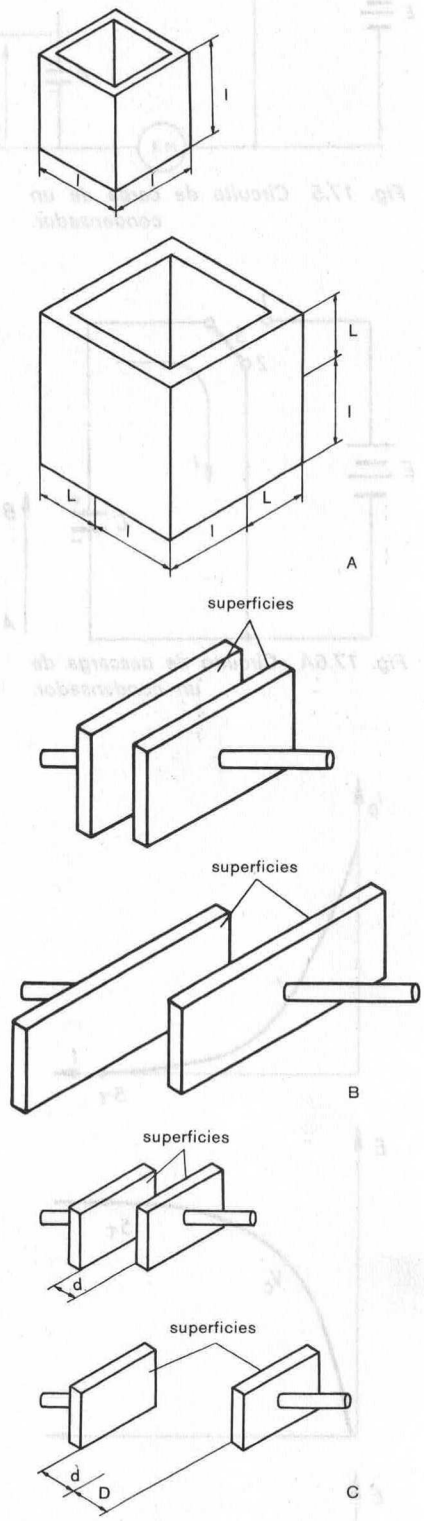


Fig. 17.3 La capacidad de un condensador en función de sus dimensiones: A, *mayor capacidad (se han aumentado las dimensiones);* B, *menor capacidad (se han separado las armaduras);* C, *mayor capacidad (se ha disminuido la distancia entre armaduras o aumentado en superficie).*

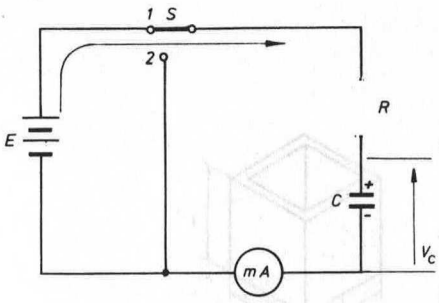


Fig. 17.5 Circuito de carga de un condensador.

donde:

$$\varepsilon = 2, \quad d = 1{,}768 \quad y \quad C = 100\ \mu F = 100 \times 10^6\ pF$$

$$100 \times 10^6 = 0{,}0884 \times 2 \times \frac{S}{0{,}1768} = \frac{0{,}1768}{0{,}1768} \cdot S$$

luego:

$$S = \frac{100 \times 10^6}{1} = 10^8\ cm^2$$

Por tanto, si suponemos unas superficies cuadradas, se tendrá:

$$I = \sqrt{10^8} = 10^4\ cm = 100\ m$$

Donde se puede apreciar que un condensador plano de 100 m de lado, tan sólo almacena 1,5 culombios.

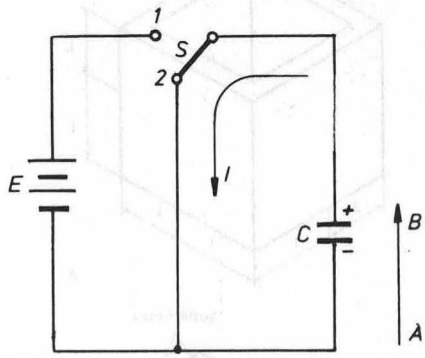


Fig. 17.6A Circuito de descarga de un condensador.

17.3 Carga y descarga de un condensador, símil hidráulico

Para ver cómo se comporta un condensador en un circuito de corriente continua, se estudiará a continuación el funcionamiento del circuito de la figura 17.5.

Al cerrar el interruptor *S* sobre la posición 1, la corriente *i* del circuito tenderá a cargar el condensador *C*, hasta la tensión *E* de la batería.

En el instante de cerrar el circuito, como la carga del condensador es nula, nada hay que se oponga a que la corriente en el circuito sea igual a:

$$i = \frac{E}{R} = I_o$$

Ahora bien, transcurrido un instante, el condensador ya habrá almacenado algo de carga; una armadura será positiva entonces, y negativa la otra; con ello los electrones que se dirijan de *E* hacia el condensador se encontrarán con una pequeña oposición, debida a los que ya existían en la armadura y, como consecuencia, la corriente disminuirá. En instantes sucesivos se podía repetir este razonamiento, con lo que se llegará a la conclusión de que la corriente de carga va siendo decreciente y, en consecuencia, la tensión V_c en sus armaduras aumentará (fig. 17.6A).

Análogos razonamientos nos darían unas curvas de descarga como las de la figura 17.6B.

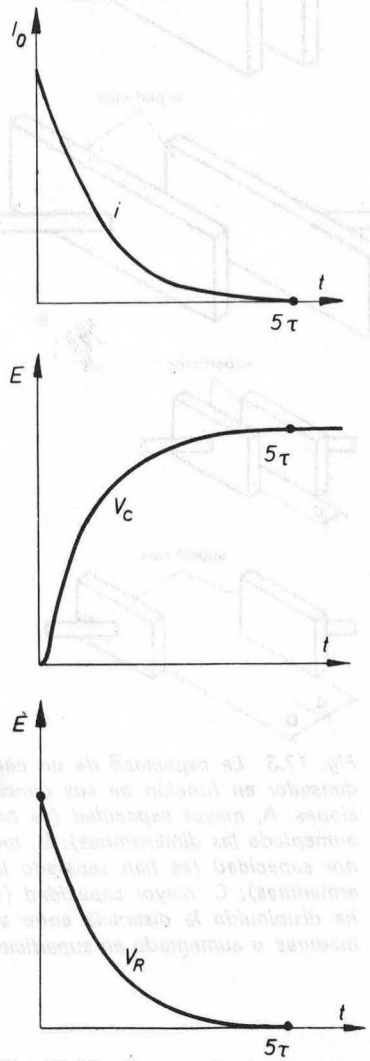


Fig. 17.6B Curvas de tensiones y corriente de un circuito RC.

17.3.1 *Símil hidráulico*

En la figura 17.7 se muestra un circuito hidráulico compuesto por un depósito de expansión o almacenamiento de fluido, dividido en dos partes, *A* y *B*, separadas por una membrana elástica; en cada una de estas partes hay

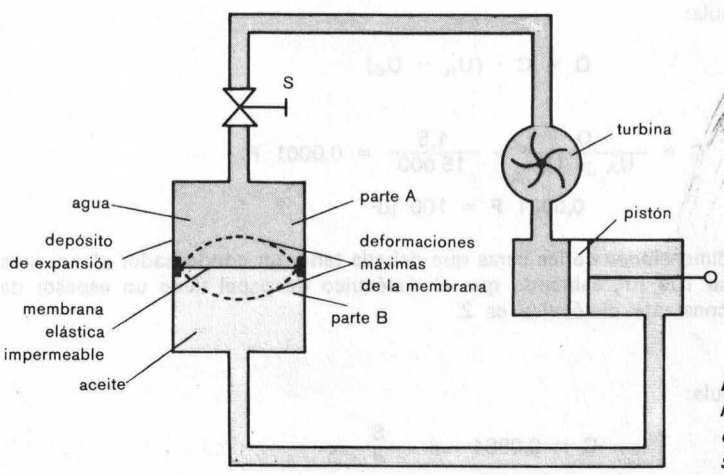


Fig. 17.7 Símil hidráulico de la carga y descarga de un condensador.

un fluido diferente, A (agua) y B (aceite), y se sitúa una llave *S* para abrir o cerrar el circuito y un receptor o turbina; cada una de las tuberías termina respectivamente en una de las dos partes de un pistón, que se empleará como generador.

Moviendo el pistón hacia adelante, el agua será impulsada por la tubería, hacia el depósito, si la llave *S* está accionada, deformando la membrana hasta el máximo; llegado este momento, ya no se podrá introducir más agua en la parte *A*, pues los fluidos son incomprensibles y, por tanto, el pistón ya no podrá ir más adelante.

Si se mueve hacia atrás el pistón, el aceite será impulsado hacia el depósito y aumentará su cantidad en él; si se sigue desplazando el pistón, la membrana llegará a deformarse al máximo, con lo que se habrá conseguido llenar, al tope de aceite, la parte *B*.

En ambos procesos se ve que la corriente de agua mueve la turbina durante un pequeño tiempo.

Es necesario destacar que el aceite en ningún momento se mezcla con el agua, dato muy importante, ya que deja pasar los efectos pero no el fluido.

El condensador es igual que un depósito de expansión, siendo el dieléctrico el encargado de transmitir los efectos, pero no dejando pasar *nunca* la carga.

En conclusión, se dice que un condensador es, tras una pequeña fracción de tiempo inicial, como un circuito abierto para la corriente continua.



Fig. 17.8 Tensión de trabajo.

17.4 Perforación del dieléctrico

Si, en el circuito hidráulico descrito en el apartado anterior, se fuerza el pistón, se producirá la rotura de la membrana por sobrepresión del fluido sobre ella.

De igual forma, si en un condensador se aumenta la tensión de carga, ésta aumentará hasta que el dieléctrico se perfore.

De aquí se deduce que los condensadores tienen una tensión que no debe ser superada; pues si no, se destruirá el dieléctrico y, en consecuencia, el condensador; a esta tensión se le llama *tensión de perforación.*

Recibe el nombre de *tensión de trabajo* el valor de la d. d. p. máxima que se puede aplicar a un conductor de forma permanente; esta tensión es la que se encuentra rotulada en los condensadores (fig. 17.8).

17.5 Clases de condensadores

Los condensadores son elementos empleados para almacenar carga eléctrica, y sus aplicaciones son muy variadas. Debido a esta gran variedad, es imposible clasificarlos por su utilización; por lo que se les suele clasificar en dos clases, según su valor:

— Fijos.
— Variables.

17.5.1 *Condensadores fijos*

Por regla general, esta clase de condensadores se clasifican por el dieléctrico utilizado:

— Papel.
— Plástico.
— Cerámica.
— Electrolítico.

17.5.1.1 *Condensadores de papel*

Se suelen fabricar arrollando dos láminas sumamente delgadas de aluminio (0,01 mm), separadas por otras dos de un papel especial, tratado adecuadamente.

El espesor del papel depende de la diferencia de potencial que han de soportar las armaduras (tensión de trabajo) (fig. 17.9).

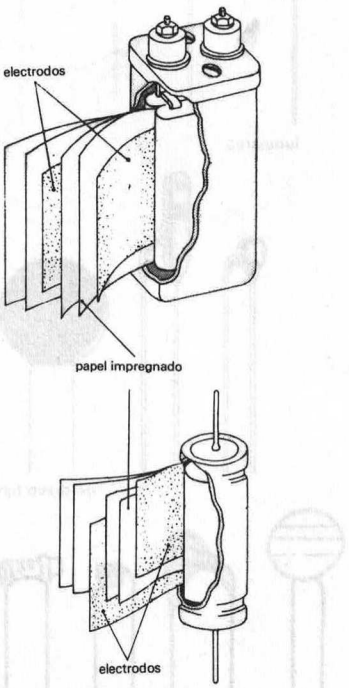


Fig. 17.9 Condensadores con dieléctrico de papel (armaduras de aluminio).

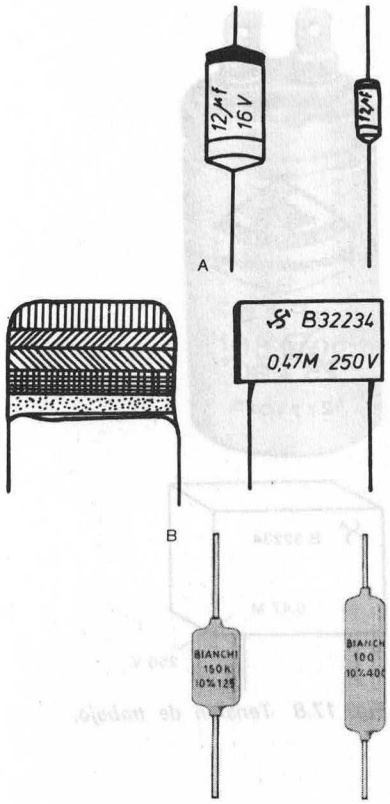


Fig. 17.11 Condensadores de aislamiento plástico: A, *estiroflex;* B, *poliéster.*

Hay también condensadores que se construyen con papel metalizado; suele ser ésta la forma de construcción de los condensadores de potencia (figura 17.10).

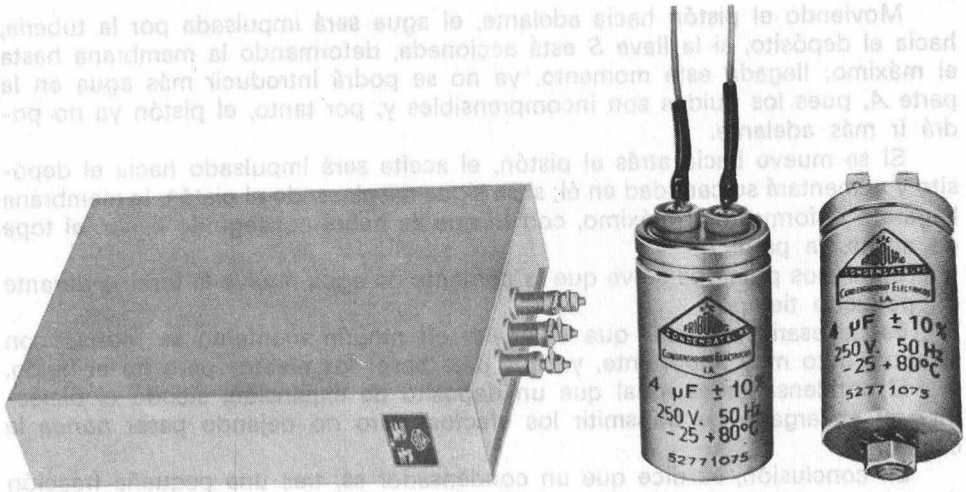


Fig. 17.10 Condensadores de papel metalizado.

17.5.1.2 *Condensadores de dieléctrico plástico*

Son cada vez más empleados, debido a las mejores características de los plásticos, como dieléctricos.

Como dieléctrico se usan, con mayor frecuencia, el poliéster, el policarbonado y el estiroflex (poliestireno) (fig. 17.11A y B).

Los condensadores con dieléctrico estiroflex permiten obtener capacidades con un margen de tolerancia de hasta 0,1 %.

17.5.1.3 *Condensadores cerámicos*

Los dieléctricos cerámicos se fabrican partiendo de óxidos metálicos (titanatos de metales alcalino-térreos) con aglutinantes adecuados. Estos metales tienen una constante dieléctrica muy elevada.

Una vez conformado el material del dieléctrico, en la forma oportuna, se metalizan las dos caras depositando plata sobre ellas.

Finalmente, se recubren de un aislante y se marcan las características sobre él (fig. 17.12).

17.5.1.4 *Condensadores electrolíticos*

Son condensadores que tienen una capacidad, por unidad de volumen, muy superior a los tipos anteriores. Esto se logra aumentando artificialmente la superficie de una lámina de aluminio y disminuyendo el espesor del dieléctrico.

Este tipo de condensadores tiene polaridad, es decir, no pueden invertirse las conexiones indicadas en el elemento, ni puede aplicarse corriente alterna (fig. 17.13).

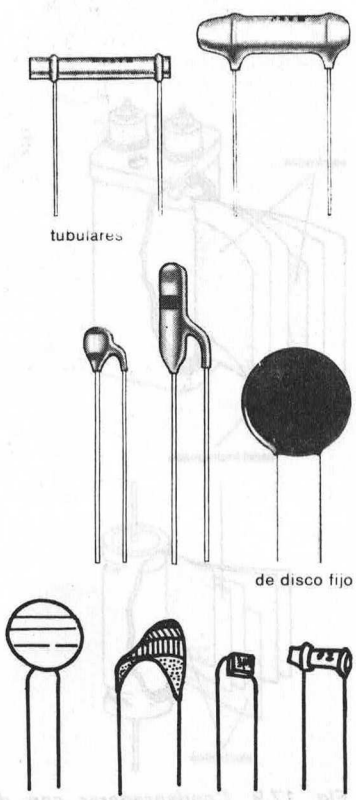


Fig. 17.12 Condensadores cerámicos.

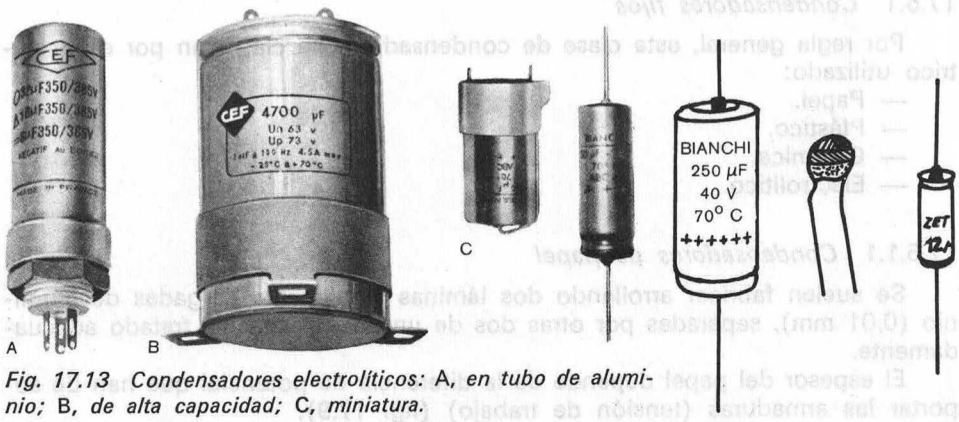


Fig. 17.13 Condensadores electrolíticos: A, *en tubo de aluminio;* B, *de alta capacidad;* C, *miniatura.*

Para fabricar condensadores electrolíticos se emplea el tantalio, además del aluminio. Pueden obtenerse superficies enormes en pequeños volúmenes; de ahí que puedan lograrse grandes capacidades con reducidos volúmenes (fig. 17.14).

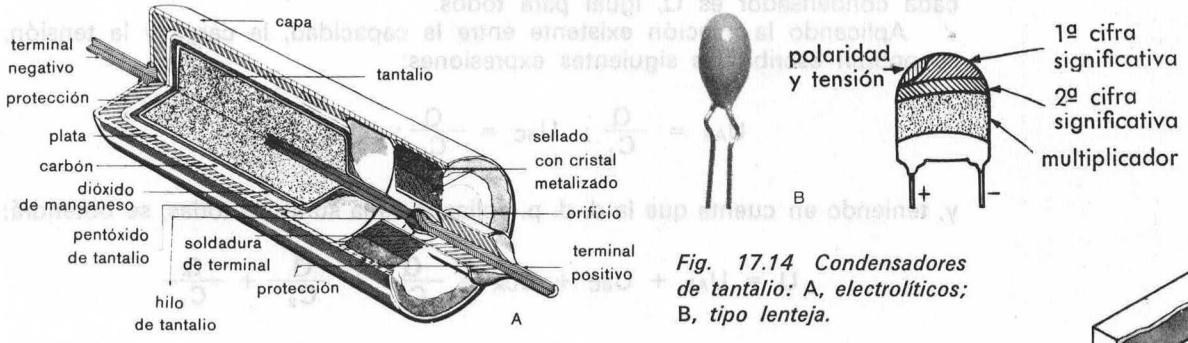


Fig. 17.14 Condensadores de tantalio: A, electrolíticos; B, tipo lenteja.

17.5.2 *Condensadores variables*

Esta clase de condensadores se suele clasificar según su utilización y no según el dieléctrico usado.

Los sintonizadores de radio emplean condensadores variables para elegir la emisora deseada.

Son unos condensadores de placas rígidas con dieléctrico de aire. Merced a un mecanismo, se logra que unas se muevan respecto a las otras, variando la superficie del condensador y, por tanto, su capacidad (fig. 17.15).

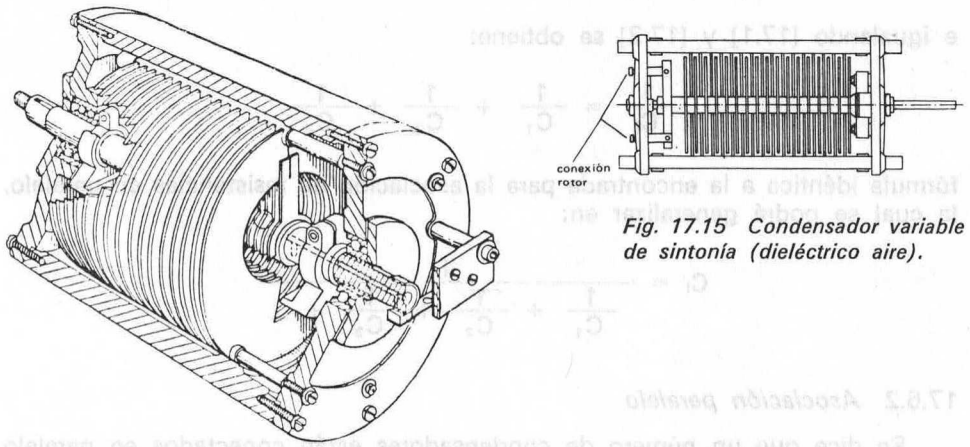


Fig. 17.15 Condensador variable de sintonía (dieléctrico aire).

En algunos tipos se usa, como dieléctrico, un material sólido como papel, mica o plástico (fig. 17.16).

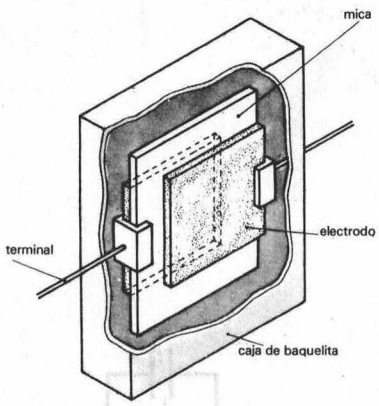


Fig. 17.16 Condensador preajustable (dieléctrico papel o mica).

Con frecuencia van montados en tándem, es decir, sobre un mismo eje van dos o más condensadores (fig. 17.17).

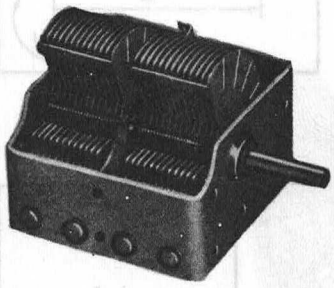


Fig. 17.17 Condensador variable en tándem.

17.6 Asociación de condensadores

De idéntica forma a como sucedía en la asociación de resistencias, se pueden encontrar conectados dos condensadores en tres formas:

— Serie.
— Paralelo.
— Mixta.

En este apartado se estudiarán sólo las dos primeras, ya que la asociación mixta se reduce a una de ellas, reduciendo las series o los paralelos a una equivalente.

17.6.1 *Asociación serie*

Se dice que un número de condensadores están conectados en serie cuando el comienzo de uno se encuentra conectado a la terminación de otro.

El condensador equivalente será aquél que, sustituyendo a los asociados, almacene una misma cantidad de carga (fig. 17.18).

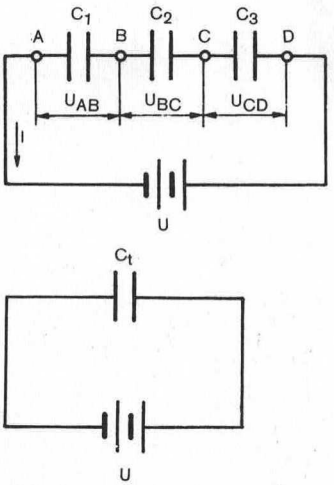


Fig. 17.18 Asociación serie de condensadores.

Supónganse tres condensadores, C_1, C_2 y C_3, conectados en serie; la carga que llegue al punto *A*, inducirá, en *B*, una carga igual; ésta última, a su vez, creará en *C* igual cantidad de carga; y en *D* aparecerá también una carga idéntica a la recibida en *A*; por tanto, se podrá decir que la carga almacenada en cada condensador es Q, igual para todos.

Aplicando la relación existente entre la capacidad, la carga y la tensión, se podrán escribir las siguientes expresiones:

$$U_{AB} = \frac{Q}{C_1}\ ;\ U_{BC} = \frac{Q}{C_2}\ ;\ U_{CA} = \frac{Q}{C_3}$$

y, teniendo en cuenta que la d. d. p. aplicada es la suma de todas, se obtendrá:

$$U = U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$= Q \cdot \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right) \qquad [17.1]$$

Es necesario hacer notar, en este momento, que la carga almacenada no es 3 Q, sino Q, pues tan sólo ha llegado a la armadura *A* esta cantidad de carga y de *D* ha salido la misma.

En consecuencia, la carga que se deberá almacenar en el condensador equivalente será también Q; y, por tanto:

$$U = Q/C_t \qquad [17.2]$$

e igualando [17.1] y [17.2] se obtiene:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

fórmula idéntica a la encontrada para la asociación de resistencias en paralelo, la cual se podrá generalizar en:

$$C_t = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots}$$

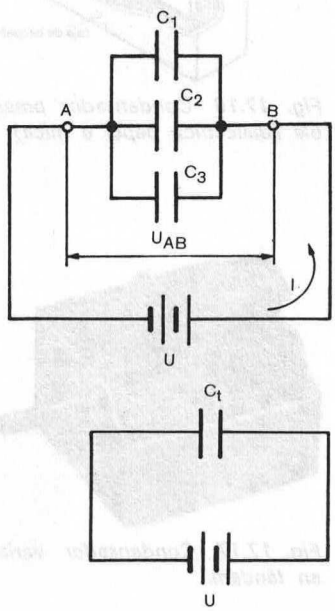


Fig. 17.19 Asociación paralelo de condensadores.

17.6.2 *Asociación paralelo*

Se dice que un número de condensadores están conectados en paralelo cuanto todos los condensadores tienen un terminal conectado a un punto común y el otro terminal a otro punto, siendo estos puntos donde se aplica la tensión de batería.

El condensador equivalente será aquél que, sustituyendo a la asociación, almacena la misma carga (fig. 17.19).

Piénsese en la asociación de la figura 17.19; los electrones llegados al punto *A* se repartirán por cada una de las ramas según la capacidad de éstas; pero la carga llegada a *A* será igual a la suma de las cargas almacenadas en cada condensador:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

y teniendo presente que:

$$Q_1 = C_1 \cdot U_{AB};\ Q_2 = C_2 \cdot U_{AB};\ Q_3 = C_3 \cdot U_{AB}$$

se podrá sustituir:

$$Q = C_1 \cdot U_{AB} + C_2 \cdot U_{AB} + C_3 \cdot U_{AB} = (C_1 + C_2 + C_3)\ U \qquad [17.3]$$

ya que:

$$U_{AB} = U$$

Como el condensador equivalente tiene que almacenar la misma carga, se tendrá:

$$Q = C_t \cdot U \qquad [17.4]$$

$$(C_1 + C_2 + C_3) \cdot U = C_t \cdot U$$

e igualando [17.3] y [17.4], se tendrá:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

pudiéndose apreciar que ésta es la expresión de la capacidad equivalente, siendo esta relación igual a la encontrada en la asociación de resistencias en serie, y que se podrá generalizar de la forma

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$$

17.6.3 *Ejercicios de aplicación*

1.º Se dispone de varios condensadores de 25 pF y se quiere conseguir un condensador de 62,5 pF. ¿Cuál será el circuito que se deberá montar?

Solución:

Se sabe que la asociación sólo puede ser una combinación de serie-paralelo; se empieza por agruparlas en paralelo: (se tantea)

$$C_t = 25 + 25 = 50 \text{ pF}$$

ya que si se conectaran 3, se tendría:

$$C_t = 25 + 25 + 25 = 75 \text{ pF}$$

mayor que la pedida.

Asociando ahora 2 en serie, se obtendrá:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{C + C}{C \cdot C} = \frac{2\,C}{C^2} = \frac{2}{C}$$

$$C_t = \frac{C}{2}$$

luego:

$$C_t = \frac{25}{2} = 12{,}5 \text{ pF}$$

Si se asocia en paralelo el así obtenido con los dos en paralelo, se tendrá:

$$C_t = 50 + 12{,}5 = 62{,}5 \text{ pF}$$

Por tanto, la asociación es como la que se muestra en la figura 17.20.

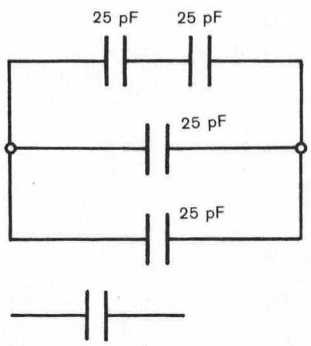


Fig. 17.20 Ejemplo de asociación mixta.

2.º Calcúlese la capacidad equivalente de tres condensadores de 20, 60 y 30 μF, si se conectan: *a)* en serie; *b)* en paralelo.

Solución:

a) Al conectarlos en serie se aplica la expresión:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{20} + \frac{1}{60} + \frac{1}{30} = \frac{6 + 2 + 4}{120} = \frac{12}{120}$$

$$C_t = \frac{120}{12} = 10 \text{ μF}$$

b) Si se conectan en paralelo, la fórmula conveniente es:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

luego:

$$C_t = 20 + 60 + 30 = 110 \text{ μF}$$

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Búsquense símiles mecánicos para explicar los fenómenos de almacenamiento de energía en los condensadores.

— Realícese, en el laboratorio, la carga y descarga de condensadores, viendo los movimientos de un miliamperímetro y un voltímetro, conectados adecuadamente, y explíquese el porqué de lo observado.

CUESTIONARIO

17.1 ¿Qué son las armaduras de un condensador?

17.2 ¿De qué materiales suelen ser los dieléctricos?

17.3 ¿Por qué la carga almacenada depende de la tensión aplicada al condensador?

17.4 ¿Cuál es el valor de la capacidad de un condensador plano cuyas armaduras están separadas 5 mm y su superficie es de 2 m^2 cada una?

17.5 Las armaduras del condensador anterior se conectan a una d. d. p. de 10 000 V. ¿Cuál será la carga almacenada?

17.6 Un condensador tiene una capacidad de 8,5 μF, ¿qué cantidad de electricidad cederá para que su tensión disminuya de 100 V a 50 V?

17.7 ¿Cuál será la carga de un condensador de 4 μF que se encuentra en serie con otros dos de 8 μF y se han conectado a una tensión de 12 V?

17.8 ¿Qué es la tensión de trabajo?

17.9 ¿Por qué se perforan los condensadores?

17.10 Si se desea reducir la capacidad de un condensador, ¿cómo conectaría otro, en serie o en paralelo? ¿Por qué?

17.11 ¿Y si desea aumentar la capacidad? ¿Por qué?

17.12 Determinar el condensador equivalente de un montaje mixto con tres condensadores de 2, 3 y 4 μF. De ellos, el de 4 μF y el de 2 μF se encuentran en paralelo, estando en serie con este paralelo el de 3 μF.

BIBLIOGRAFIA

RAPP J., *Tratado práctico de Electrotecnia,* Ediciones Vagma, Bilbao 1962.

AFHA, *Electricidad, Tomo I,* Barcelona 1976.

VAN VALKENBURGH, Nooger & Neville, Inc., *Electricidad Básica,* Marcombo, S. A. Barcelona 1974.

CABALLERO Y MORA, *Televisión con transistores, Volumen IV,* Electrónica Clarivox, Madrid 1974.

Tema 18. **Bobinas**

OBJETIVOS

— *Adquirir unas nociones elementales de electromagnetismo.*

— *Saber determinar la dirección e intensidad de campo creadas por diferentes circuitos eléctricos (bobinas).*

GUION

— Introducción al electromagnetismo.
— Campo creado por un conductor rectilíneo.
— Campo creado por una espira.
— Campo creado por una solenoide (bobina).
— Clases de bobinas y circuitos magnéticos.

PUNTOS CLAVE

— La creación de campos magnéticos por un solenoide.

— Los parámetros fundamentales del campo, sus relaciones y dependencia de la corriente.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Repaso de las nociones de electrostática relacionadas con campos eléctricos.
— Repaso de las fórmulas de asociación de resistencias.

EXPOSICION DEL TEMA

18.1 Introducción al electromagnetismo

En el apartado 14.7.3 ya se mencionó la reciprocidad entre los fenómenos magnéticos y eléctricos. El descubrimiento de esta reciprocidad se debe a *Oersted,* quien en el siglo XIX descubrió que una corriente eléctrica producía un campo magnético. Unas semanas más tarde, *Ampere* presentó los resultados de sus experiencias, que corroboraban la teoría de *Oersted.*

La gran importancia de estos descubrimientos se cifra en el hecho de que los campos magnéticos creados por imanes permanentes son pobres y, gracias a estos descubrimientos, se desarrolló toda una teoría y tecnología, que es en la que se basan todas las máquinas eléctricas.

Se puede definir como electromagnetismo *aquella parte de la ciencia que estudia las relaciones recíprocas entre los campos magnéticos y las corrientes eléctricas.*

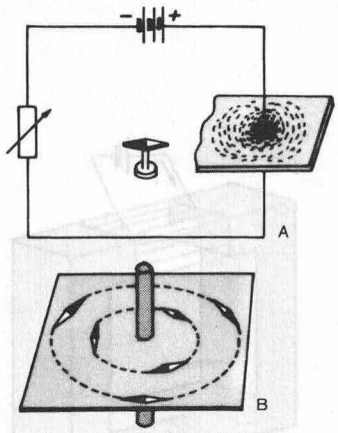


Fig. 18.1 Campo creado por un conductor rectilíneo.

18.2 Campo creado por un conductor rectilíneo

Si se dispone de un circuito como el de la figura 18.1A y se espolvorea, con limaduras, las inmediaciones del cruce del hilo con la cartulina soporte, se verá que aquéllas se orientan haciendo circunferencias concéntricas. Si se sitúa una brújula encima de la cartulina (fig. 18.1B), se apreciará que las líneas de fuerza tienen un sentido de rotación alrededor del hilo.

18.2.1 *Sentido de las líneas de fuerza*

El sentido de giro de las líneas de inducción es igual al de giro de un sacacorchos normal que avanza en el sentido de la corriente.

Esta regla se conoce con el nombre de *regla de Maxwell o regla del sacacorchos* (fig. 18.2A).

En muchas aplicaciones se suele representar la sección del conductor, y en ésta, un par de signos, que indican el sentido de la corriente (+, ·). Se usa el signo + cuando la corriente se aleja del plano representado, y el signo · cuando la corriente llega al plano (fig. 18.2B); el sentido de las líneas de fuerza se puede comprobar por la regla de Maxwell.

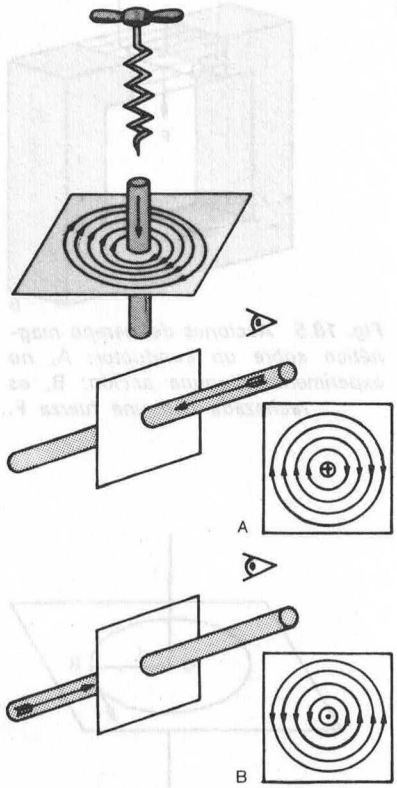


Fig. 18.2 Sentido de las líneas de fuerza: A, regla de Maxwell; B, representación de las corrientes y campos asociados.

18.2.2 *Atracción o repulsión de dos corrientes*

Otra experiencia importante en la utilización del electromagnetismo, la constituye la *Ley de Biot y Savart,* que manifiesta la relación existente entre las fuerzas a que se encuentran sometidos dos conductores recorridos por corriente eléctrica y el valor de ésta.

Según esta ley, *dos conductores paralelos recorridos por corrientes del mismo sentido se atraen* (fig. 18.3A).

Por el contrario, *dos conductores paralelos recorridos por corrientes de sentido contrario se repelen* (fig. 18.3B).

Una explicación a este hecho se puede buscar en la idea de que una corriente desea crear el máximo de líneas de fuerza en su derredor (fig. 18.4).

La expresión de la fuerza ejercida por unidad de longitud es:

$$f = \frac{F}{l} = 2 \cdot \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot K_m} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{d}$$

donde:

f	= la fuerza por unidad de longitud,
$2 \cdot \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot K_m}$	= una constante que depende del medio y del sistema de unidades,
d	= la distancia que separa los conductores,
I_1 e I_2	= las corrientes que, en el caso de la figura 17.23, son iguales; pero en general serán distintas.

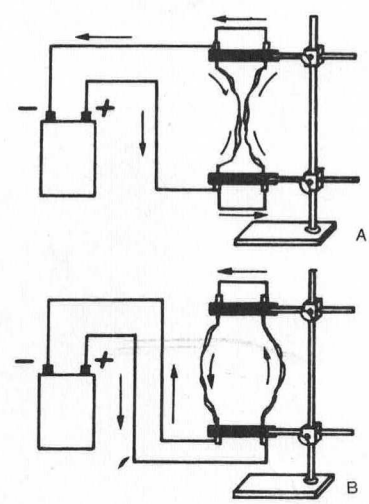


Fig. 18.3 Acción mutua entre dos corrientes paralelas: A, corrientes del mismo sentido; B, corrientes de sentido contrario.

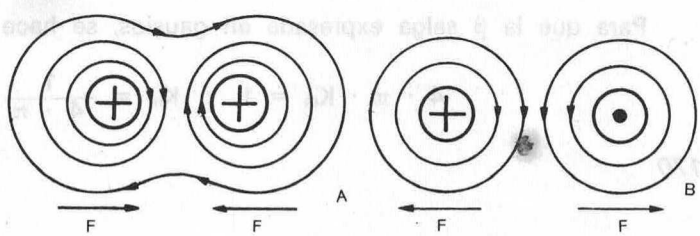


Fig. 18.4 Líneas de fuerza creadas por dos corrientes: A, del mismo sentido; B, de sentido contrario.

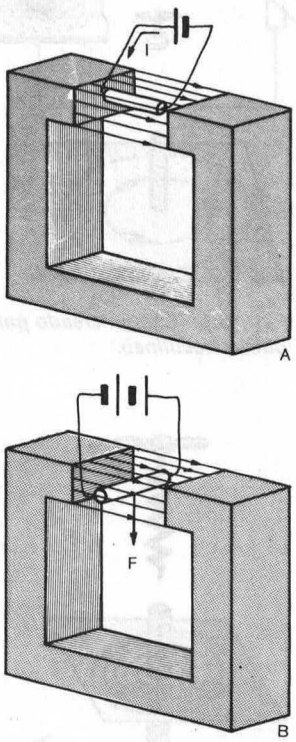


Fig. 18.5 Acciones del campo magnético sobre un conductor: A, *no experimenta ninguna acción;* B, *es rechazada con una fuerza* F.

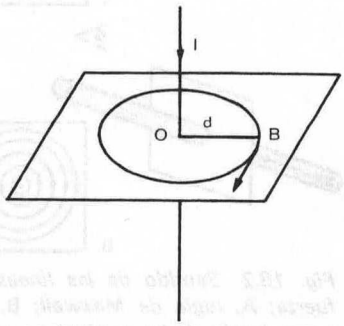


Fig. 18.6 Inducción creada por una corriente indefinida.

18.2.3 *Inducción magnética en un punto*

En primer lugar se estudiarán las acciones que sufre una corriente eléctrica al estar inmersa en un campo magnético.

Supóngase que se introduce un conductor de longitud *l* en el campo magnético creado por un imán permanente de herradura (fig. 18.5A).

Si el conductor se sitúa perpendicular a las líneas de inducción, aparece una fuerza que tiende a sacarlo del campo magnético (fig. 18.5B).

De esta experiencia se puede deducir una expresión que nos ligue la fuerza con la corriente, la longitud del conductor y alguna nueva magnitud que mida o evalúe el campo magnético. A esta nueva magnitud se le conoce con el nombre de *inducción magnética* β.

La fórmula matemática que liga estas magnitudes es:

$$F = \beta \cdot I \cdot l$$

donde:

F = la fuerza que se ejerce sobre el conductor,
I = la corriente que circula,
l = la parte de conductor sometido a la acción magnética,
β = la inducción magnética.

Para conocer la inducción magnética en un punto de un campo, bastará con introducir un conductor de longitud *l* en ese punto, hacer que circule una corriente *I* y medir la fuerza que se efectúa sobre él; el valor de la inducción será:

$$\beta = \frac{F}{I \cdot l}$$

18.2.3.1 *Unidades*

La unidad del sistema *Giorgi* o *práctico* con que se mide la inducción magnética es el *tesla* (T).

El tesla se puede definir como la *inducción de un campo magnético uniforme que, actuando sobre un conductor de un metro, recorrido por una corriente de un amperio, ejerce sobre él una fuerza de un neutonio:*

$$1 \text{ tesla} = \frac{1 \text{ Nw}}{A \cdot m}$$

Otra unidad también muy usada es el *gausio,* que pertenece al sistema C. G. S.; su relación con el *tesla* es:

$$1 \text{ tesla} = 10^4 \text{ gausios}$$

18.2.3.2 *Inducción creada por un conductor rectilíneo*

La inducción creada por un conductor rectilíneo, suficientemente largo, recorrido por una corriente *I* (fig. 18.6), tiene como valor:

$$\beta = 2 \cdot \frac{\mu}{4 \cdot \pi \cdot K_m} \cdot \frac{I}{d}$$

donde:

β = la inducción,
$\frac{2\ \mu}{4 \cdot \pi \cdot K_m}$ = una constante que depende del medio y del sistema de unidades,
d = radio de la circunferencia que separa el punto *A* del conductor.

Para que la β salga expresada en gausios, se hace

$$4 \cdot \pi \cdot K_m = 1 \quad ; \quad K_m = \frac{1}{4 \cdot \pi}$$

expresando la corriente en amperios y *d* en centímetros, la fórmula queda (en gausios):

$$\beta = 2 \times 10^{-1} \cdot \mu \cdot \frac{I}{d}$$

el 10^{-1} se debe a expresar *I* en amperios.

Si se quiere el resultado en *tesla,* se hará $K_m = 1$, la corriente se expresará en amperios y la distancia en metros; quedando (en tesla):

$$\beta = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{d}$$

18.3 Campo creado por una espira

Si se efectúa una experiencia similar a la realizada en el apartado 18.2, espolvoreando limaduras de hierro sobre una cartulina atravesada por una espira cuadrada (fig. 18.7A), se obtendrán unas líneas de fuerza circulares, pero todas de un mismo sentido, en el interior de la espira.

Si se aplica la regla del sacacorchos a cada lado de la espira, se verá que las líneas de inducción se alejan del observador en todos los tramos, con lo que la acción total sería la suma de todos los efectos en el interior de la espira.

En este caso, para determinar el sentido del campo magnético (mejor dicho, de sus líneas de fuerza) se puede aplicar la regla del sacacorchos. Si se hace girar el sacacorchos en el sentido de la corriente, una vez situado frente a la espira, su movimiento longitudinal será en el de las líneas de campo (fig. 18.7B).

Otra regla muy útil suele ser la regla de la *N* y la *S*, que nos determina el polo del imán equivalente (fig. 18.8). Marcándoles unas flechas en sus extremos, a la *N* y a la *S*, y haciendo que éstas coincidan con el sentido de la corriente, la letra que coincida determina el polo del imán.

El valor de la inducción magnética en el punto central de una espira circular de radio *R* es:

$$\beta = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot K_m \cdot R}$$

18.4 Campo creado por un solenoide (bobina)

Se denomina *solenoide o bobina* a una agrupación axial de espiras, que tienen un eje común, recorridas por una corriente igual en todas ellas.

Supóngase que se dispone de varias espiras que se conectan en serie y cuyo eje es común; suponiendo que se cumplen los principios de linealidad y superposición, lo dicho para una espira se puede generalizar para la totalidad; y, por tanto, si una espira es comparable a un imán permanente, un apilamiento o sucesión de espiras constituirá un imán mayor (fig. 18.9).

18.4.1 *Inducción magnética*

Si un solenoide es la agrupación de varias espiras, parece lógico que la inducción creada por una bobina sea la creada por una espira, multiplicada por el número de espiras.

La inducción creada por una bobina en su interior (núcleo) es prácticamente constante, sea cual sea el punto que se elija (fig. 18.10), siendo el valor de éste

$$\beta = \frac{\mu}{K_m} \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

(nótese que es proporcional al número de espiras)
donde:

- N = número de espiras de la bobina,
- I = corriente que la atraviesa,
- l = longitud de la bobina,
- $\frac{\mu}{K_m}$ = una constante dependiente del medio y el sistema de unidades.

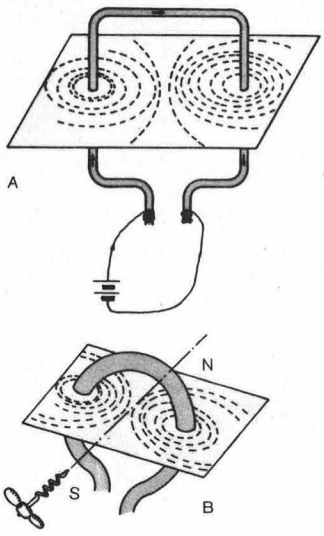


Fig. 18.7 Campo magnético creado por una espira: A, *campo creado;* B, *dirección del campo (regla del sacacorchos).*

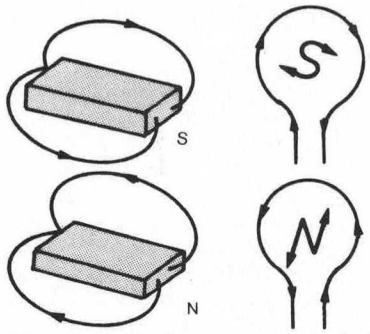


Fig. 18.8 Regla de la N *y de la* S.

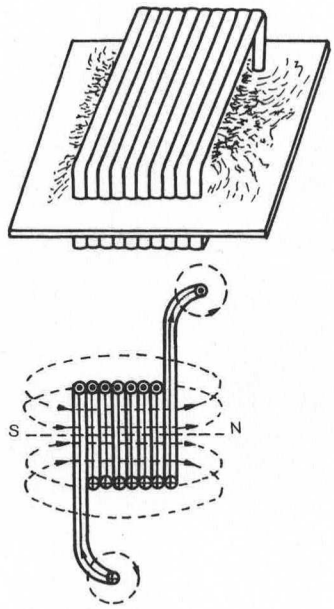


Fig. 18.9 Solenoide o bobina.

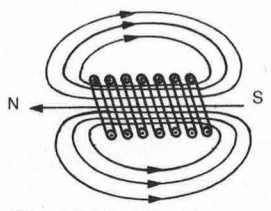


Fig. 18.10 El valor de la inducción magnética es prácticamente constante en el interior de una bobina.

18.4.2 *Coeficiente de permeabilidad*

Se ha comprobado que al introducir diversos materiales en el interior de una bobina, se modifica la inducción magnética (fig. 18.11); esto es debido a que los materiales férricos o magnéticos concentran, a su través, las líneas de fuerza; no así los materiales no férricos, que dificultan el paso de las líneas de fuerza por su interior.

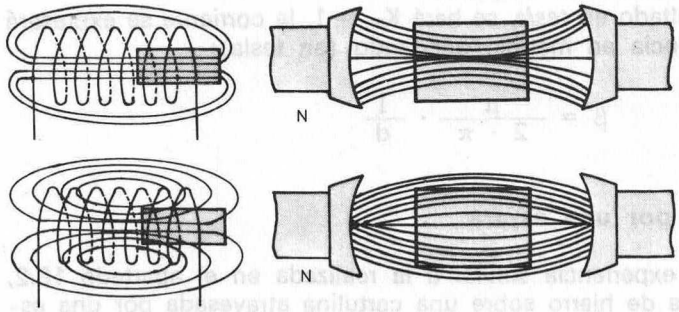


Fig. 18.11 Efecto de la permeabilidad (su coeficiente).

Se conoce con el nombre de *coeficiente de permeabilidad* el valor que relaciona la inducción magnética con la intensidad magnética

$$\beta = \mu \cdot H \quad ; \quad \mu = \frac{\beta}{H}$$

En las expresiones dadas en este tema, aparecía repetidamente μ; que dependía de las características magnéticas del medio circundante; este valor μ (mu) depende del material que rodea al solenoide, o del que está constituido su núcleo, y muchas veces también del estado magnético inicial, esto es, de si la bobina ha creado campo magnético o no, anteriormente.

El coeficiente de permeabilidad del aire se suele tomar igual a la unidad; y la del vacío, $\mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ henrios/m.

18.4.3 *Intensidad de campo magnético*

Si a las fórmulas obtenidas precedentemente, se aplica la relación definida en el apartado anterior se obtendrán fórmulas muy parecidas.

18.4.3.1 *Intensidad de campo creada por un conductor rectilíneo*

Si se supone que el medio circundante del conductor es aire, $\mu = 1$ y, por tanto:

$$H = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_m} \cdot \frac{I}{d}$$

La unidad será el gausio, si la intensidad se expresa en amperios, la distancia *d* en centímetros y se toma como $K_m = \frac{1}{4 \cdot \pi}$, modificando la fórmula con un coeficiente (10^{-1}), por expresar *I* en amperios, quedando de esta forma en gausios:

$$H = 0{,}2 \cdot \frac{I}{d}$$

18.4.3.2 *Intensidad de campo creada por una espira*

Como el valor de inducción magnética creada por una espira es igual a:

$$\beta = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot K_m \cdot R}$$

transformando esta expresión por la relación $H = \frac{1}{\mu} \cdot \beta$, se obtendrá:

$$H = \frac{1}{2 \cdot K_m} \cdot \frac{I}{R}$$

y se conseguirá que *H* quede expresado en gausios, si se hacen las sustituciones ya mencionadas en el apartado anterior:

$$H = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10^{-1} \cdot I}{R} = \frac{0{,}2 \cdot \pi \cdot I}{R}$$

donde:

H = intensidad de campo (en gausios),
I = corriente (en amperios),
R = radio (en centímetros).

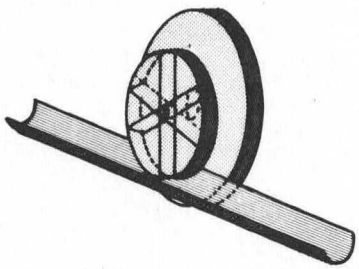


Fig. 18.12 Símil hidráulico de la inductancia.

18.4.3.3 *Intensidad de campo creada por una bobina*

En este caso, se suele utilizar una nueva unidad denominada *ampervuelta por metro* [(Av/m), ya que las vueltas o espiras no tienen unidad de medida].

La intensidad de campo en el núcleo de una bobina o solenoide tiene como valor:

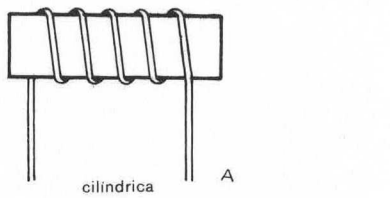
$$H = \frac{N \cdot I}{l}$$

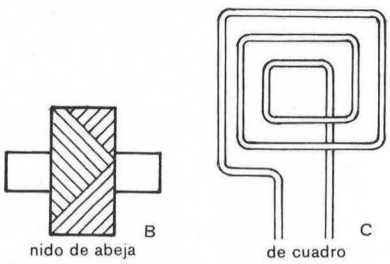
donde:

H = intensidad de campo (en Av/m),
N = número de espiras;
I = corriente (en amperios),
l = longitud de la bobina (en metros).

Si se quiere obtener en gausios habrá que sustituir $K_m = \frac{1}{4 \cdot \pi}$ y, al expresar *I* en amperios, multiplicar por 10^{-1}, poniendo *l* en centímetros:

$$H = \frac{1}{\frac{1}{4 \cdot \pi}} \cdot 10^{-1} \cdot \frac{N \cdot I}{l} = 1{,}2566 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$





18.5 Clases, bobinas y circuitos magnéticos

Las bobinas son dispositivos empleados para almacenar energía en forma de campo magnético, haciendo un efecto de inercia en los circuitos (fig. 18.12).

Las bobinas se pueden clasificar en dos grupos, según sean sus aplicaciones o su construcción; generalmente se suelen dar los nombres característicos a cada bobina, según su construcción o aplicación:

— Bobinas cilíndricas (solenoides).
— Bobinas tóricas.

} Según su construcción.

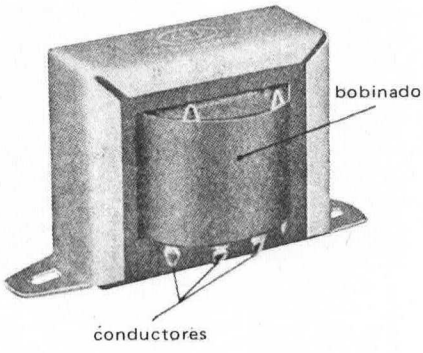
— Bobinas con núcleo de aire.
— Bobinas con núcleo variable.
— Bobinas con núcleo férrico.

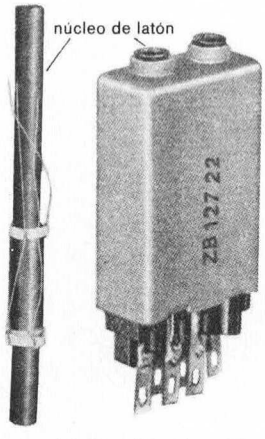
} Según su construcción, atendiendo al núcleo.

— Bobinas de filtro (choques).
— Bobinas de RF.
— Bobinas de sintonía.

} Según su aplicación.

En la figura 18.13 se muestran algunas de las bobinas mencionadas.





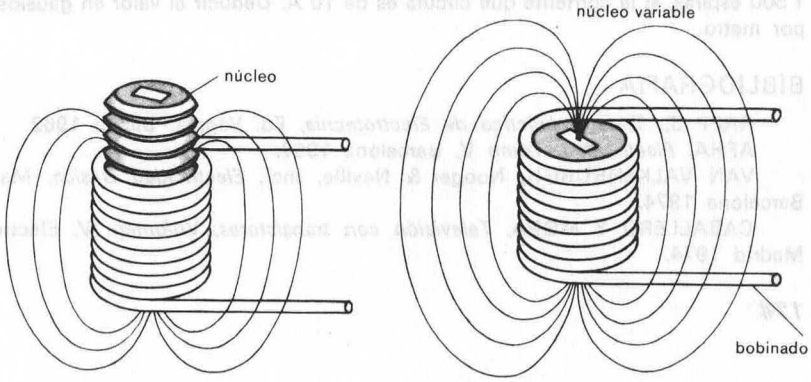


Fig. 18.13 Clasificación de las bobinas.

18.5.1 *Circuitos magnéticos*

Con el fin de aprovechar al máximo la intensidad de campo producida por una o varias bobinas, se usan circuitos magnéticos para concentrar o dirigir las líneas de fuerza en la dirección adecuada (fig. 18.14).

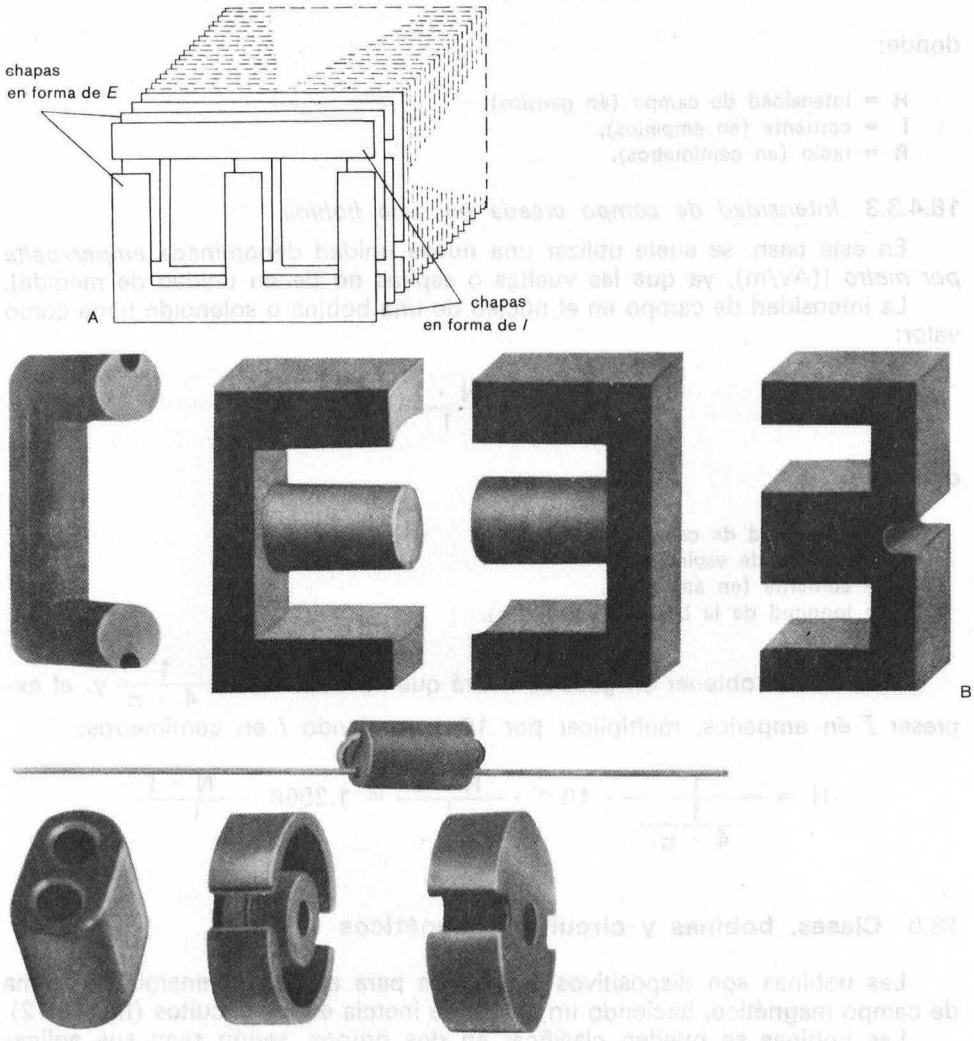


Fig. 18.14 Circuitos magnéticos: A, *colocación de las chapas;* B, *diversas clases de núcleos.*

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Compruébese, en una bobina, si se modifican las características del campo al introducir materiales diferentes como núcleos.

— Búsquense símiles mecánicos para explicar los fenómenos de almacenamiento de energía en las bobinas.

CUESTIONARIO

18.1 Explicar las reglas del sacacorchos.

18.2 ¿Cuál es el valor de la fuerza con que se atraen o repelen dos conductores?

18.3 Explicar la regla de la *N* y la *S* en una espira y generalízalo para un solenoide.

18.4 Calcular la intensidad de campo que crea un solenoide de 6 cm de longitud y 1 500 espiras, si la corriente que circula es de 10 A. Deducir el valor en gausios y ampervuelta por metro.

BIBLIOGRAFIA

RAPP J., *Tratado práctico de Electrotecnia,* Ed. Vagma, Bilbao 1962.

AFHA, *Electricidad, Tomo V,* Barcelona 1967.

VAN VALKENBURGH, Nooger & Neville, Inc., *Electricidad Básica,* Marcombo, S. A. Barcelona 1974.

CABALLERO Y MORA, *Televisión con transistores, Volumen IV,* Electrónica Clarivox, Madrid 1974.

10. Manejo y preparación de conductores

Tema 19. Materiales aislantes

OBJETIVOS

— *Comprobar la necesidad de los aislantes.*
— *Conocer el modo de fabricación y la composición de algunos aislantes.*
— *Utilización de los aislantes.*

GUION

— Materiales aislantes.
— Propiedades de los aislantes.
— Rigidez dieléctrica.
— Coeficiente de seguridad.
— Plásticos.
— División de los plásticos.
— Fabricación de piezas de plástico.
— Aislantes y cubiertas para conductores.

PUNTOS CLAVE

— Propiedades de los aislantes.
— Concepto de rigidez dieléctrica.
— Fabricación, composición y uso de los aislantes.

EXPOSICION DEL TEMA

Puede comprobarse con facilidad cómo, al tocar dos hilos de una instalación eléctrica, se recibe una descarga eléctrica.

También se puede comprobar cómo poniendo en contacto estos hilos, se produce un cortocircuito.

En las instalaciones eléctricas, se deberá buscar el procedimiento que evite contactos, tanto de hilos de conducción entre sí, como de conductores con personas.

El más fácil, rentable y seguro, es utilizar cuerpos llamados *aislantes,* que recubren los hilos de conducciones, los dispositivos en los que existe tensión eléctrica y cualquier otro elemento que deba utilizarse cuando circula por él la corriente eléctrica.

19.1 Materiales aislantes

Por su constitución, no todos los cuerpos permiten de igual forma el paso de la corriente eléctrica.

La experiencia nos enseña que hay ciertos materiales por los que la co-

rriente eléctrica circula con gran facilidad; otros, en cambio, necesitan de ciertas condiciones para favorecer el paso de los electrones, y aún existe otro grupo, que recibe el nombre de *aislantes*, que se opone casi totalmente al paso de la corriente eléctrica.

Se podrían incluir, en este grupo, la madera, el plástico, el papel, la porcelana, los barnices aislantes, etc.

Se ha dicho *casi totalmente*, porque, aun sin favorecer el paso de los electrones, en ciertas condiciones especiales no existe material aislante; por ejemplo con elevada humedad, para grandes tensiones, etc.

No obstante se consideran no conductores, o sea, aislantes en condiciones generales.

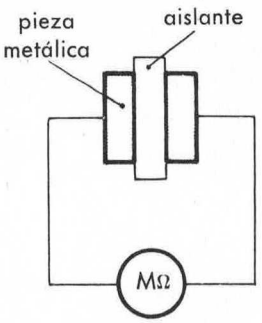


Fig. 19.1 Medición de la resistencia.

19.2 Propiedades de los aislantes

Las propiedades dignas de mención en los aislantes son muy diversas, según que se examinen sus aspectos eléctrico, físico o químico.

19.2.1 *Propiedades eléctricas*

19.2.1.1 *Resistividad*

Es la medida de la resistencia eléctrica de un aislante, dentro de unas características de ambiente y tamaño determinadas (fig. 19.1).

Suele medirse en: Ω cm²/cm, o bien en Ω cm.

19.2.1.2 *Rigidez dieléctrica*

Es la oposición que presenta un aislante a ser perforado cuando está sometido a un campo eléctrico.

Para realizar el ensayo de rigidez de un material, se sitúa éste entre dos placas, llamadas electrodos, y el conjunto se conecta a una fuente de alimentación variable, como aparece en la figura 19.2.

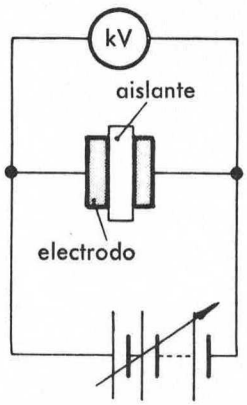


Fig. 19.2 Ensayo de rigidez dieléctrica.

La intensidad de campo a que se somete el cuerpo aislante por ensayar vale:

$$H = \frac{V}{d}$$

siendo V la tensión existente entre las placas y d la distancia entre los electrodos.

Se irá aumentando la tensión V de la fuente de alimentación y se llegará a un valor en el que se producirá la perforación del aislante. La tensión a la que se ha producido este fenómeno recibe el nombre de *tensión de perforación.*

Su intensidad de campo de perforación valdrá:

$$H_p = \frac{V_p}{d}$$

La intensidad de campo de perforación recibe el nombre de *rigidez dieléctrica* y se mide en kV/mm; cada material posee su valor de rigidez.

19.2.1.3 *Coeficiente de seguridad*

Los aislantes no trabajan con valores próximos a las tensiones de perforación. Siempre se les da un margen para evitar el peligro que supondría la perforación.

Las *normas* regulan estos valores y obligan a los fabricantes a dar este coeficiente, que varía según las condiciones de trabajo a que vaya a estar sometido el aislante, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones y la debida protección a los usuarios de las mismas.

El coeficiente de seguridad viene dado por la relación existente entre la tensión de perforación y la tensión de trabajo:

$$K_s = \frac{V_p}{V}$$

y suele oscilar entre 2,5 y 7.

19.2.2 *Propiedades mecánicas*

Con frecuencia los aislantes se emplean como soporte. En tales casos han de ser resistentes a la tracción, a la comprensión, al choque, etc.

Como quiera que, a veces, estos mismos aislantes han de ser moldeados y trabajados mecánicamente, conviene conocer sus características antes de tales operaciones.

19.2.3 *Propiedades químicas*

Los aislantes han de ser inalterables en las condiciones ambientales en que han de trabajar.

Hay que conocer su comportamiento frente a ácidos, álcalis, bases y disolventes.

También ha de conocerse su resistencia a la oxidación, pues si ésta se da con frecuencia, se deteriora solamente la capa superficial a su contacto con el oxígeno atmosférico y pierde sus características aislantes.

19.2.4 *Características térmicas*

Miden la temperatura máxima de utilización del aislante.

Hay un código que reglamenta la gama de temperaturas.

— Aislante clase O, hasta 90 °C.
— Aislante clase A, hasta 105 °C.
— Aislante clase E, hasta 120 °C.
— Aislante clase B, hasta 130 °C.
— Aislante clase F, hasta 155 °C.
— Aislante clase H, hasta 180 °C.
— Aislante clase C, por encima de 180 °C.

Se incluye, al final de este tema, una tabla con los principales aislantes, sus propiedades, su uso, etc.

Dentro de los aislantes se tratarán con mayor amplitud los plásticos, por considerarlos de suma importancia.

19.3 **Plásticos**

Los plásticos, generalmente derivados del petróleo, se producen artificialmente por procedimientos químicos.

Se puede decir que hoy todo se puede fabricar en plástico: muebles, lanchas, envases de todo tipo, viviendas, etc. Muchísimas piezas, que siempre se hicieron de acero, son sustituidas por piezas de plástico y, en muchos casos, con ventaja.

En la industria eléctrica y electrónica, el consumo de los plásticos es enorme. Se construyen conductores con aislamiento plástico, capaces de soportar grandes tensiones y malas condiciones ambientales. Por estas razones se emplea el plástico en cajas para aparatos de mando, tubos aislantes, soportes para mecanismos, carcasas para motores; en fin, casi todo. Solamente el calor es su enemigo.

Como sucede con todos los materiales, hay que saber elegir la clase de plástico, de acuerdo con el empleo que haya que dar a las piezas con él construidas.

19.4 **División de los plásticos**

Puede decirse que los plásticos se dividen en dos grandes grupos, de características muy definidas: termoestables y termoplásticos.

19.4.1 *Termoestables*

Se consideran termoestables aquellos que, fundiendo las materias primas por acción del calor, se solidifican al sobrepasar una cierta temperatura, quedando con la forma del molde. Estas piezas de plástico termoestable no se funden al calentarlas nuevamente. Son plásticos termoestables: las resinas fenólicas, tales como la baquelita (muy usada en electricidad), las melaminas, los poliésteres, etc. (fig. 19.3).

19.4.2 *Termoplásticos*

Un plástico es termoplástico cuando, al fundir sus materias primas por acción del calor, no solidifica hasta no enfriarse. La pieza de plástico termoplástico vuelve a fundirse al ser calentado nuevamente. Son plásticos termoplásticos el acetato, el butirato de celulosa, el celuloide, los polivinilos, el plexiglás, etc. (fig. 19.3).

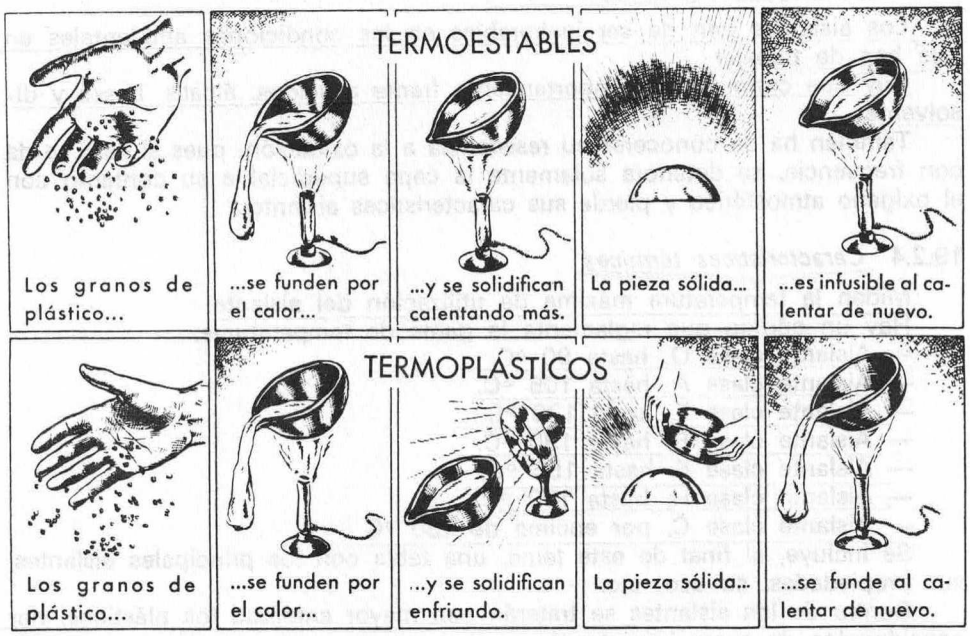


Fig. 19.3 Diferencia entre plásticos termoestables y termoplásticos.

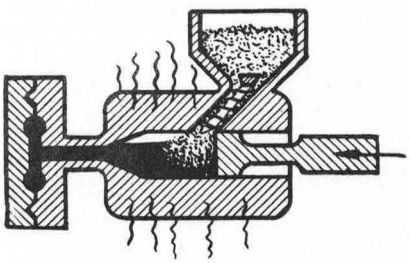


Fig. 19.4 Inyección.

19.5 **Fabricación de piezas en plástico**

La fabricación de plásticos requiere máquinas y moldes muy costosos, por lo que solamente son rentables los fabricados en grandes series.

Los plásticos se presentan, en el mercado, en tubos, barras, planchas y perfiles varios, así como un sinfín de piezas moldeadas para todos los usos.

El material en barras u otros perfiles pueden mecanizarse de forma similar a la de los metales.

Los materiales para moldear son servidos por los fabricantes en polvo y gránulos. El moldeado puede ser de las siguientes formas.

19.5.1 *Por inyección*

Consiste en inyectar una cantidad de material caliente en un molde. Una vez fría la pieza, se saca del molde; y se repite la operación para fabricar otras nuevas (fig. 19.4).

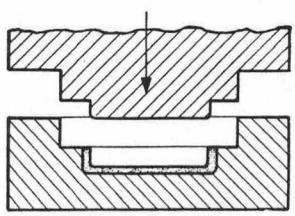


Fig. 19.5 Prensado.

19.5.2 *Por prensado*

Consiste en rellenar un molde con una cantidad de material pulverizado. Se le aplica calor y se prensa hasta que el material obtiene la forma de molde (fig. 19.5).

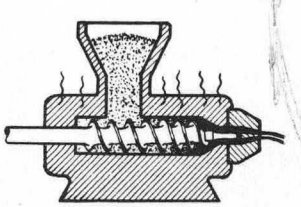


Fig. 19.6 Expulsión.

19.5.3 *Por expulsión*

Este procedimiento es muy empleado para el recubrimiento de hilos y cables, por lo que se dará de él una explicación más amplia (fig. 19.6).

Las máquinas empleadas para el recubrimiento de conductores por expulsión están provistas de una tolva y un cilindro en cuyo interior va una hélice sobre un eje hueco. El cilindro está rodeado de una cámara para mantener caliente el material plástico.

El funcionamiento de la máquina es el siguiente: se echa el material plástico en la tolva y de ésta pasa al cilindro, donde se calienta. Al girra el eje, la

hélice impulsa el material hacia la salida, donde toma la forma de la boquilla acoplada a ella.

Cuando se trata de recubrir un conductor, se hace pasar éste por el agujero central del eje hasta salir por el centro de la boquilla. Entre el conductor y el agujero de la boquilla queda un espacio por donde sale conjuntamente el material aislante, que se adhiere al conductor, tomando el aislamiento la forma de la boquilla.

A medida que sale el conductor, ya con su aislamiento, se enfría y se lleva a una devanadora, que confecciona los rollos para servir a los almacenes.

19.6 Aislantes para conductores

19.6.1 *Goma sintética SBR*

Elastómero de características sensiblemente similares a las de la goma natural, empleada para bajas tensiones.

19.6.2 *Policloruro de vinilo. Pirepol*

Material termoplástico con todas las propiedades propias y características de resistencia al agua, a la mayoría de los ácidos, aceites minerales, carburantes y demás. De buena rigidez dieléctrica, soporta perfectamente la acción del tiempo y no es propagador de la llama. Utilizado para bajas tensiones.

19.6.3 *Policloruro de vinilo. Sintenax*

Especial calidad del material termoplástico. El policloruro de vinilo reúne no ya las cualidades propias en cuanto a su rigidez, resistencia mecánica y ozono, sino también resistencia a la mayoría de los agentes químicos y al envejecimiento, siendo de destacar su cualidad de no propagador de la llama. Empleado en tensiones de hasta unos 25 kV.

19.6.4 *Etileno propileno*

Elastómero de excelentes propiedades dieléctricas así como de gran estabilidad térmica que, junto a sus óptimas condiciones de resistencia al calor, al ozono y a las descargas parciales (corona), le hacen apto para ser empleado en tensiones de hasta 60 kV.

19.6.5 *Polietileno reticulado*

Plástico termoestable, que reúne las condiciones de resistencia a las altas temperaturas, humedad y agentes químicos. Empleado en bajas tensiones.

19.6.6 *Papel impregnado*

Papel de celulosa puro, impregnado con mezclas a base de aceites minerales y materias resinosas de gran rigidez dieléctrica, en sus variedades de mezcla y no escurriente. Su campo de aplicación está indicado hasta tensiones de 20 kV, cuando la mezcla es no escurriente, y hasta 60 kV para mezcla normal.

19.7 Cubiertas para conductores

19.7.1 *Policloropreno (neopreno)*

Elastómero extremadamente resistente a las inclemencias atmosféricas, al roce y a la abrasión, no propagador de la llama flexible, buena resistencia al calor, a los aceites minerales e hidrocarburos y a las bajas temperaturas.

19.7.2 *Policloruro de vinilo. Pirepol*

Mezcla semejante a la de aislamiento, habiéndosele conferido las cualidades propias y necesarias para su misión de cubierta, siendo también no propagadora de la llama.

19.7.3 *Policloruro de vinilo. Sintenax*

Es semejante a la empleada como aislamiento, debidamente estudiada a fin de conseguir las cualidades propias para cubierta, resistencia mecánica,

a los agentes atmosféricos, agentes químicos del subsuelo y a la mayor parte de los productos químicos utilizados en la industria. Como la de aislamiento, no es propagadora de la llama.

19.7.4 *Plomo*

Material empleado como cubierta en los cables con aislamiento de papel impregnado, de cualidades y propiedades sobradamente conocidas, usado siempre en forma de aleación resistente a la cristalización por vibraciones.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Haz una lista de lugares en los que se emplean los aislantes eléctricos. Pon esta lista en el eje de abscisas. En el eje de ordenadas coloca todos los nombres de los aislantes de este capítulo. Pon una señal allí donde se cruce la fila de un aislante con la columna del lugar que indica que puede usarse.
— Indica las cosas que conoces de plástico en tu especialidad.
— Busca algún método para obtener la rigidez dieléctrica de un aislante líquido.

CUESTIONARIO

19.1 ¿Qué diferencia hay entre rigidez dieléctrica y resistividad?
19.2 El aislador del que cuelga un cable, en una línea de alta tensión, ¿qué cualidades mecánicas requiere?
19.3 ¿Qué aislante se emplea en un interruptor de cuchillas?
19.4 ¿Qué significa termoestable?
19.5 ¿Qué clase de plástico es la baquelita?
19.6 ¿Cómo se fabrica el aislamiento de plástico de los conductores? Haz un croquis.

BIBLIOGRAFIA

SCHILLO A., *Material, número, conductor,* Reverté, Barcelona 1968.
RAMIREZ J., *Instalaciones eléctricas generales,* CEAC, Barcelona 1974.
LEYENSETTER A., *Tecnología de los oficios metalúrgicos,* Reverté, Barcelona 1974.
AFHA, *Materiales eléctricos,* Barcelona 1968.
Catálogo Cables eléctricos aislados para transporte de energía, Pirelli, Barcelona.

Tema 20. **Conductores: hilos y cables**

OBJETIVOS

— *Distinguir las diversas formas comerciales de conductores.*
— *Conocer algunos tipos de conductores comerciales.*
— *Comprobar la necesidad de las diversas secciones, en los conductores utilizados en la práctica.*

GUION

— Conductores eléctricos.
— Hilos y cables.
— Densidad de corriente.
— Recubrimiento de conductores.
— Tipos de conductores.

PUNTOS CLAVE

— Hilos y cables.
— Densidad de corriente.
— Conocimiento de las propiedades de los conductores de mayor utilización en la industria.

EXPOSICION DEL TEMA

Las instalaciones eléctricas se realizan mediante materiales que permiten el paso de la corriente eléctrica sin ofrecer dificultad.

Son, pues, imprescindibles para el desarrollo de la tecnología eléctrica y electrónica, ya que sin ellos sería imposible cualquier realización.

20.1 Conductores eléctricos

La estructura molecular de los cuerpos difiere notablemente de unos a otros. Es por esto por lo que no todos los cuerpos permiten el paso de la corriente eléctrica con la misma facilidad.

A los que menor oposición presentan se les denomina *conductores.* De ellos, destacan el oro y la plata; pero su elevado precio hace que no se empleen como tales sino en aparatos de precisión. Las aleaciones de plata se usan para contactos en aparatos de maniobra.

Los materiales empleados comúnmente son el cobre y el aluminio, peores conductores pero mucho más baratos.

20.2 Hilos y cables

Estos conductores se presentan de diversas maneras: en forma de hilos, de varillas, de cables, de pletinas, etc.

Se llaman *hilos* cuando el conductor es cilíndrico y no pasa de 4 mm de diámetro. Se emplean en las instalaciones interiores.

Se denominan *varillas* cuando el conductor sobrepasa 4 mm de diámetro. Se utilizan en líneas de distribución.

Son *cables* cuando el conductor se compone de varios hilos de menor sección enrollados en espiral. Se emplean en instalaciones interiores y en líneas eléctricas de mucha intensidad.

Se llaman *pletinas* cuando el conductor es de sección rectangular. Se emplean en bobinados y cuadros de maniobra y distribución.

20.3 Densidad de corriente eléctrica

La sección de los conductores está justificada si se piensa que cada instalación precisa de valores de corriente eléctrica distintos.

Los conductores, al recorrerlos la corriente eléctrica, aumentan de temperatura.

Además, cuanto mayor es el valor de la intensidad que circula por un conductor, mayor es el calentamiento y antes puede llegar su deterioro o la avería del circuito.

Sería fácil comprender este razonamiento con un símil hidráulico, suponiendo que el conductor es una tubería y la corriente eléctrica el agua que por ella circula. Si el caudal de agua aumenta hasta valores superiores a los que la tubería puede transportar, ésta termina por romperse.

De lo expuesto, nace un nuevo concepto, el de densidad.

Densidad de corriente eléctrica es el cociente que resulta del valor de intensidad de corriente eléctrica que recorre un conductor dividido por la sección geométrica del mismo.

Se expresa por la fórmula:

$$J = \frac{I}{S} \text{ en } \frac{A}{mm^2}$$

Suelen fijarse para cada tipo de instalación los valores máximos de corriente eléctrica que pueden circular. La densidad de corriente admisible depende de varios factores. Conviene señalar, entre ellos, estos dos:

1.º Los hilos desnudos pierden más fácilmente el calor que los hilos aislados; por consiguiente, soportan mayor densidad de corriente que estos últimos.

2.º Si se duplica la sección, el radio aumenta dos veces; si se triplica o cuadruplica, el radio crece 3 ó 4 veces.

Las limitaciones que hace el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión son las de los párrafos 30.14.1 y 30.14..2.

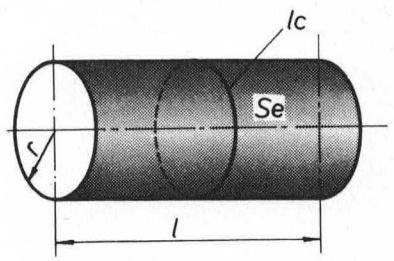


Fig. 20.1 Relación entre la superficie lateral y la sección de un conductor.

Ejemplos

Para conductores de doble sección:

$$S = \pi \cdot r^2 \; ; \; S' = 2 \cdot S \cdot \pi \cdot r^2$$

$$r' = \sqrt{\frac{S'}{\pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot r^2}{\pi}} = r \cdot \sqrt{2} \qquad [20.1]$$

Para conductores de triple sección:

$$S = \pi \cdot r^2 \; ; \; S' = 3 \cdot S = \pi \cdot r'^2$$

$$r' = \sqrt{\frac{S'}{\pi}} = \sqrt{\frac{3 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{3 \cdot \pi \cdot r^2}{\pi}} = r \cdot \sqrt{3}$$

La superficie cilíndrica externa $S_e = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$ (fig. 20.1), en contacto con el ambiente, es proporcional a la circunferencia l_c y a su radio *r*.

Para una longitud de cable *l*, cuando la sección S' = 2 S, resulta:

$$S_e = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l \; ; \; S_e' = 2 \cdot \pi \cdot r' \cdot l = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{2} \cdot l$$

por ser $r' = r \cdot \sqrt{2}$, como se vio en [20.1].

Por lo tanto:

$$S'_e = \sqrt{2} \times 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l = \sqrt{2} \cdot S_e$$

es decir, que al duplicar la sección (S' = 2 S), la superficie externa ha aumentado ($S_e' = \sqrt{2} \cdot S_e$) veces.

Para S' = 3 S, resulta:

$$S_e' = 2 \cdot \pi \cdot r' \cdot l = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{3} \cdot l = \sqrt{3} \times 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l = \sqrt{3} \cdot S_e$$

por ser $r' = \sqrt{3}$.

En general, si:

$$S' = n \cdot S \; ; \; S_e' = \sqrt{n} \cdot S_e$$

siendo:

$$S_e = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l \text{ y } r' = r \cdot \sqrt{n}$$

Por tanto, al duplicar la sección, no llega a duplicarse la superficie del conductor y no puede disiparse el doble calor. La corriente que circula no podrá ser el doble y, consiguientemente, la densidad será menor que con la sección más pequeña.

20.4 Recubrimiento de los conductores

Se dice que los conductores están *desnudos* cuando no llevan ningún recubrimiento aislante; y *aislados,* cuando llevan dicho recubrimiento.

El aislamiento de los conductores se hace con diversos materiales. Se dice que es *textil* cuando se recubre el conductor con una capa trenzada de algodón. Si el recubrimiento es doble, una cinta va cruzada con la otra, y se llama *doble capa.* Esta capa puede ir impregnada con una sustancia aislante.

Se dice que un conductor es *vulcanizado,* cuando va recubierto de una capa de caucho vulcanizado. Esta capa suele ir recubierta de otra capa textil impregnada.

Cuando el conductor vulcanizado es de cobre, éste debe llevar un baño de estaño que le proteja de la corrosión de la capa aislante.

La fabricación de materiales plásticos resistentes al calor ha permitido la construcción de cables con aislante *plástico;* el más empleado en la actualidad es el cloruro de polivinilo (PVC).

Otros aislantes muy utilizados son: goma sintética SBR, goma butílica, Pirepol, etc. Todos ellos, descritos en el tema anterior.

20.5 Tipos de conductores

Comercialmente se fabrican muchos tipos de conductores, de acuerdo con el uso a que vayan destinados. He aquí algunos:

20.5.1 *Tipo IAAR*

A propósito para instalaciones a la intemperie. Se presenta en dos formas: como *hilo,* para secciones de 1 a 10 mm²; y como *cable,* para las de 6,3 hasta 100 mm²; siempre es de cobre recubierto con dos capas textiles, la interior en espiral y la exterior trenzada. Ambas van barnizadas con barniz intemperie (figura 20.2).



Fig. 20.2 Conductor tipo IAAR.

20.5.2 *Tipo IKB*

Es un conductor para instalaciones interiores, cuya sección puede ser de 1 a 10 mm² para *hilo* y de 6,3 a 100 mm² para *cable.* El conductor va estañado y recubierto por una capa de caucho vulcanizado, sobre la que lleva una trenza textil negra (fig. 20.3).

20.5.3 *Tipo 3 900 BT*

Es una variante del tipo *IKB,* de mucha mayor utilización actualmente. Se compone de hilo o cable de cobre con protección metálica, tubo de goma vulcanizado y, a partir de 16 mm², cinta de papel sobre el cable y cinta de tela sobre la goma aislante. Exteriormente lleva una capa trenzada textil y barniz negro. Tanto el tipo *IKB* como el *NT* están siendo sustituidos en la actualidad por el Polipol, de mejores características, como se estudió en el tema 19 (figura 20.3).

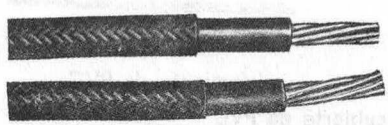


Fig. 20.3 Cables tipo IKB y 3 900 NT.

20.5.4 *Tipo GTR*

Es un conductor en espiral visible, compuesto por dos cables de cobre estañados, ambos con protección de caucho vulcanizado y capa textil blanca. Casi no se usa (fig. 20.4).



Fig. 20.4 Cables paralelo tipo GTR.

20.5.5 *Tipo Pirepol*

Se fabrica en forma de hilo y de cable. Al pirepol en hilo se le denomina rígido; se fabrica con un solo conductor, aislado con una capa de plástico (PVC), y se emplea para secciones de 0,16 a 6,3 mm². También se fabrica en pirepol rígido con secciones de 10 a 100 mm², pero en forma de cable (fig. 20.5).

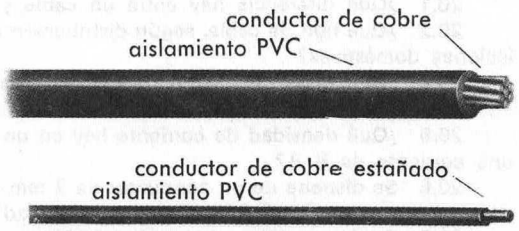


Fig. 20.5 Conductores pirepol.

El pirepol se clasifica en dos grupos: flexible y extraflexible.

El pirepol flexible es un cable compuesto por hilos finos de cobre, lo que le permite una gran flexibilidad. Va recubierto por una capa aislante común de cloruro de polivinilo. Puede estar formado por uno, dos o tres conductores. Es el denominado paralelo flexible.

En el tipo extraflexible, los hilos que forman el cable son mucho más finos, con lo que se aumenta su flexibilidad. Sobre la capa de cloruro de polivinilo, llevan una trenza textil común (fig. 20.6).

Conductores tipo pirepol, para aplicaciones especiales:

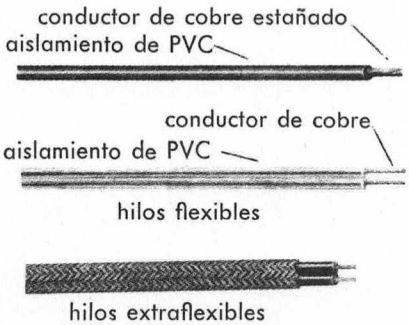


Fig. 20.6 Conductores flexibles.

20.5.5.1 *Pirepol-gas*

Es el tipo de cable denominado *manguera.* Se utiliza para acometidas a máquinas que, por cualquier circunstancia, no van bajo tubo. Se fabrican bipolares y tripolares. Consta cada conductor de un cable flexible de cobre, con



Fig. 20.7 Conductor tipo manguera.

aislante de PVC y una cubierta exterior común, de protección, en plástico de alta calidad (fig. 20.7).

Se fabrican de 2 × 0,63 a 2 × 6,3 mm² para bifilares; y de 3 × 0,75 a 3 × 25 mm² para trifilares.

20.5.5.2 *Pirepol concéntrico*

Se utiliza para acometidas. Consta de dos conductores colocados concéntricamente. El interior es de hilo rígido de cobre y lleva una funda aislante de PVC; sobre ésta va enrollada una capa de cobre flexible trenzado, que es el segundo conductor. Todo ello está cubierto por plástico de alta calidad (fig. 20.8).



Fig. 20.8 Cable concéntrico

20.5.5.3 *Pirepol-nam*

Es un conductor de cobre flexible, cuya cubierta aislante es muy gruesa. Se emplea en las instalaciones de encendido del automóvil (fig. 20.9).



Fig. 20.9 Cable para el encendido de automóviles.

20.5.5.4 *Pirepol-p*

Es el tipo denominado *antihumedad.* Se fabrica con uno, dos y tres conductores. En su construcción es similar al pirepol-gas, sólo que este tipo es de forma plana. Se construye con hilo rígido, en vez de cable flexible, hasta 4 mm². A partir de 6,3 hasta 100 mm² para los unifilares y hasta 25 mm² para los bifilares y trifilares, en forma de cable (fig. 20.10).

También existe el tipo denominado *polipol* que coincide, en todas sus características constructivas, con los tipos correspondientes del pirepol.

La diferencia de este conductor radica en que lleva, entre el conductor propiamente dicho y la capa aislante, un aislante intermedio transparente de PVC. Su tensión de aislamieto es, por tanto, más elevada, siendo de 1 000 V para el pirepol y de 4 000 V para el polipol (fig. 20.11).

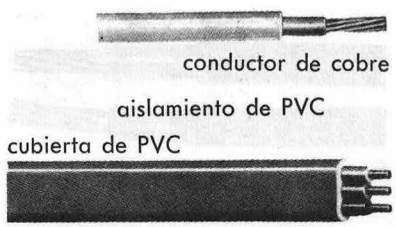


Fig. 20.10 Cable antihumedad.

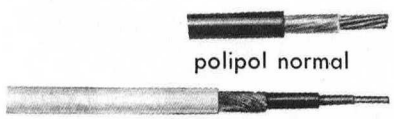


Fig. 20.11 Conductores tipo polipol.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Confeccionar una tabla de doble entrada, clasificando los conductores de algunas casas comerciales:

a) entrada vertical: tipo de recubrimiento;

b) entrada horizontal: utilización.

CUESTIONARIO

20.1 ¿Qué diferencia hay entre un cable y un hilo?

20.2 ¿Qué tipo de cable, según distribución de la casa Pirelli, es más usado en las instalaciones domésticas?

20.3 ¿Qué tipos de recubrimientos aislados conoces?

20.4 ¿Qué significa PVC?

20.5 ¿Qué densidad de corriente hay en un hilo de 4 mm de diámetro cuando soporta una corriente de 8 A?

20.6 Se dispone de un conductor de 2 mm de diámetro y no se quiere que la densidad de corriente supere los 3 A/mm². ¿Qué intensidad máxima puede pasar por el conductor?

20.7 Se desea utilizar en una instalación un total de 15 A. Se dispone de un conductor que admite una densidad de corriente de 2 A/mm². ¿Cuál es el diámetro del conductor que se necesita?

20.8 Se dispone de un conductor de 2 mm de radio. ¿Cuál es la sección? ¿Cuál sería el radio si cuatriplicásemos esta sección? ¿Cuál es la relación existente entre la circunferencia de ésta y la primera?

BIBLIOGRAFIA

RAMIREZ J., *Instalaciones eléctricas generales,* CEAC, Barcelona 1974.

AFHA, *Electricidad, Tomo V.* Barcelona 1974.

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

UNE, Instituto Nacional de Racionalización y Normalización, Madrid.

Catálogos de casas comerciales.

Tema 21. **Herramientas utilizadas en la especialidad**

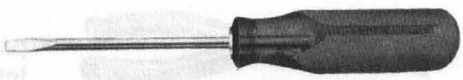


Fig. 21.1 Destornillador.

OBJETIVOS

— *Describir las distintas herramientas utilizadas en la especialidad.*
— *Indicar las precauciones que deben tomarse con las herramientas.*

GUION

— Destornilladores.
— Alicates.
— Pinzas y agarradores.
— Tijeras.
— Cuchillo de electricista.
— Pelahilos.
— Barrena de mano.
— Llaves.
— Cinta métrica.
— Guía.
— Precauciones contra la oxidación de herramientas.

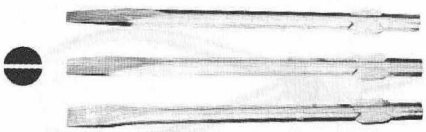


Fig. 21.2 Hoja de destornillador ranurado.

PUNTOS CLAVE

— Conocimiento de las distintas herramientas utilizadas en la especialidad.
— Ideas sobre su uso y conservación.

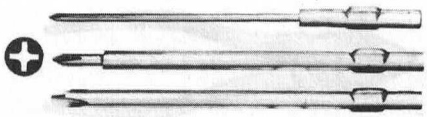


Fig. 21.3 Hoja de destornillador Phillips.

EXPOSICION DEL TEMA

21.1 Herramental de la especialidad

Además de toda la serie de herramientas estudiadas hasta ahora, comunes a todas las especialidades, hay otras cuyo uso más generalizado está dentro de la especialidad eléctrica.

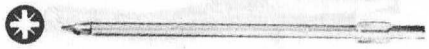


Fig. 21.4 Hoja de destornillador poridriv.

21.1.1 *Destornilladores*

Son herramientas para sujetar tornillos con ranura en su cabeza (fig. 21.1). En todo destornillador se distinguen tres partes: *mango, vástago* y *hoja.* En electricidad, debido a la frecuencia con que se trabaja en aparatos y elementos bajo tensión eléctrica, los destornilladores van provistos de mango aislante, en material plástico.

El tamaño depende del tornillo a sujetar. La hoja puede adoptar diversas formas: ranurada (fig. 21.2), Phillips (fig. 21.3), *posidriv* (fig. 21.4), de 6 ranuras (fig. 21.5), o incluso para tornillos Allen hexagonales (fig. 21.6).

A más del destornillador ordinario hay otro destinado a la comprobación de corriente, denominado *destornillador buscapolos.*

El destornillador buscapolos (fig. 21.7), llamado generalmente *neón,* posee un mango de plástico transparente y hueco, que lleva en su interior una lamparita tubular de electrones y de gas neón. La lámpara neón está en contacto con el vástago del destornillador, por un lado; y, por el otro, con la parte extrema del mango. Para comprobar si hay corriente en un punto cualquiera de la instalación, se pone en contacto el destornillador con el punto deseado, tocando con un dedo al mismo tiempo en el extremo del mango. Al simple contacto se encenderá la lámpara. Y será la prueba de que hay fase, ya que el cuerpo humano, en contacto con el suelo, hace de neutro.

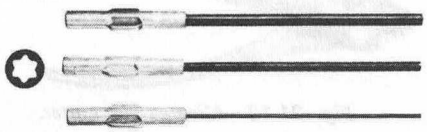


Fig. 21.5 Hoja de destornillador de seis ranuras.

Conviene seguir las siguientes normas para el mejor uso y conservación del destornillador:

1.ª No deben utilizarse los destornilladores para otros usos.
2.ª Los destornilladores deben tenerse siemper afilados.
3.ª El tamaño del destornillador debe ser apropiado al tamaño del tornillo.
4.ª Cuando se trabaje con tensión se ha de tener especial cuidado en no tocar ni el vástago ni la hoja ya que, por ser metálicos, están bajo potencial. Hay que cuidar no unir con el vástago partes del circuito con diferente potencial, ya que se originaría un cortocircuito.

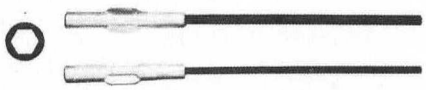


Fig. 21.6 Hoja de destornillador para tornillos Allen hexagonal.



Fig. 21.7 Destornillador detector de tensión (buscapolos).

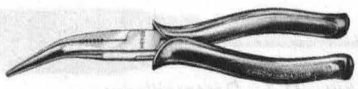


Fig. 21.9 Alicates de puntas dobladas.

5.ª El poder aislante de los mangos de los destornilladores tiene capacidad para aislar las tensiones normales de las viviendas e industrias, pero no para altas tensiones.

21.1.2 *Alicates*

Los alicates son herramientas que sirven para sujetar, cortar, doblar, etc. En electricidad se usan diferentes tipos. Los más importantes son:

a) *Alicates de puntas planas* (fig. 21.8). Preferentemente empleados para el doblado de conductores rígidos. También se pueden emplear para doblar pequeños trozos de chapa.

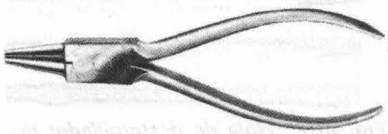


Fig. 21.10 Alicates de puntas redondas.

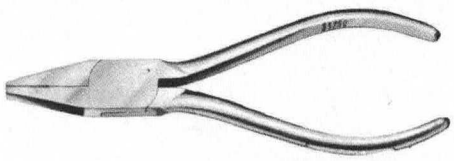


Fig. 21.8 Alicates de puntas planas.

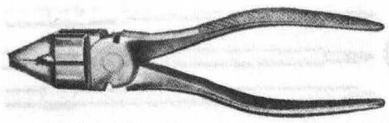


Fig. 21.11 Alicates universales.

b) *Alicates de punta doblada* (fig. 21.9). Se utilizan en casos semejantes a los anteriores pero, por la forma de su punta, son apropiados para trabajar en sitios inaccesibles.

c) *Alicates de punta redonda* (fig. 21.10). Empleados para curvar hilos y chapas y hacer terminales de conexiones.

d) *Alicates universales* (fig. 21.11). Son unos alicates más robustos que los anteriores. Se utilizan para múltiples usos, como sujetar piezas para taladrar, soldar, doblar y cortar conductores gruesos, realizar empalmes, etc.

Los alicates, cuando se trabaje, deben estar aislados (fig. 21.12) para evitar descargas eléctricas.

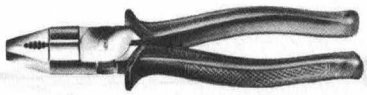


Fig. 21.12 Alicates universales aislados.

e) *Alicates cortaalambres* (fig. 21.13). Sirven para cortar conductores y alambres.

Para que los alicates se conserven y cumplan su función, conviene mantenerlos engrasados y limpios, y no usarlos como martillo.

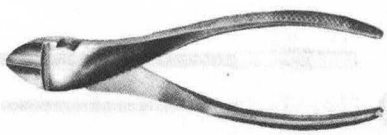


Fig. 21.13 Alicates de cortar.

21.1.3 *Pinzas y agarradores*

Las pinzas (fig. 21.14) resultan elementos muy útiles, sobre todo en cableados de electrónica y para colocación de tornillería fina.

Los agarradores (fig. 21.15) son herramientas que se cierran firmemente para sujetar cables cuando se desea soldar, y recuperar pequeñas piezas de lugares de difícil acceso, además de actuar como cavidad para la absorción térmica.

21.1.4 *Tijeras de electricista*

Las tijeras de electricista (fig. 21.16) son cortas y robustas, con una muesca o hendidura afilada en la parte interna. Se emplean para cortar papel y cartón e hilos y cables de pequeña sección y, sobre todo, para pelar hilos, quitándoles el aislante, a la hora de hacer conexiones.

Las tijeras deben tenerse siempre limpias y afiladas. Se afilan por el corte, siguiendo la misma inclinación de fábrica y no afilando nunca por la parte interior de las hojas.

Hay también tijeras especiales (fig. 21.17) cuya acción de corte evita picos en hilos y filamentos. Su uso es indicado en electrónica.

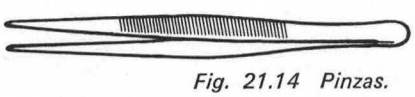


Fig. 21.14 Pinzas.

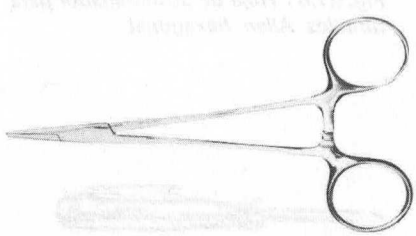


Fig. 21.15 Agarradores.



Fig. 21.16 Tijeras.

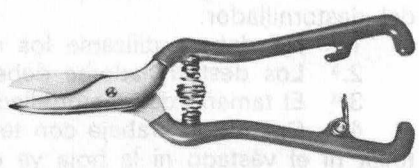


Fig. 21.17 Tijeras especiales para electrónica.

21.1.5 *Cuchillo de electricista*

El cuchillo o navaja de electricista (fig. 21.18), sirve para quitar el aislante de los conductores, la envuelta mecánica del tubo Bergman, empleado en las instalaciones empotradas, cortar materiales blandos, etc. Por ser la hoja de acero y tener el mango de madera acoplado con clavillos metálicos, no es apto para trabajar con tensión.



Fig. 21.18 Navaja de electricista.

21.1.6 *Pelahilos*

El pelahilos (fig. 21.19), sirve para cortar y quitar el aislante de hilos y cables. Su uso resulta muy indicado cuando se tiene que pelar gran cantidad de hilos.

Disponen de dispositivos de regulación para ajustarlos a los distintos diámetros de hilos y cables.

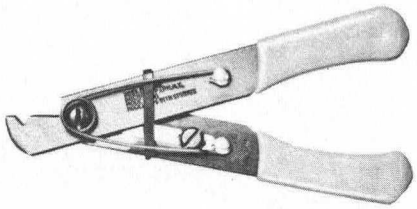


Fig. 21.19 Pelahilos.

21.1.7 *Barrena de mano*

Las barrenas de mano (fig. 21.20) sirven para abrir pequeños agujeros en la madera con el fin de iniciar el roscado de tirafondos. Las hay de distintos tamaños. También hay en el mercado juegos de barrenas, con un mango común, y barrenas intercambiables.

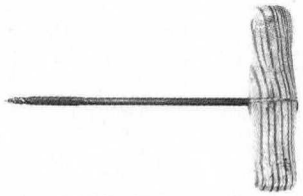


Fig. 21.20 Barrena de mano.

21.1.8 *Llaves*

Las llaves son herramientas de acero que sirven para apretar y aflojar tuercas y tornillos. Las más usadas son:

a) Llaves fijas planas (fig. 21.21), que pueden ser de una o de dos bocas. Sirven para tornillos y tuercas de cabeza hexagonal o cuadrada.

b) Llaves de estrella (fig. 21.22) empleadas cuando sólo es posible un pequeño desplazamiento de la llave.

c) Llaves de tubo (fig. 21.23). Son llaves fijas para tuercas hexagonales. Se emplean en lugares inaccesibles para otras llaves.

d) Destornillador-llave (fig. 21.24). Es un destornillador especial con la boca hexagonal hueca que permite colocar tuercas y tornillos de este tipo de cabeza.

e) Llaves para tornillos con cabeza hexagonal interior (tornillos Allen) (fig. 21.25).

f) Llave inglesa (fig. 21.26). Es una llave extensible. Mediante un visinfín se ajusta a la medida de tuerca que se desee.



Fig. 21.21 Llave fija.

21.1.9 *Cinta métrica*

Herramienta muy útil para la realización de cableados en instalaciones interiores (fig. 21.27).

Hay modelos que incluyen un nivel y se pueden utilizar también como compás.

21.1.10 *Guía*

La guía para-hilos, es una herramienta que sirve para introducir los hilos y cables en el interior de tubos destinados a conducciones eléctricas.

Está formada por un alambre o pletina de acero (fig. 21.28) que en un extremo eleva una bola (para que la guía no se eleve en el interior del tubo) y en el otro un lazo para atar los hilos o cables que se quieren introducir.



Fig. 21.22 Llave de estrella.



Fig. 21.23 Llave de tubo.

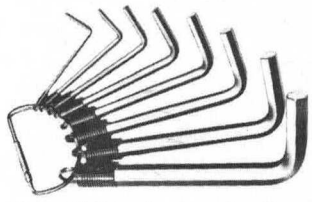


Fig. 21.25 Juego de llaves para tornillos Allen.

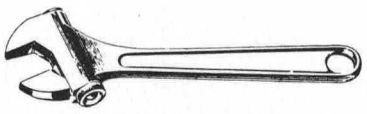


Fig. 21.26 Llave inglesa.



Fig. 21.24 Destornillador-llave de tubo.

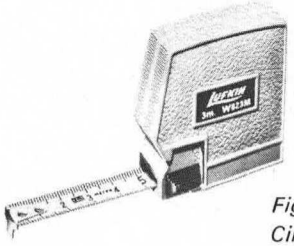


Fig. 21.27 Cinta métrica.

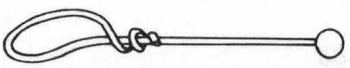


Fig. 21.28 Guia

21.2 Precauciones contra la oxidación de las herramientas

En la mayoría de los casos la oxidación de las herramientas es provocada por el sudor de las manos. Cuando se observe este sudor hay que tomar la precaución de neutralizarlo, espolvoreando sobre las manos un poco de cal muerta. Para mayor comodidad se prepara una pequeña bolsa de tela, no muy tupida, en la que se introduce un poco de cal. Preparada así la bolsa, se pasa por las manos varias veces durante el trabajo. No perjudica a la piel en nada.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Las herramientas y su importancia.

CUESTIONARIO

21.1 ¿De cuántas partes se compone un destornillador?
21.2 ¿Qué tipos de destornilladores conoces?
21.3 ¿Qué normas deben seguirse para el uso y conservación de los destornilladores?
21.4 ¿Cuántos tipos de alicates conoces?
21.5 ¿Qué son los agarradores?
21.6 ¿Para qué sirve la muesca que llevan las tijeras de electricista?
21.7 El pelahilos, ¿para qué sirve?
21.8 ¿Cuántos tipos de llaves conoces?
21.9 ¿Para qué sirve cada parte de la guía?
21.10 ¿Qué precauciones deben tomarse contra la oxidación de las herramientas?

BIBLIOGRAFIA

Catálogos de casas comerciales.

11. Instalaciones básicas de alumbrado

Tema 22. Alumbrado con lámparas incandescentes

OBJETIVOS

— *Iniciación en Luminotecnia.*
— *Reconocer las diferentes partes de que consta la lámpara incandescente.*
— *Interpretar sencillos esquemas para instalaciones de puntos de luz.*

GUION

— Naturaleza de la luz.
— Percepción de la luz. El ojo humano.
— Magnitudes y unidades fotométricas.
— Rendimiento luminoso.
— Nivel de iluminación de locales.
— Lámparas incandescentes.
— Tipos y fabricación.
— Instalaciones de puntos de luz.

PUNTOS CLAVE

— Distinción y conocimiento de lámparas incandescentes.
— Comprensión de esquemas de instalaciones de puntos de luz.

EXPOSICION DEL TEMA

22.1 Naturaleza de la luz

La luz es una manifestación de la energía, transmitida por medio de ondas o radiaciones electromagnéticas que se desplazan en el espacio a una velocidad aproximada de 300 000 km/s y que son capaces de producir sensaciones visuales.

Esta radiación percibida por el ojo humano es tan solo una pequeña zona del espectro electromagnético (fig. 22.1) comprendida aproximadamente entre 3 800 y 7 600 Å de *longitud de onda* (fig. 22.2).

El *angstrom* es una unidad de longitud equivalente a 10^{-10} metros (1 Å = 10^{-10} m).

Además de la velocidad de propagación, común para todas ellas (300 000 km/s), las radiaciones electromagnéticas pueden definirse y distinguirse de las demás por una de las tres características que se definen a continuación:

a) *Frecuencia.* Es el número de ciclos completos efectuados por una radiación durante un segundo. Se expresa en ciclos por segundo, o por cualquiera de sus múltiplos (kilociclo o megaciclo), y se representa por medio de la letra *f*.

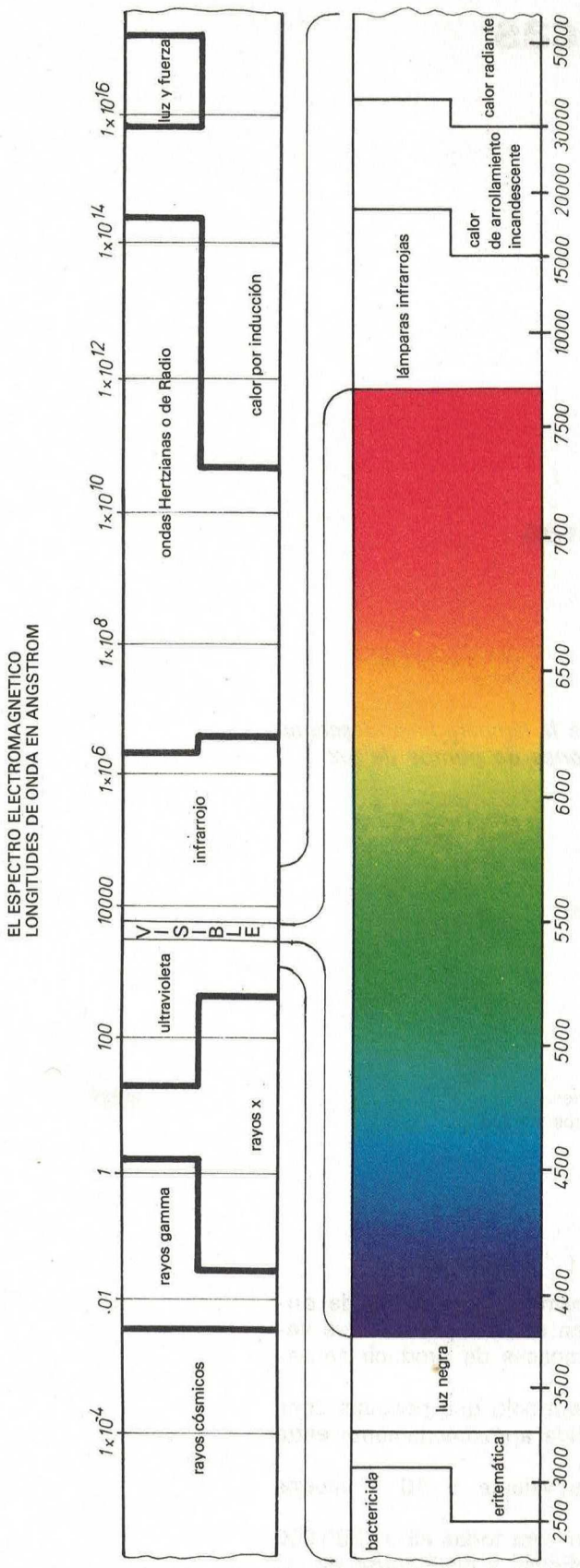


Fig. 22.1 Espectro electromagnético.

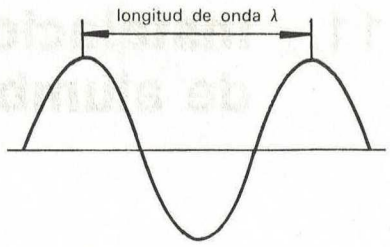


Fig. 22.2 Longitud de onda de una radiación.

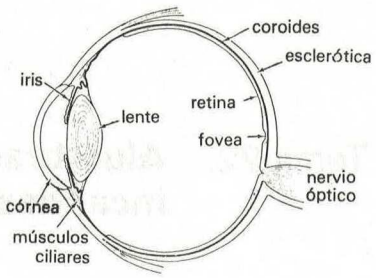


Fig. 22.3 Corte del ojo humano.

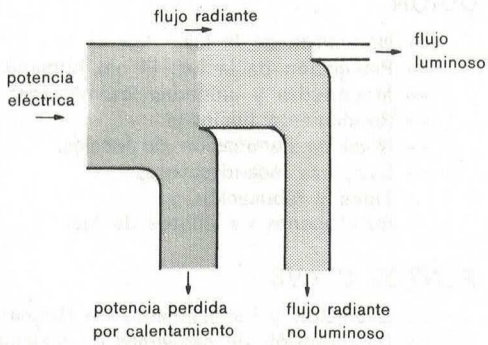


Fig. 22.4 Distribución energética de una lámpara incandescente.

b) *Período.* Es el tiempo que tarda una radiación en recorrer un ciclo. Se expresa en segundos y se representa por la letra *T.*

c) *Longitud de onda.* Se define como el camino recorrido por una radiación durante un período. Más correctamente se puede definir como la distancia que separa las crestas de dos ondas consecutivas. Se representa por la letra griega λ (lambda).

22.2 Percepción de la luz. El ojo humano

Las sensaciones que se producen en el cerebro son debidas a los impulsos nerviosos que emiten los órganos sensoriales. El órgano encargado de transformar la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones es el ojo, cuyas partes más importantes se describen a continuación (fig. 22.3).

a) Una pared de protección, que tiene por objeto eliminar las radiaciones no deseadas o nocivas.

b) Un sistema óptimo, cuya misión consiste en reproducir sobre la *retina* las imágenes exteriores. Este sistema está compuesto por la *córnea,* el *humor acuoso* (líquido situado entre la córnea y el cristalino), el *cristalino* (lente cuya potencia o abombamiento se controla automáticamente) y el *cuerpo vítreo* (líquido parecido a la clara del huevo que llena la mayor parte del interior del ojo).

c) Un diagrama llamado *iris,* que controla la cantidad de luz que entra en el ojo, efectuándose dicho control de una forma automática.

d) Una fina película sensible a la luz llamada *retina* sobre la cual se proyecta la imagen exterior. En la retina se encuentran dos tipos de elementos sensibles a la luz, llamados *conos* y *bastoncillos.* Los conos se caracterizan por ser sensibles al color, aunque para ser excitados precisan de iluminaciones elevadas, mientras que los bastoncillos no perciben los colores, pero funcionan con iluminaciones muy débiles.

En la retina hay dos pequeñas zonas importantes, que son:

— *La fóvea.* Zona de reducidas dimensiones ocupada principalmente por los conos sobre la que se proyectan las imágenes principales y en la que la visión del color es perfecta.

— *El punto ciego.* Zona de la que parte el nervio óptico y que no dispone de conos ni bastoncillos.

22.3 Magnitudes y unidades fotométricas

Partiendo de la base de que para poder hablar de iluminación es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto por iluminar, las magnitudes que deben conocerse y definirse son:

— Flujo luminoso.
— Intensidad luminosa.
— Nivel de iluminación.
— Luminancia.

22.3.1 *Flujo luminoso*

El flujo de una fuente luminosa es la cantidad total de luz emitida o radiada en un segundo en todas las direcciones. Se representa por la letra griega Φ (fi mayúscula). Su unidad es el *lumen* (lm).

El flujo luminoso es sólo una parte de la energía radiante que emite un foco luminoso, puesto que la energía total se reparte entre la potencia perdida por calentamiento, el flujo radiante no luminoso y el flujo luminoso (fig. 22.4).

22.3.2 *Intensidad luminosa*

La intensidad luminosa de una fuente corresponde a la cantidad de luz emitida en un segundo y en una determinada dirección.

Esta magnitud sólo se concibe, pues, referida a una determinada dirección y considerándola contenida en un *ángulo sólido.*

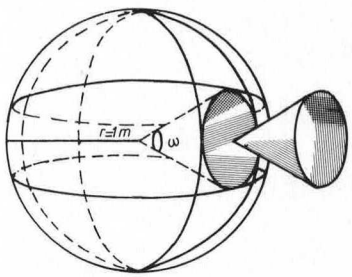


Fig. 22.5 Angulo sólido.

El concepto de ángulo sólido exige una concepción volumétrica de dicho ángulo. La imagen más clara de un ángulo sólido se puede ver en la figura 22.5; el ángulo sólido ω será el formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio *r* y cuya base se encuentra situada sobre la esfera.

La intensidad luminosa se designa con la letra *I* y su unidad es la candela (cd) que se puede definir como 1/60 de la intensidad luminosa por cm^2 del *cuerpo negro* a la temperatura de solidificación del platino (2 042 °K).

Expresando la intensidad de iluminación por medio de una fórmula

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

donde:

I = intensidad luminosa en la dirección considerada,
Φ = flujo luminoso contenido en el ángulo sólido,
ω = valor del ángulo sólido.

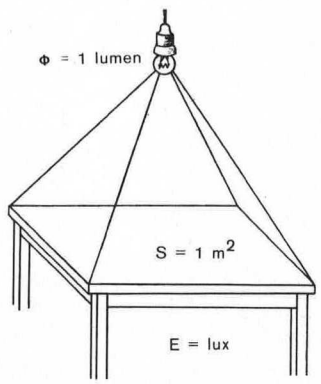


Fig. 22.6 Definición de lux.

22.3.3 *Nivel de iluminación*

Se denomina *nivel de iluminación* o *iluminancia* el flujo luminoso incidente por unidad de superficie y se simboliza por la letra *E*. Su unidad es el *lux*.

El *lux* puede definirse como la iluminación de una superficie de 1 m^2 cuando sobre ella incide uniformemente repartido un flujo luminoso de 1 lumen (figura 22.6).

Expresándolo por medio de una fórmula, será:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

El nivel de iluminación sobre una superficie situada perpendicularmente a la dirección de la radiación es directamente proporcional a la intensidad luminosa del foco e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que la separa del mismo.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

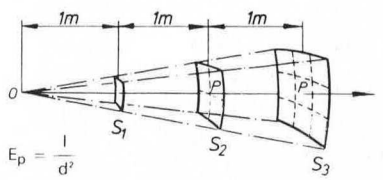


Fig. 22.7 Relación entre el nivel de iluminación y la intensidad luminosa.

Una fuente de luz con intensidad luminosa de 100 candelas en la dirección *OP* (fig. 22.7) determina, sobre un punto situado a 1 m de distancia, un nivel de iluminación de

$$E = \frac{I}{d^2} = \frac{100}{1^2} = 100 \text{ lux (lx)}$$

Pero si el punto está situado a 2 m, sólo obtendremos

$$E = \frac{100}{2^2} = \frac{100}{4} = 25 \text{ lux}$$

o sea una cuarta parte.

El nivel de iluminación se puede medir con un aparato llamado luxómetro, que dispone de una célula fotoeléctrica, del tipo fotopila, que transforma la luz que incide sobre ella en energía eléctrica. La corriente producida se mide en un microamperímetro calibrado para leer directamente en lux (fig. 22.8).



Fig. 22.8 Luxómetro (Kainos).

22.3.4 *Luminancia*

Es la magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados o de las fuentes de luz, tal como son observados por el ojo.

Se define como la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria (que emite luz) o secundaria (que refleja luz).

Las unidades más utilizadas son:

a) *Lambert (Lb),* que es el lumen por centímetro cuadrado $\left(1\ \text{Lb} = \frac{1\ \text{lm}}{1\ \text{cm}^2}\right)$.

b) *Stilb (St),* que es la candela por centímetro cuadrado $\left(1\ \text{St} = \frac{1\ \text{cd}}{1\ \text{cm}^2}\right)$.

c) *Nit,* que es la unidad oficial de luminancia y es la candela por metro cuadrado $\left(1\ \text{Nit} = \frac{1\ \text{cd}}{1\ \text{m}^2}\right)$.

22.4 Rendimiento luminoso

Se denomina *rendimiento luminoso de un foco* el cociente que resulta de dividir el flujo que emite dicho foco y la potencia eléctrica absorbida.

Como el flujo se mide en lúmenes (lm) y la potencia eléctrica en vatios (W), el rendimiento se expresará en lúmenes por vatio (lm/W).

22.5 Nivel de iluminación de locales

En la tabla 22.9, se dan los datos que se han obtenido en forma experimental para que la visión en un determinado local sea buena (ni deficiente ni excesiva).

Tabla 22.9 Niveles de iluminación de locales

Locales	*Mínimo* lux	*Recomendado* lux
Cuartos de baño	50	100
Dormitorios	50	100
Cocinas	100	200
Cuartos de estar	70	200
Oficinas: mecanografía, contabilidad mostradores de cajeros	300	600
Despachos privados	200	—
Salas de clase y laboratorios	200	500
Salas de dibujo	300	500
Almacenes: alumbrado general	300	500
Escaparates en calles de mucho paso	2 000	5 000
Escaparates en calles de poco paso	500	1 000
Comedores de restaurantes, salones	100	300
Talleres de química	200	300
Talleres de mecánica, trabajos finos	500	—
Talleres de montaje, piezas pequeñas	500	1 000
Astilleros (alumbrado en el trabajo)	100	150
Tenis cubierto	300	500
Balonvolea	300	500
Fútbol	250	500
Piscinas (alumbrado estanque)	100	—
Cuadrilátero boxeo	1 500	3 000

22.6 Lámparas incandescentes

Estas lámparas (fig. 22.10) consisten en un filamento que, al paso de la corriente eléctrica, alcanza gran temperatura poniéndose al *rojo blanco* (incandescente) y emitiendo radiaciones luminosas.

La temperatura media que alcanza el filamento es del orden de 2 000 °C.

Las partes de que se compone una lámpara incandescente (bombilla) son:

22.6.1 *Filamento*

Es un elemento conductor de resistencia media que, al paso de la corriente eléctrica, se pone incandescente emitiendo luz.

En la actualidad el elemento de uso exclusivo para filamentos es el tungsteno o wolframio, cuya temperatura de fusión es de 3 400 °C aproximadamente.

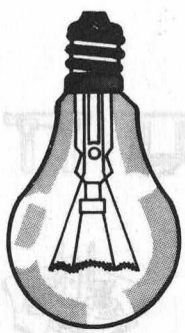


Fig. 22.10 Lámpara de incandescencia.

La vida de los filamentos viene condicionada por el fenómeno de evaporación; dicho fenómeno consiste en que, a medida que un filamento se calienta, emite partículas que van adelgazándolo produciendo finalmente la rotura y consiguientemente la muerte de la lámpara.

La vida media de estas lámparas es de unas 1 000 horas.

Para evitar este fenómeno, se arrollan los filamentos en forma de hélice y se rellena la ampolla con un gas inerte a una determinada presión. En la figura 22.11 pueden verse diferentes tipos de filamentos.

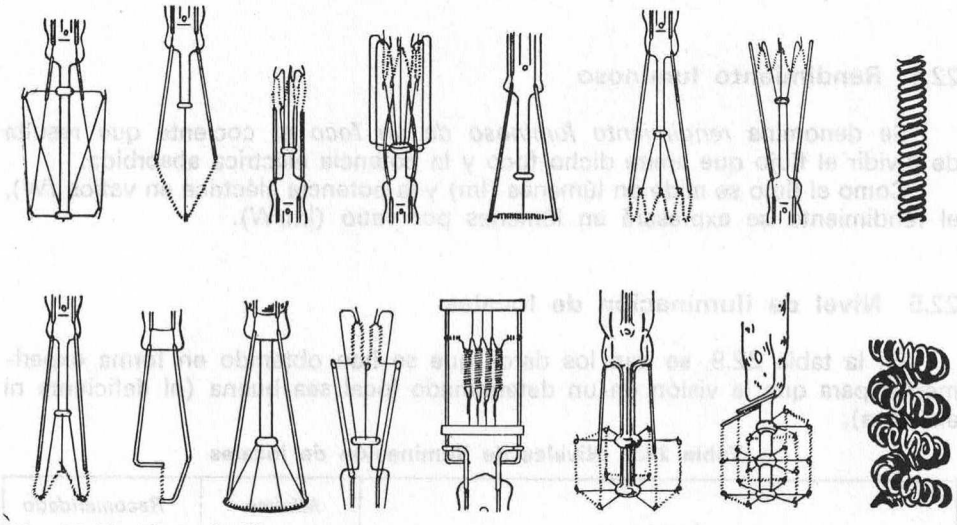


Fig. 22.11 Tipos de filamentos.

22.6.2 *Ampolla*

Tiene por objeto, junto con el casquillo, aislar el filamento del medio ambiente, al tiempo que permite la evacuación del calor producido por el filamento. Si el filamento se pusiera en estado incandescente en contacto con la atmósfera, el oxígeno de ésta produciría su rotura.

Las formas y tamaños de las ampollas dependen de las potencias y aplicaciones. Las formas más usuales en el mercado pueden verse en la figura 22.12.

Las ampollas son, por lo general, de vidrio blando soplado, aunque en determinados casos se utilizan vidrios especiales e incluso cuarzo.

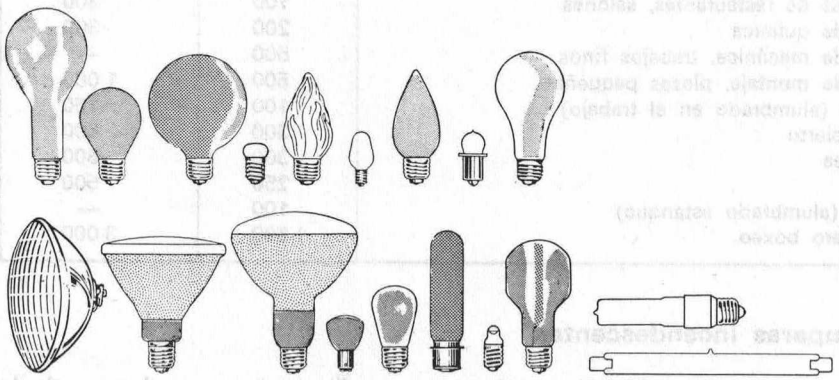


Fig. 22.12 Tipos de ampollas.

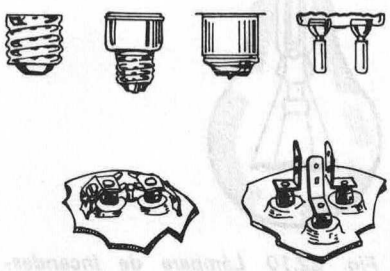


Fig. 22.13 Tipos de casquillos.

22.6.3 *Casquillo*

Es un elemento cuya misión fundamental consiste en conectar la lámpara a la red de alimentación. Hay una gran variedad de formas y dimensiones de casquillos, algunos de los cuales pueden verse en la figura 22.13.

En la mayor parte de las lámparas incandescentes los casquillos son roscados, utilizándose la rosca Edison E-27 para lámparas de potencia inferior a 300 W, y la rosca E-40 o Goliath en lámparas de potencia superior.

Cuando se desea obtener un cierto control del haz luminoso emitido, suelen utilizarse casquillos de posición fija, como son los casquillos bayoneta o alguna de sus variantes, tales como los casquillos *prefoms.*

22.7 Tipos y fabricación

Atendiendo al tipo de filamento se pueden clasificar en tres grupos:
— Lámparas con filamento de carbón y vacío interior.
— Lámparas con filamento metálico y vacío interior.
— Lámparas con filamento metálico y atmósfera gaseosa interior.

22.7.1 *Lámparas con filamento de carbón y vacío interior*

Tienen un rendimiento luminoso muy bajo. Estas lámparas son muy resistentes al choque pero, debido a su gran consumo, sólo se usan como resistencia de lámpara.

La intensidad luminosa no sobrepasa de 50 candelas y se ennegrece al evaporarse el carbono que forma su filamento.

22.7.2 *Lámparas con filamento metálico y vacío interior*

El filamento es de tungsteno y alcanza una temperatura de 2 200 °C.

La resistencia del filamento aumenta con la temperatura; pasada una décima de segundo, su resistencia se estaciona para una tensión dada.

Su rendimiento luminoso, aunque mayor que en las anteriores, sigue siendo bajo. Actualmente ya no se fabrican.

22.7.3 *Lámparas con filamento metálico y atmósfera gaseosa interior*

Estas lámparas son las utilizadas en usos domésticos.

Presentan un rendimiento luminoso que puede llegar a 20 lm/W; y el filamento alcanza temperaturas de 2 600 °C.

El filamento suele estar enrollado en espiral sencilla o doble para ocupar menos espacio, ya que debe tener una longitud grande para darle una elevada resistencia. Esta forma de espiral hace también que ceda el mínimo de calor al gas interior.

Los gases suelen ser gases nobles como el nitrógeno, argón, xenón o criptón. Estos gases hacen aumentar la eficacia luminosa y su duración, ya que el gas reduce la volatilización del wolframio.

Las tensiones para estas lámparas están normalizadas y son de 110, 115, 120, 125, 130, 220 y 230 V.

Igual ocurre con las potencias, siendo las lámparas que se fabrican para potencias de 15, 25, 40, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 1 000 y 1 500 W.

Hay otros tipos de lámparas para diferentes usos, como las lámparas incandescentes reflectoras (fig. 22.14), llamadas también lámparas *PAR,* lámparas de incandescencia con halógenos (fig. 22.15). En cursos sucesivos se estudiará su funcionamiento.



Fig. 22.14 Lámparas PAR.

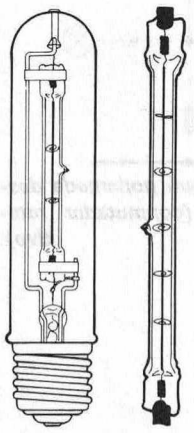


Fig. 22.15 Lámparas halogenadas.

22.8 Instalaciones de puntos de luz

Se entiende por punto de luz la colocación de un foco luminoso en un lugar determinado.

Los puntos de luz se pueden clasificar en *sencillos* y *múltiples;* los primeros se refieren a la colocación de una sola lámpara; y los segundos, a la agrupación de varias de ellas, pudiéndose dar en *serie* o en *paralelo.*

a) En las lámparas en serie, la corriente de alimentación pasa por todas ellas (fig. 22.16). Esta conexión presenta dos inconvenientes: si las lámparas tienen diferente resistencia, la corriente puede resultar insuficiente para unas y elevada para otras; de esta forma, las primeras lucirán poco; y las segundas, demasiado, con peligro de acortarse su vida media. En caso de avería de una de ellas, la corriente quedaría cortada, por lo que las demás dejarían de iluminar.

b) En las lámparas en paralelo (o derivación), la corriente se reparte entre todas ellas (fig. 22.17) en función de sus características, circulando por cada una de ellas la corriente apropiada. En caso de avería de una de ellas, las demás seguirán luciendo.

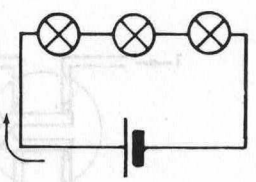


Fig. 22.16 Lámparas en serie.

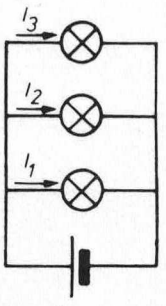


Fig. 22.17 Lámparas en paralelo.

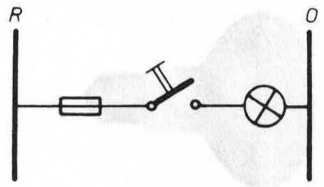


Fig. 22.18 Punto de luz simple.

22.8.1 *Punto de luz simple*

En la figura 22.18, se ve el esquema para la instalación de una lámpara sencilla.

Estando el interruptor abierto, el paso de la corriente quedará cortado, por lo que la lámpara no lucirá. Al cerrar el interruptor, debido a la diferencia de potencial entre *R* y *O*, se establecerá una corriente que pondrá en incandescencia el filamento de la lámpara, por lo que ésta lucirá.

En caso de que se necesitasen puntos de luz múltiples, la instalación sería igual, excepto en que las lámparas se agruparán bien en serie, bien en paralelo (fig. 22.16 ó 22.17).

22.8.2 *Lámpara gobernada desde dos puntos*

Para pasillos, dormitorios o dependencias con dos puertas de acceso, donde se desea poder gobernar la lámpara desde dos sitios distintos, es necesaria una instalación de luz *conmutada* (fig. 22.19).

El funcionamiento es el siguiente: tal como indica el esquema *a)* de la figura, la lámpara lucirá. Cuando cambiemos la posición de uno de los *conmutadores* C_1 o C_2, quedará interrumpido el paso de la corriente (por ejemplo C_1 en el esquema *b)*. Tal como queda ahora el circuito, bastará actuar C_1 o C_2, indistintamente, para que se restablezca el paso de la corriente.

22.8.3 *Lámpara gobernada desde tres puntos*

En el caso de que la lámpara deba activarse desde tres puntos, será necesario un nuevo elemento, llamado *conmutador de cruzamiento,* cuyo funcionamiento se refleja en la figura 22.20.

El esquema de esta instalación es el de la figura 22.21.

Este conmutador puede ser rotativo (fig. 22.21) o basculante (fig. 22.22).

En el caso de necesitar varios puntos de luz, la única variante en la instalación es la agrupación en paralelo de cuantas lámparas necesitemos.

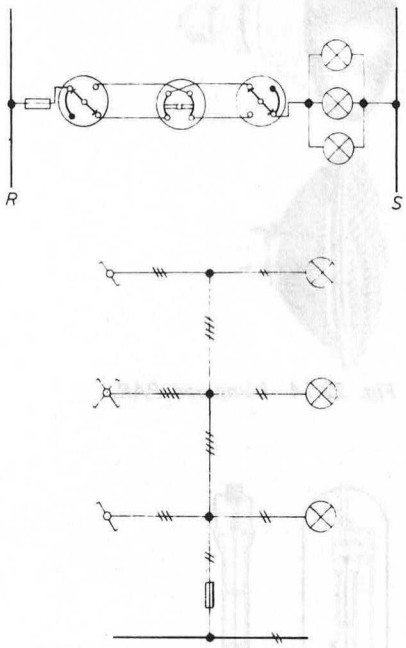


Fig. 22.21 Lámpara gobernada desde tres puntos (conmutador rotativo).

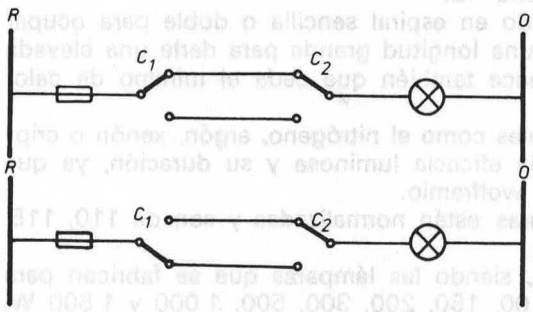
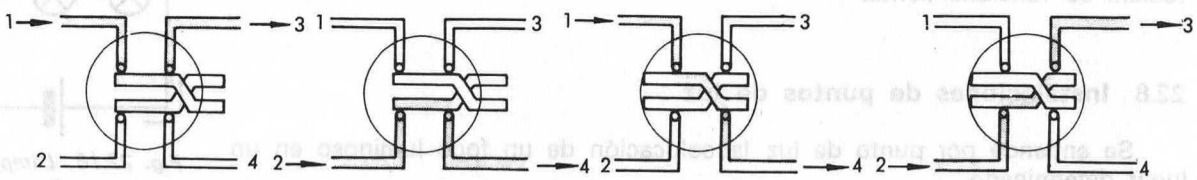


Fig. 22.19 Lámpara conmutada desde dos puntos.



1.ª posición: quedan conectados entre sí los puntos 1-3 y 2-4 *2.ª posición:* quedan conectados entre sí los puntos 1-4 y 2-3

Fig. 22.20 Funcionamiento del conmutador.

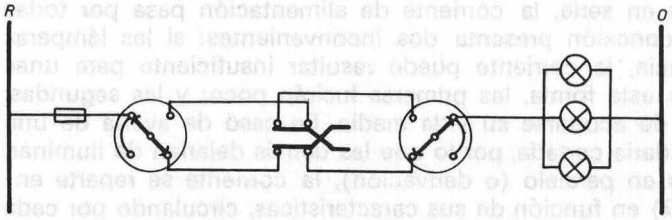


Fig. 22.22 Lámpara gobernada desde tres puntos (conmutador basculante).

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Propiedades de las lámparas de incandescencia.
— Confecciónese un trabajo en el que se incluyan un mínimo de 10 fotografías, de casquillos para lámparas de incandescencia.
— Utilización de las lámparas de incandescencia en usos domésticos.

CUESTIONARIO

22.1 ¿Cuál es la unidad empleada para medir la longitud de onda de una radiación y qué relación tiene con el metro?
22.2 ¿Cuáles son las características que definen una radiación?
22.3 Enumerar las partes principales del ojo humano.
22.4 ¿Cuáles son las magnitudes fundamentales de la Luminotecnia y sus unidades?
22.5 ¿Por qué todas las lámparas llevan cristal? ¿Podrían funcionar solamente con el filamento interior?
22.6 ¿En qué consiste y cuál es el fenómeno que condiciona la vida de los filamentos?
22.7 ¿De qué orden es la temperatura que alcanza el filamento?
22.8 ¿Por qué se hace el doble espirilizado en los filamentos?
22.9 Realizar el esquema de montaje de un punto de luz accionado desde dos puntos.
22.10 Explicar el funcionamiento de la lámpara del circuito de la figura 22.21 en todas las posiciones posibles de conmutadores e inversor.

BIBLIOGRAFIA

CASADO R., *Tecnología Eléctrica 1.2,* Bruño-Edebé, Barcelona 1976.
Equipo Técnico JOSA (B. J. C.), *Luminotecnia,* Barcelona, 1975.

Tema 23. **Alumbrado con lámparas de descarga**

OBJETIVOS

— *Distinguir las diferentes lámparas de descarga.*
— *Comprender la necesidad del cebador en los tubos fluorescentes.*
— *Diferenciar las características de las lámparas de descarga para su utilización en diferentes casos.*

GUION

— Principio de las lámparas de descarga:
  Luminiscencia.
— Lámparas fluorescentes.
— Componentes de un equipo fluorescente.
— Instalaciones de tubos fluorescentes.
— Otros tipos de lámparas de descarga:
  Lámparas de vapor de sodio.
  Lámparas de vapor de mercurio·
  Lámparas de halogenuros metálicos.
  Lámparas de neón.

PUNTOS CLAVE

— Función de los dispositivos complementarios en los montajes con lámparas de descarga.
— Características de las diversas clases de lámparas de descarga.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Naturaleza de la luz, magnitudes y unidades fotométricas, rendimiento luminoso.
— El átomo y su constitución.

EXPOSICION DEL TEMA

23.1 Principio de las lámparas de descarga

En la lámpara incandescente, la corriente eléctrica recorre el filamento produciendo la incandescencia; en una lámpara de descarga, la corriente debe atravesar un gas o vapor metálico.

Las lámparas de descarga se fundan en el fenómeno de la luminiscencia.

23.1.1 *Luminiscencia*

Cuando un electrón, con la suficiente velocidad, choca contra un átomo, es capaz de excitar ese átomo, haciendo pasar alguno de sus electrones a un nivel superior (fig. 23.1A).

Los electrones elevados de nivel (que han ganado energía) en el átomo excitado retornan rápidamente a su posición inicial, devolviendo la energía que adquirieron en forma de radiaciones (fig. 23.1B). Las radiaciones de los electrones pertenecientes a los átomos de algunos gases son visibles.

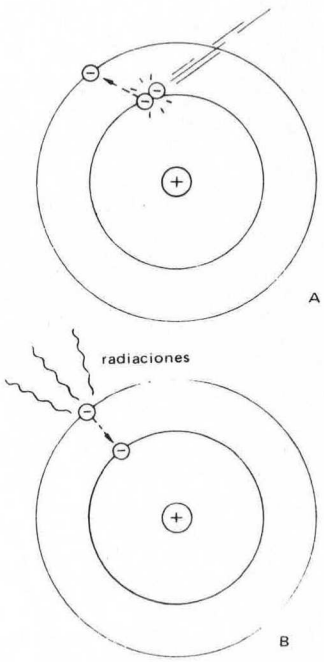


Fig. 23.1 Radiación de un electrón al volver a su capa.

23.1.2 *Luminiscencia por descarga eléctrica en un gas*

El fenómeno de la luminiscencia se suele provocar acelerando electrones por medio de un campo eléctrico.

En un tubo transparente (fig. 23.2) que contenga un gas adecuado, se colocan unos electrodos conectados a una fuente de tensión continua.

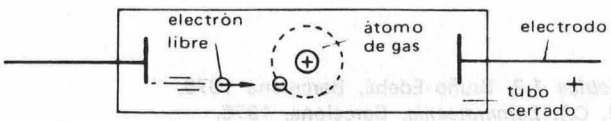


Fig. 23.2 Luminiscencia.

Los electrones libres existentes en el recinto son acelerados hacia el electrodo positivo. En su camino chocan con átomos del gas y producen el efecto descrito como luminiscencia.

Algunos electrones son tan veloces que, al chocar con un átomo, desprenden electrones de sus capas externas (se ioniza el átomo), con lo cual el número de electrones acelerados no disminuye y puede seguir el proceso de forma continuada.

Los primeros electrones libres se obtienen de los mismos electrodos, recubiertos de sustancias (cesio o bario) que los emiten fácilmente, ya sea a temperatura ambiente (lámparas de cátodo frío) ya sea calentándolos (lámparas de cátodo caliente).

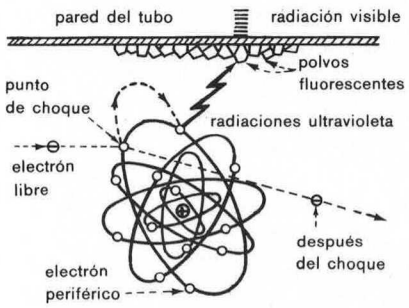


Fig. 23.3 Fundamento de la fluorescencia.

23.2 Lámparas fluorescentes

En principio, la fluorescencia es una propiedad que poseen determinadas sustancias, en virtud de la cual transforman las radiaciones que inciden sobre ellas en otras radiaciones de mayor longitud de onda (fig. 23.3). Las sustancias fluorescentes utilizadas en Luminotecnia son aquellas que absorben radiaciones no visibles, generalmente ultravioleta, y las que transforman en radiaciones visibles.

Los componentes principales de los tubos fluorescentes (fig. 23.4) son: un tubo de descarga, que está en contacto con el medio ambiente; dos casquillos de conexión, provistos de sendos pares de patillas, a las que se conectan unos electrodos en forma de filamento; el gas de relleno y los polvos fluorescentes.

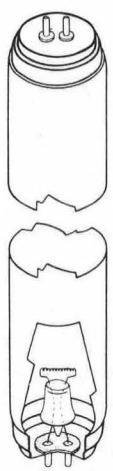


Fig. 23.4 Tubo fluorescente estándar.

23.2.1 *Tubo de descarga*

Su forma es cilíndrica; los diámetros normales son de 16,38 y 54 mm y las longitudes más comunes son de 600, 1 200 y 1 500 mm, que corresponden a los tubos estándar de 20, 40 y 60 W respectivamente.

En la pared interna del tubo se encuentra depositada la capa de polvos fluorescentes.

23.2.2 *Casquillos de conexión y electrodos*

Las lámparas fluorescentes disponen generalmente de dos casquillos de conexión, situados uno a cada extremo del tubo y provistos de sendos pares de patillas, que están unidas eléctricamente con los electrodos.

Las patillas de conexión están aisladas del cuerpo del casquillo por medio de una pieza de baquelita o de otro material de características similares.

Los electrodos son de hilo de tungsteno arrollados en doble o triple espiral y están recubiertos por una pasta de una materia altamente emisiva. En el momento del arranque, el caldeo de los electrodos lo efectúa la corriente que circula a través de ellos, manteniéndose, posteriormente, a la temperatura adecuada gracias al calor generado por la descarga.

23.2.3 *Gas de relleno*

El interior de los tubos fluorescentes está ocupado por una cierta cantidad de argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio que, cuando el tubo no funciona, está en estado líquido. Al ser el argón muy ionizable, la primera descarga tiene lugar a través de él, generando una cierta cantidad de calor que permite vaporizar las gotitas de mercurio; luego, se produce la descarga como si en el interior del tubo sólo hubiera vapor de mercurio.

23.2.4 *Polvos fluorescentes*

Son los que transforman en luz visible las radiaciones ultravioleta producidas en la descarga. Son, por lo tanto, el elemento más importante de estas fuentes de luz, ya que aproximadamente un 90 % de la luz emitida por los tubos se debe a su acción.

Entre los fósforos más utilizados, pueden citarse el halofosfato de calcio activado con antimonio, el silicato de calcio activado con plomo y el arseniato de magnesio activado con manganeso.

23.3 **Componentes de un equipo fluorescente**

Para que una lámpara fluorescente funcione, es preciso dotarla de un equipo complementario; de lo contrario, no se encendería, a no ser que se le aplicase una tensión muy elevada, con lo que peligraría la vida del tubo y su duración sería mucho más corta.

Este equipo lo componen dos elementos: una *reactancia* y un *cebador.*

23.3.1 *Reactancia*

Es un elemento indispensable para el encendido de tubos fluorescentes. Está formada por un arrollamiento de hilo de cobre esmaltado, sobre un núcleo magnético (de hierro). En la figura 23.5, puede verse una de estas reactancias.



Fig. 23.5 Reactancia para tubo fluorescente.

La finalidad de este elemento es:

1.º Suministrar, para el arranque del arco en el tubo, una tensión superior a la de línea.

2.º Limitar la intensidad de corriente del arco a un valor adecuado para el tubo.

El símbolo eléctrico de la reactancia es el indicado en la figura 23.6.



Fig. 23.6 Símbolo eléctrico de la reactancia.

23.3.2 *Cebador*

Es el elemento auxiliar que sirve para el encendido o cebado de los tubos fluorescentes.

Este elemento se compone de *dos láminas,* una de ellas bimetálica, situadas en el interior de una pequeña ampolla de vidrio llena de gas helio a baja presión, y *un condensador;* todo ello encerrado en un cilindro protector metálico.

Su funcionamiento es como sigue: al conectar el circuito a la red, la tensión queda aplicada entre las dos láminas del cebador. Como consecuencia de la proximidad a la que se encuentran, se establece, entre ellas y a través del gas de relleno, un pequeño arco; éste produce aumento de temperatura en el

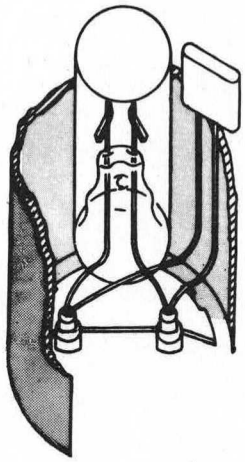


Fig. 23.7 Cebador.

interior de la ampolla y consiguiente deformación de la lámina bimetálica hasta ponerla en contacto con la fija, cerrando con ello el circuito de caldeo (fig. 23.7). Posteriormente y debido a que el interior de la ampolla del cebador se enfría, la lámina bimetálica vuelve a su posición inicial abriendo bruscamente el circuito e induciéndose una sobretensión en la reactancia, que determina el establecimiento del arco en el tubo y la consiguiente radiación de emisiones.

Una vez la lámpara está en funcionamiento, la diferencia de potencial existente entre las dos láminas del cebador es insuficiente para hacerlo funcionar de nuevo.

23.4 Instalaciones de tubos fluorescentes

En la instalación de tubos fluorescentes, hay que distinguir dos casos:

a) Cuando el tubo tiene una tensión de cebado igual a la de la red; en este caso, basta conectar una reactancia en serie con el circuito (fig. 23.8).

b) Cuando el tubo tiene una tensión de cebado superior a la de la red; en este otro caso, es necesario un nuevo elemento, llamado transformador de fugas magnéticas, que realiza la misma función que la reactancia, pero elevando la tensión de red a un valor suficiente para el cebado del tubo (fig. 23.9).

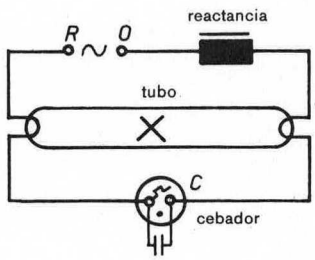


Fig. 23.8 Circuito de precalentamiento con cebador.

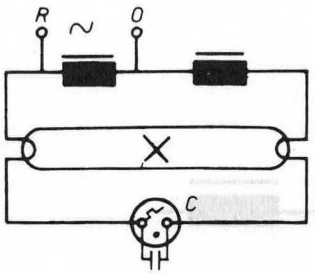


Fig. 23.9 Conexión de fluorescente con tensión de red inferior a la de cebado.

23.4.1 *Instalación de tubos iguales con una sola reactancia*

En la figura 23.10, puede verse el esquema para esta instalación. En este caso, la reactancia debe ser de doble potencia que la de un tubo.

Este montaje es frecuente en el caso de instalar dos tubos en una misma pantalla y también en instalaciones centralizadas.

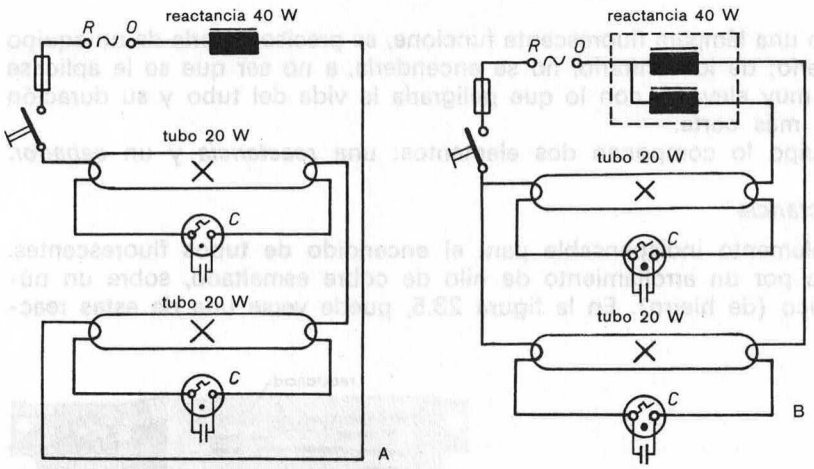


Fig. 23.10 Conexión de dos tubos con una reactancia de doble potencia: A, *reactancia sencilla;* B, *reactancia con toma intermedia.*

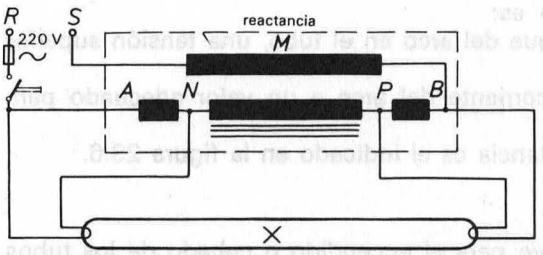


Fig. 23.11 Encendido rápido de tubos fluorescentes.

23.4.2 *Instalación de tubos de encendido rápido*

En la figura 23.11, se indica el esquema para este tipo de instalación.

Una vez conectado el circuito a la red de alimentación, los electrodos alcanzan muy rápidamente la temperatura de emisión y la lámpara se enciende espontáneamente, ahorrándose con ello la mayor parte del tiempo que se precisaba para cerrar y abrir los contactos del cebador.

23.5 Otros tipos de lámparas de descarga

Hay también otros tipos de lámparas para el alumbrado artificial eléctrico, además de las ya explicadas, que se diferencian por color de luz, flujo luminoso, rendimiento, coste, etc., que las hacen más adecuadas para ciertos tipos de alumbrado.

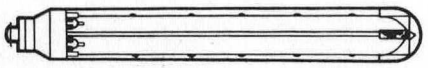


Fig. 23.12 Lámpara de vapor de sodio.

23.5.1 *Lámparas de vapor de sodio*

Constan de un tubo de descarga en forma de *U*, una ampolla tubular que protege, mecánica y térmicamente, al tubo de descarga y un casquillo de conexión, que acostumbra a ser de bayoneta (fig. 23.12).

En los extremos, el tubo de descarga tiene sendos electrodos y, en su interior un gas de relleno, generalmente neón, más una pequeña cantidad de sodio, en forma de gotas cuando la lámpara está fría. En el instante en que se aplica una cierta tensión a los electrodos, se produce una descarga a través del gas neón, la cual determina la emisión de una luz roja característica de dicho gas.

El calor generado por dicho arco produce la vaporización progresiva del sodio y, como consecuencia, la descarga pasa a efectuarse en una atmósfera en la que la concentración del sodio es cada vez mayor, determinando una luz de tonalidad cada vez más amarilla.

Estas lámparas son las de mayor rendimiento lumínico, ya que las hay cuyo rendimiento es superior a los 175 lm/W frente a los 25 lm/W de las lámparas incandescentes más eficaces.

La posición de funcionamiento es horizontal y admiten muy poca inclinación.

El encendido, como en todas las lámparas de descarga, se hace con reactancias del tipo de autotransformadores de fugas magnéticas.

Las aplicaciones más indicadas de estas lámparas son: alumbrado de carreteras, talleres de forja y metalúrgicos, pistas de aterrizaje, alumbrado decorativo, etc.

En la figura 23.13, puede verse el esquema de conexiones para una lámpara de este tipo.

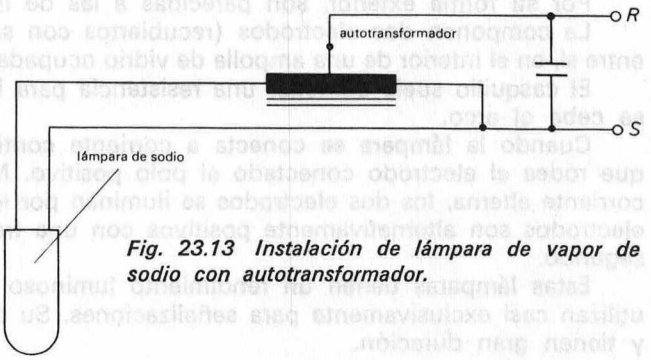


Fig. 23.13 Instalación de lámpara de vapor de sodio con autotransformador.

23.5.2 *Lámparas de vapor de mercurio*

Este tipo de lámparas (fig. 23.14) está compuesto por:

— Un tubo de descarga de cuarzo, provisto de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares; en el interior del tubo hay una determinada cantidad de argón y unas gotas de mercurio.

— Una ampolla exterior, cuya misión consiste en proteger el tubo de descarga y permite el equilibrio térmico necesario para su correcto funcionamiento.

— Un casquillo de conexión roscado.

El funcionamiento es como sigue: cuando se conecta la lámpara a la red a través del correspondiente elemento limitador, se aplica una diferencia de potencial entre cada electrodo principal y su correspondiente de arranque; esto hace que, entre ellos y a través del argón contenido en el tubo de descarga, salte un pequeño arco; el calor generado por este arco es suficiente para vaporizar el mercurio que estaba en estado líquido, permitiendo el establecimiento del arco entre los dos electrodos principales a través de la atmósfera de vapor de mercurio.

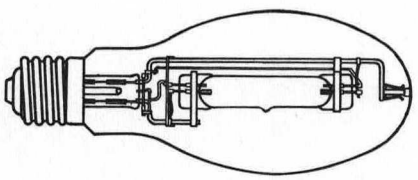


Fig. 23.14 Lámpara de vapor de mercurio.

El rendimiento luminoso de estas lámparas es de 38 a 60 lm/W según potencia. La vida media es superior a 8 000 horas.

En la figura 23.15, puede verse el esquema de conexión para este tipo de lámparas.

23.5.3 *Lámparas de halogenuros metálicos*

El rendimiento de las lámparas de vapor de mercurio puede aumentarse añadiendo algunas sales de tierras raras (yoduro de disprosio, yoduro de holmio y otros).

Este tipo de lámparas reproduce el color de los objetos iluminados mejor que lo hacen las de vapor de mercurio.

No hay electrodos de arranque, pero los electrodos auxiliares están recubiertos de una sustancia (óxido de torio) que emite electrones fácilmente.

La instalación se muestra en la figura 23.16.

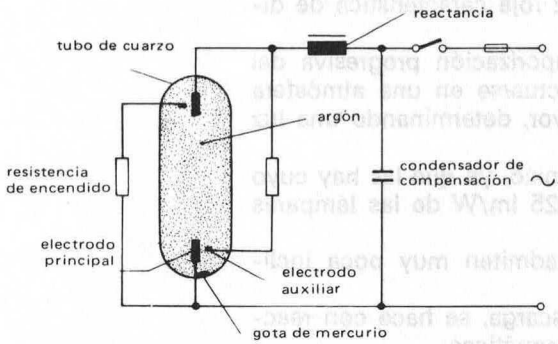


Fig. 23.15 Conexión de una lámpara de vapor de mercurio.

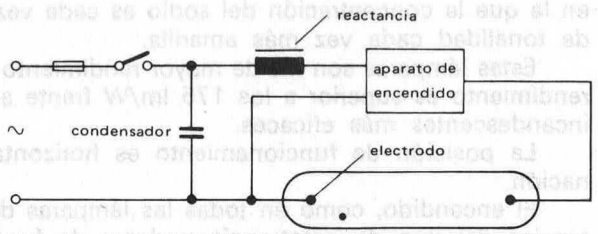


Fig. 23.16 Lámpara de halogenuros metálicos.

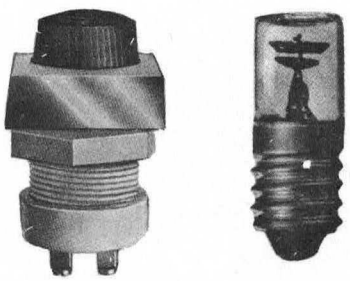


Fig. 23.17 Lámpara de neón.

23.5.4 *Lámparas de neón*

Por su forma exterior, son parecidas a las de incandescencia.

La componen dos electrodos (recubiertos con sales especiales), próximos entre sí, en el interior de una ampolla de vidrio ocupada por gas *neón* (fig. 23.17).

El casquillo suele contener una resistencia para limitar la corriente cuando se ceba el arco.

Cuando la lámpara se conecta a corriente continua, se pone rojo el gas que rodea el electrodo conectado al polo positivo. Mientras que, conectada a corriente alterna, los dos electrodos se iluminan por igual debido a que los dos electrodos son alternativamente positivos con una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

Estas lámparas tienen un rendimiento luminoso muy bajo, por lo que se utilizan casi exclusivamente para señalizaciones. Su consumo es muy pequeño y tienen gran duración.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Dibújese el esquema de la instalación de tres tubos fluorescentes de forma que las reactancias y cebadores estén centralizados en su cuadro.

— Comentar tres aplicaciones prácticas del uso de cada una de las lámparas estudiadas en este tema.

CUESTIONARIO

23.1 ¿Qué diferencia sustancial hay entre las lámparas incandescentes y las de descarga?

23.2 ¿Qué lámparas conoces de cátodo frío y de cátodo caliente?

23.3 ¿Cuál es el gas de relleno utilizado en tubos fluorescentes?

23.4 Si se eliminase el recubrimiento que existe en los tubos fluorescentes, ¿qué sucedería?

23.5 ¿Por qué es necesaria la reactancia en un equipo fluorescente?

23.6 A qué dispositivo eléctrico se asemeja el cebador y cómo funciona éste.

23.7 ¿Qué características presentan las lámparas de vapor de sodio?

23.8 ¿En qué tipos de alumbrados se suelen usar las lámparas de vapor de sodio?

23.9 ¿Qué características presentan las lámparas de vapor de mercurio?

23.10 ¿Qué características presentan las lámparas de halogenuros metálicos?

23.11 ¿Cuál es el uso principal de las lámparas de neón y a qué se debe?

BIBLIOGRAFIA

Equipo técnico JOSA (B. J. C.), *Luminotecnia,* Barcelona 1975.
AFHA, *Electricidad,* Tomo I, Barcelona 1974.
Luminotecnia, Enciclopedia CEAC, Barcelona 1974.

Tema 24. Materiales utilizados en instalaciones interiores domésticas

OBJETIVOS

— *Clasificar, en sus diversas categorías, los materiales utilizados en instalaciones interiores domésticas.*
— *Describir la función de cada uno de los materiales.*

GUION

— Generalidades.
— Aparatos de maniobra.
— Aparatos de conexión.
— Aparatos de protección.

PUNTOS CLAVE

— Función y conocimiento del pequeño material para instalación: aparatos de maniobra, de conexión y de protección.

EXPOSICION DEL TEMA

24.1 Generalidades

Se va a tratar, en este tema, de los materiales utilizados en instalaciones interiores domésticas. Estos materiales, que se conocen también por la expresión *pequeño material,* son un conjunto de elementos de reducida potencia, empleados en las instalaciones eléctricas. Tales son, por ejemplo: interruptores, conmutadores, fusibles, portalámparas, etc.

Este pequeño material puede dividirse, atendiendo a la función que desarrolla, en:

— aparatos de maniobra;
— aparatos de conexión;
— aparatos de protección.

Atendiendo a su forma de colocación, puede clasificarse en:

— fijo (de superficie y empotrable);
— móvil.

El pequeño material fijo de superficie es aquél que se sujeta de forma permanente sobre elementos de obra, y sobre la superficie de ésta. El fijo empotrable también se sujeta sobre elementos de obra de forma permanente, pero esta vez en huecos practicados al efecto.

A la siguiente categoría, pequeño material móvil, pertenecen aquellos elementos que son utilizados en instalaciones móviles, como, por ejemplo, tomas de corriente aéreas, clavijas múltiples, etc.

24.2 Aparatos de maniobra

Son aquéllos cuya función es manipular las condiciones de un determinado circuito. A esta categoría pertenecen los *interruptores, conmutadores, conmutadores de cruzamiento, pulsadores* y *reguladores de iluminación.*

24.2.1 *Interruptor*

Interruptor es un aparato que sirve para abrir o cerrar un circuito eléctrico de modo permanente y a voluntad. Vulgarmente se denomina *llave.*

La figura 24.1 muestra diversos tipos de interruptores de superficie; la figura 24.2, interruptores para empotrar; y la figura 24.3, interruptores móviles, también conocidos con el nombre de aéreos. Igualmente hay otros (fig. 24.4) que, para su manipulación, disponen de un tirador (utilizados, sobre todo, incorporados a portalámparas de lámparas de sobremesa).

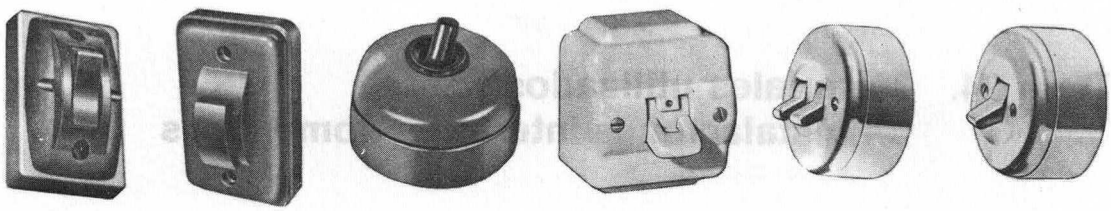


Fig. 24.1 Diversos tipos de interruptores de superficie.

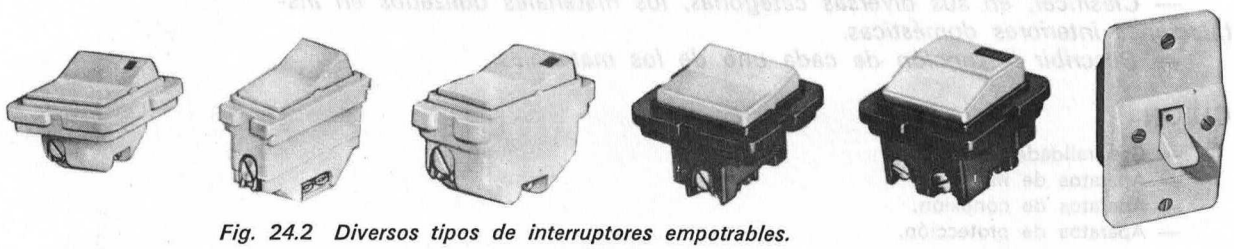


Fig. 24.2 Diversos tipos de interruptores empotrables.

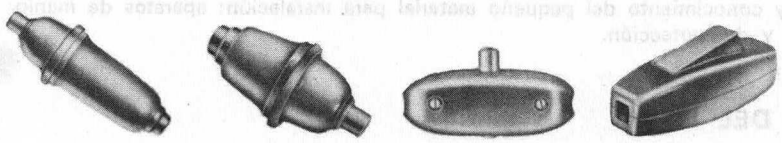
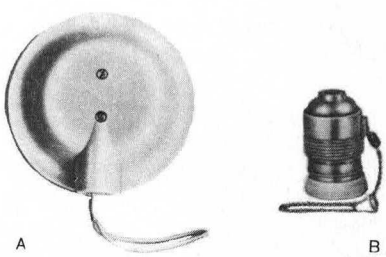


Fig. 24.3 Diversos tipos de interruptores aéreos.



A B

Fig. 24.4 Interruptores: A, de tirador; B, de tirador incorporado a un portalámparas.

24.2.2 *Conmutador*

El conmutador de dos direcciones consta de un borne común, denominado *puente,* y de dos bornes de salida. La misión del aparato es conectar, a través del puente, la entrada de corriente con una u otra salida, según la posición de accionamiento.

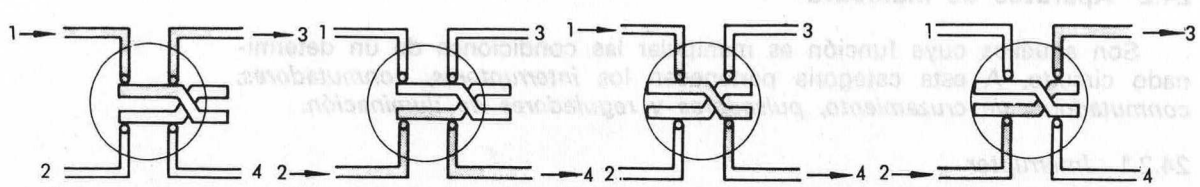
El circuito típico de utilización de este elemento es el de accionamiento de lámparas desde dos puntos.

Los conmutadores son unos aparatos externamente idénticos a los interruptores. La mayoría de los diseños mostrados para interruptores de superficie y para empotrar se construyen también en la versión conmutador y conmutador de cruzamiento.

24.2.3 *Conmutador de cruzamiento*

Se utiliza este conmutador en las instalaciones en que se requiere realizar el mando desde tres o más puntos. Es un conmutador de dos posiciones, con cuatro bornes conectados dos a dos en cada posición. La conexión en una posición es invertida respecto de la otra, según se indica en la figura 24.5.

Como se ha dicho en el apartado anterior, los diseños externos de los conmutadores de cruzamiento no difieren de los de interruptores y conmutadores.



1.ª posición: quedan conectados entre sí los puntos 1-3 y 2-4 *2.ª posición:* quedan conectados entre sí los puntos 1-4 y 2-3

Fig. 24.5 Funcionamiento del conmutador de cruzamiento.

24.2.4 *Pulsador*

El pulsador es un tipo de interruptor especial que solamente cierra el circuito mientras se mantiene la presión sobre el sistema de accionamiento, cesando el contacto al cesar dicha presión.

Se usa este elemento para el mando de timbres, cerraduras eléctricas, etc.

La figura 24.6 muestra distintos tipos de pulsadores de superficie; y la figura 24.7, pulsadores para empotrar.



Fig. 24.7 Diversos tipos de pulsadores empotrables.

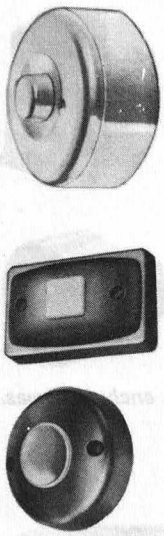


Fig. 24.6 Diversos tipos de pulsadores de superficie.

Es interesante hacer notar que, para comprender el funcionamiento interno de los elementos citados hasta aquí, interruptor, conmutador, conmutador de cruzamiento y pulsador, ayuda mucho recordar su representación simbólica.

24.2.5 *Regulador de iluminación*

Aunque este elemento por sí solo ya constituye un circuito eléctrico, generalmente se considera como un elemento más entre los destinados a la maniobra de circuitos eléctricos.

Su función es regular la tensión aplicada a una lámpara o grupo de lámparas de incandescencia, para así controlar su luminosidad.

La figura 24.8 muestra un diseño de este tipo de aparatos en su versión empotrable; y la figura 24.9, en su versión de sobremesa.

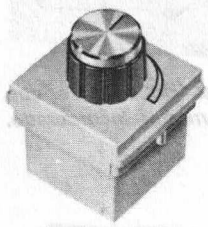


Fig. 24.8 Regulador de luminosidad empotrable.

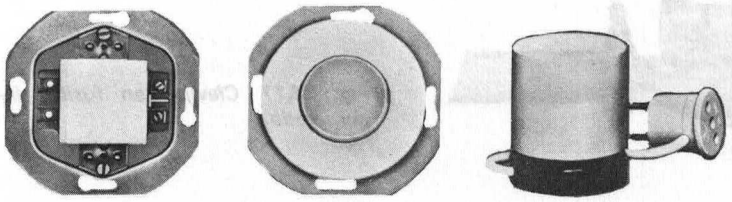


Fig. 24.9 Regulador de luminosidad de sobremesa.



24.3 **Aparatos de conexión**

Son aparatos destinados a efectuar la unión de receptores de corriente eléctrica con las líneas de distribución.

A esta categoría pertenecen las *bases de enchufe, clavijas, clavijas múltiples, adaptadores, portalámparas, portatubos* y *portacebadores.*

24.3.1 *Base de enchufe*

La base de enchufe constituye el punto de toma de corriente para receptores móviles.

Consta de dos o más piezas metálicas, donde va conectada la línea de alimentación, y un soporte de material aislante.

Las bases de enchufe, por la forma de las piezas de conexión, se dividen en dos tipos: europeo (fig. 24.10) y americano (fig. 24.11). Naturalmente, hay diseños de ambos tipos para empotrar y para superficie.

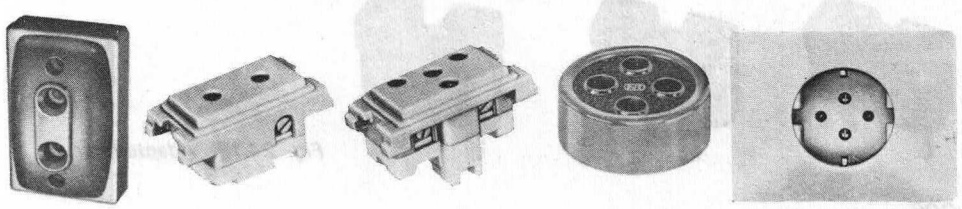


Fig. 24.10 Bases de enchufe de tipo europeo.

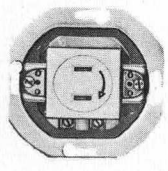


Fig. 24.11 Bases de enchufe de tipo americano.

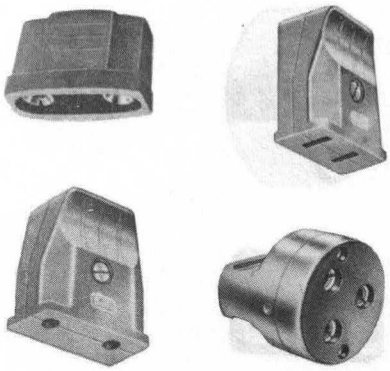


Fig. 24.12 Bases de enchufe aéreas.

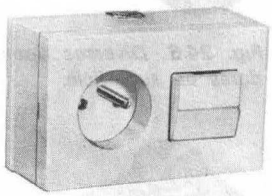


Fig. 24.13 Bases de enchufe con interruptor incorporado.

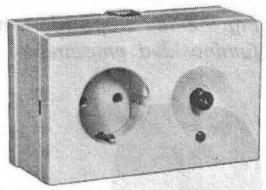


Fig. 24.14 Bases de enchufe con disyuntor incorporado.

Existen también las denominadas *bases aéreas* (fig. 24.12), utilizadas sobre todo en prolongadores de conesión (alargadores).

Otros tipos de bases de enchufe especiales son aquellas que llevan incorporados interruptores (fig. 24.13), disyuntores (fig. 24.14), etc.

24.3.2 *Clavija*.

Es el aparato por medio del cual, generalmente, se conectan los receptores eléctricos móviles a las tomas de corriente.

Las hay también de paso europeo (fig. 24.15) y de paso americano (figura 24.16). Las primeras, con patilla redonda; y las segundas, con patilla plana.

Hay también clavijas especiales, como, por ejemplo, la mostrada en la figura 24.17, que lleva un fusible incorporado.

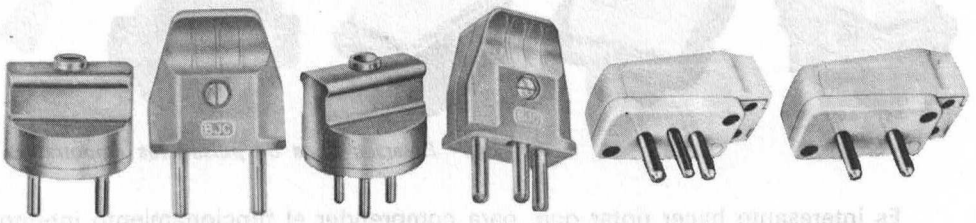


Fig. 24.15 Clavijas de tipo europeo.

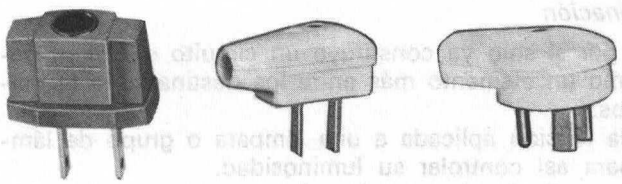


Fig. 24.16 Clavijas de tipo americano.

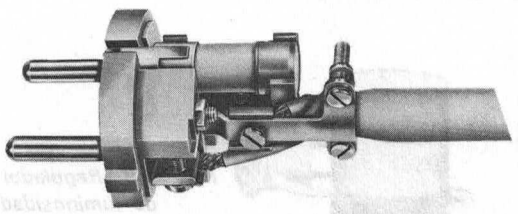


Fig. 24.17 Clavija con fusible incorporado.

24.3.3 *Clavijas múltiples y adaptadores*

Las primeras son unos elementos que posibilitan la conexión de varias clavijas a una misma base de enchufe (fig. 24.18).

Los segundos son aparatos que hacen posible la conexión entre clavijas y bases de enchufe de distinto paso (fig. 24.19).

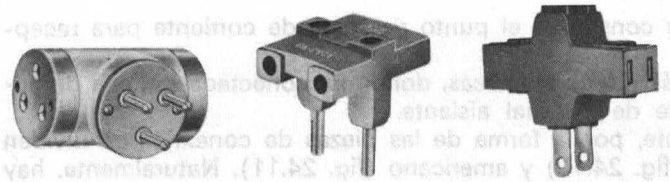


Fig. 24.18 Clavijas múltiples.

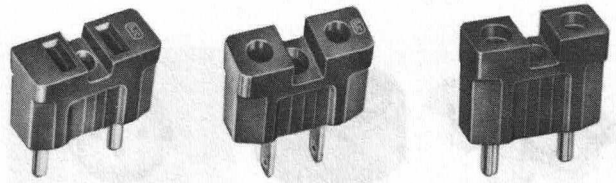


Fig. 24.19 Adaptadores.

24.3.4 *Portalámparas*

Sirven para conectar las lámparas a la línea de energía y son, al mismo tiempo, su soporte. Un portalámparas consta de un casquillo roscado, que sirve de sujeción, y lleva un contacto que conecta uno de los extremos del filamento. En el fondo de dicho casquillo se halla aislado el segundo contacto, que conecta con el otro extremo del filamento cuando la lámpara está roscada a fondo.

Comercialmente hay diversos tipos de portalámparas (fig. 24.20).



Fig. 24.20 Diversos tipos de portalámparas.

24.3.5 *Portatubos y portacebadores*

Estos elementos realizan la misma función que los portalámparas con respecto a las lámparas, es decir, conexión y soporte, pero referidos a los tubos fluorescentes y los cebadores.

La figura 24.21 muestra algunos de estos diseños.

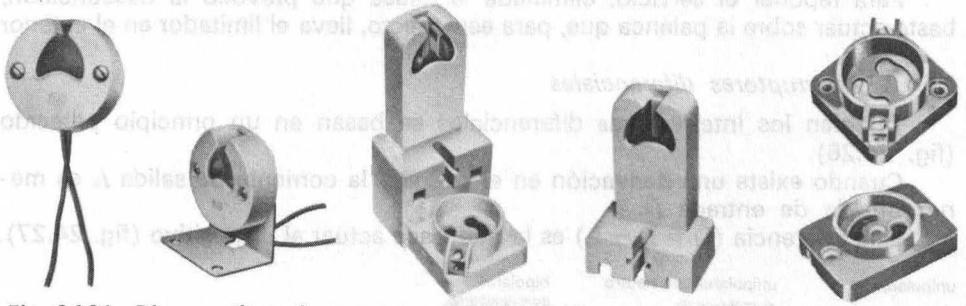


Fig. 24.21 Diversos tipos de portatubos y portacebadores.

Hay otros dos aparatos que se podrían incluir dentro de esta categoría de elementos de conexión; son los tubos para conducciones eléctricas y las cajas de conexión.

De los primeros hay varios tipos: Bergman, plástico, resal, acero, etc., estando normalizados sus diámetros.

Las cajas de conexión utilizadas en instalaciones interiores domésticas son de dos tipos fundamentales: para empalmar hilos y cables entre sí (en sus versiones de superficie y empotradas), como muestra la figura 24.22; y cajas para conectar los aparatos empotrados a hilos o cables (fig. 24.23).



Fig. 24.22 Cajas de conexión para hilos y cables.

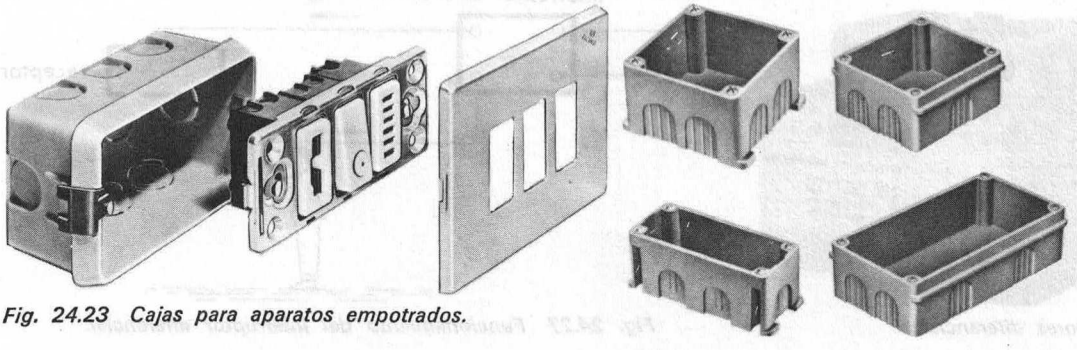


Fig. 24.23 Cajas para aparatos empotrados.

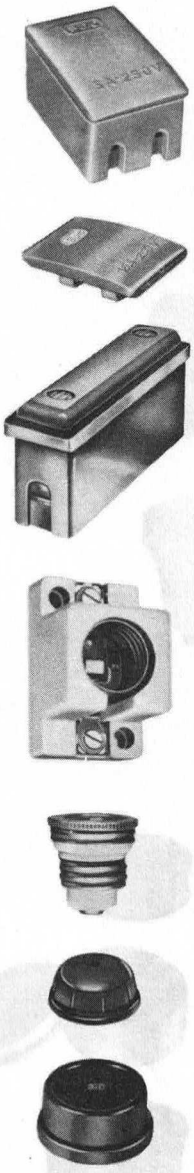


Fig. 24.24 Diversos tipos de fusibles.

24.4 Aparatos de protección

Sirven para proteger la instalación contra aumentos excesivos de corriente, bien por funcionamiento anormal de la instalación (sobrecarga), bien porque se establezca contacto directo entre los conductores (cortocircuito).

A esta categoría pertenecen los *cortacircuitos fusibles, los cortacircuitos automáticos* y *los interruptores diferenciales.*

24.4.1 *Cortacircuitos fusibles*

Son unos aparatos que se conectan en serie con el circuito, de tal manera que circule por ellos toda la intensidad. Constan de una base con dos contactos fijos, sobre la que se conecta, a rosca o a presión, una pieza enchufable, en la que va montado el elemento fusible (fig. 24.24).

Este elemento fusible es un hilo de menor sección que los conductores y que se funde al paso de una corriente excesiva, antes de que se estropee la instalación.

24.4.2 *Cortacircuitos automáticos*

Se llaman también *interruptores automáticos o limitadores de corriente.* Los hay de dos tipos: *magnéticos* y *magnetotérmicos.*

Los magnéticos están formados por una bobina, un núcleo móvil y un interruptor. Su funcionamiento es el siguiente: al estar la bobina conectada en serie con la instalación que hay que proteger, es recorrida por la corriente de consumo; cuando ésta es normal, el interruptor permanece cerrado; pero cuando esta corriente sobrepasa los límites prefijados, el núcleo es atraído y, a su vez, provoca la apertura del interruptor.

Los interruptores magnetotérmicos están formados por un conjunto como el anterior (magneto) más una lámina bimetálica que, cuando existe una sobrecarga (aunque débil, persistente) se calienta y, al arquearse, provoca la apertura del interruptor (fig. 24.25).

Para reponer el servicio, eliminada la causa que provocó la desconexión, basta actuar sobre la palanca que, para este efecto, lleva el limitador en el exterior

24.4.3 *Interruptores diferenciales*

También los interruptores diferenciales se basan en un principio parecido (fig. 24.26).

Cuando existe una derivación en el circuito, la corriente de salida I_s es menor que la de entrada I_e.

Esta diferencia ($I_d = I_e - I_s$) es la que hace actuar al dispositivo (fig. 24.27).

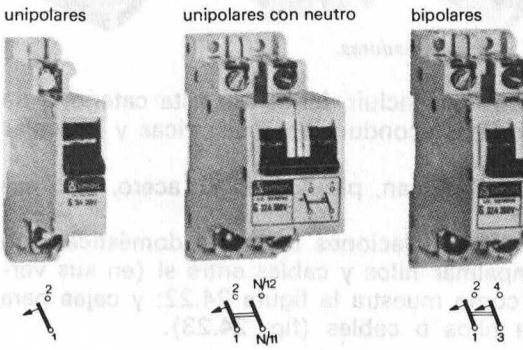


Fig. 24.25 Diversos tipos de interruptores magnetotérmicos.

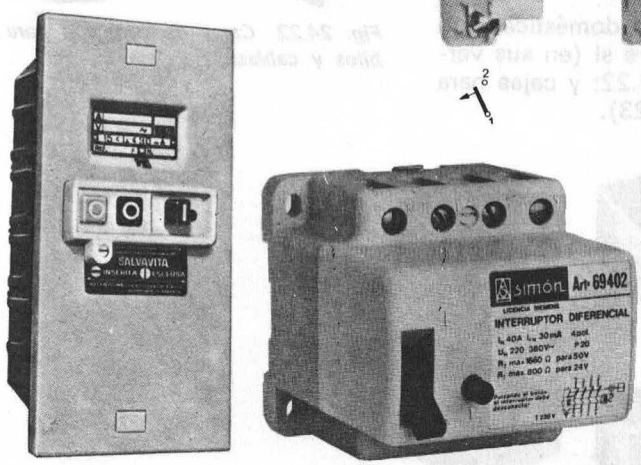


Fig. 24.26 Tipos de interruptores diferenciales.

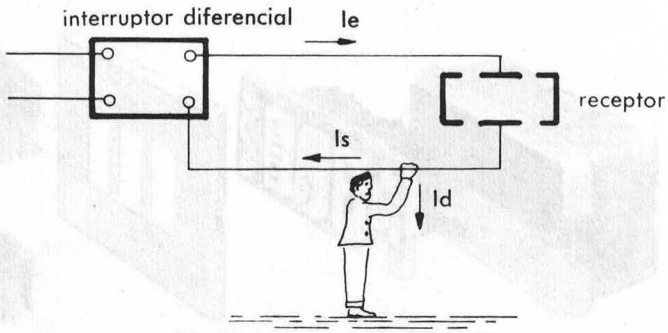


Fig. 24.27 Funcionamiento del interruptor diferencial.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— El alumno, previa consulta del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, realizará un trabajo en el que se pongan de relieve el uso y características de los interruptores automáticos para la protección de viviendas.

— Realícese el esquema topográfico de la instalación de una vivienda, situando los dispositivos a emplear en los lugares donde se instalarán en la práctica. (Utilícense símbolos normalizados.)

CUESTIONARIO

24.1 ¿Qué denominación popular tienen los materiales utilizados en instalaciones interiores domésticas?
24.2 ¿Qué se entiende por pequeño material?
24.3 ¿Cómo puede clasificarse el *pequeño material* atendiendo a la función que realiza?
24.4 ¿Y en cuanto a su forma de colocación?
24.5 ¿Cuál es la función de un aparato de maniobra?
24.6 Enumerar, por lo menos, cuatro elementos de maniobra.
24.7 Definir los elementos anteriormente enumerados.
24.8 ¿Cuál es la función de un aparato de conexión?
24.9 Enumerar, por lo menos, cuatro elementos de conexión.
24.10 ¿Qué tipos de tubos para conducciones eléctricas se fabrican?
24.11 ¿Cuál es la función de los elementos de protección?
24.12 ¿Qué elementos pertenecen a esta categoría?
24.13 ¿Qué clases de cortacircuitos automáticos se conocen?
24.14 Describir el funcionamiento de dos tipos distintos de cortacircuitos automáticos.
24.15 Describir el uso del interruptor diferencial.

BIBLIOGRAFIA

Catálogos de casas comerciales.
Normas UNE.
Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Tema 25. **Señalización**

OBJETIVOS

— *Clasificar los métodos de señalización.*
— *Describir el funcionamiento de algunos elementos de señalización.*
— *Enumerar los colores normalizados de lámparas de señalización y pulsadores luminosos, e indicar su significado.*
— *Indicar la función del automático de escalera.*

GUION

— Generalidades.
— Señalización acústica
— Señalización óptica.
— Automático de escalera.

PUNTOS CLAVE

— La señalización. Clases.
— El color en los elementos de señalización. Su significado.
— El automático de escalera, su función.

EXPOSICION DEL TEMA

25.1 Generalidades

En este tema se estudiarán las señalizaciones acústicas y ópticas más comúnmente empleadas en instalaciones, tanto domésticas como industriales.

Se entenderá por *instalaciones de señalización* aquellas cuya función sea llamar la atención sobre fenómenos anormales, aumentar la seguridad del per-

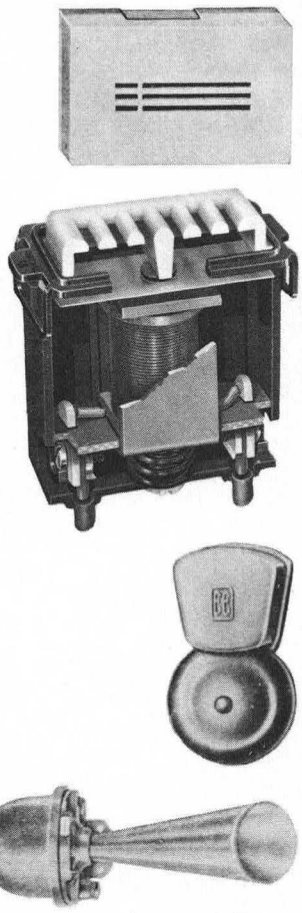


Fig. 25.1 Elementos para señalizaciones acústicas.

sonal, facilitar el funcionamiento correcto y mantenimiento de los equipos o hacer patente la presencia de personas. Las hay acústicas y ópticas.

También se tratará de los automáticos de escaleras.

25.2 **Señalizaciones acústicas**

Los elementos más empleados para este tipo de señalización son timbres, zumbadores, bocinas, sirenas, altavoces, etc. (fig. 25.1).

El principio de funcionamiento de la mayoría de estos aparatos se basa en el electromagnetismo.

25.2.1 *Timbre*

El timbre es uno de los aparatos más usados en señalización acústica de viviendas (fig. 25.2).

Consta este aparato (fig. 25.3) de un electroimán (1), que atrae a una ballesta de acero (2) con un martillete en su extremo libre (3), el cual golpea sobre la campana (4). Al ser atraída la ballesta, se interrumpe el contacto (5) que establecía una pieza de latón sobre el tornillo, y se corta el paso de corriente a la bobina.

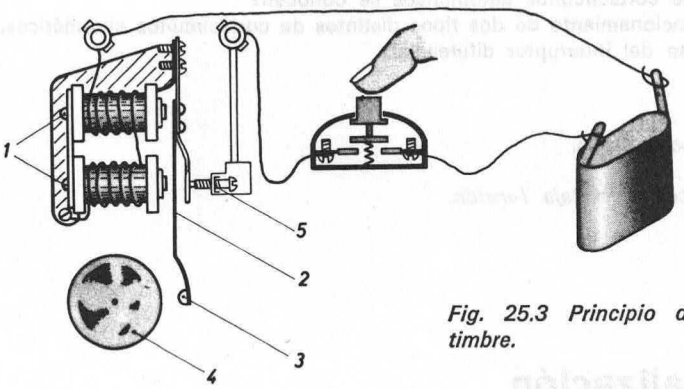


Fig. 25.3 Principio de funcionamiento de un timbre.

Al no circular corriente por la bobina, cesa la atracción, recupera la ballesta su posición primitiva y reanuda el contacto de su pieza metálica con el tornillo. Vuelve a recibir corriente la bobina, atrae nuevamente la ballesta, la cual golpea la campana. Este proceso se repite mientras esté cerrado el circuito, produciendo el ruido característico.

Los timbres de carrillón y los musicales funcionan según el mismo principio, salvo que su parte móvil solamente realiza un desplazamiento cada vez que se actúa sobre el pulsador, porque llevan incorporados diversos mecanismos para la producción de notas musicales.

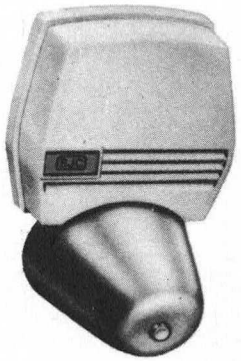


Fig. 25.2 Timbre.

25.2.2 *Zumbador*

Otro elemento empleado en las viviendas es el zumbador (fig. 25.4).

Se basa en la vibración de una lámina de acero dentro de un campo magnético variable (fig. 25.5).

Su conexión al circuito es idéntica a la de los timbres.

Las bocinas suelen tener un mecanismo similar al del zumbador, pero concentran el sonido por medio de un pabellón.

Las sirenas, más que a un principio eléctrico, responden a un principio neumático, pues su funcionamiento está basado en el giro de unas paletas, debido al impacto en ellas producido por un chorro de aire.

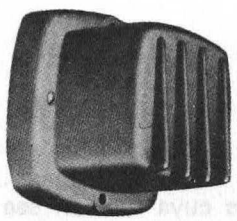


Fig. 25.4 Zumbador.

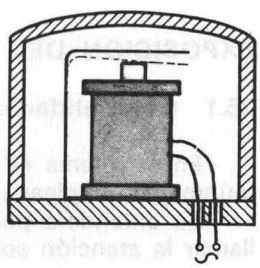


Fig. 25.5 Constitución interna de un zumbador.

25.3 Señalizaciones ópticas

Estas señalizaciones son de tipo *visual* (cuadros indicadores de accionamiento electromagnético) o de tipo *luminoso* (pilotos, lámparas y pulsadores luminosos).

25.3.1 *Señalizaciones visuales*

Las de tipo visual son los llamados cuadros indicadores o también cajas de números (fig. 25.6).

El funcionamiento de este aparato es como sigue:

Al pulsar *P*, se cierra el circuito de la bobina *B* (fig. 25.7), formando un electroimán con el núcleo *N*, que atrae a la pieza *1*. Por estar alimentada la bobina con corriente alterna, la pieza *1* está continuamente vibrando y, por consiguiente, produciendo sonido.

Al ser atraída la pieza *1*, cambia de posición la parte *2*; ésta golpea la placa *3* y la desplaza a la posición de registro *3-4*.

La reposición de los números se hace por medio de una varilla que hace retroceder las placas numeradas.

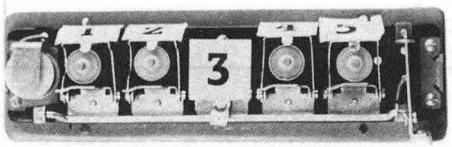


Fig. 25.6 Cuadro indicador.

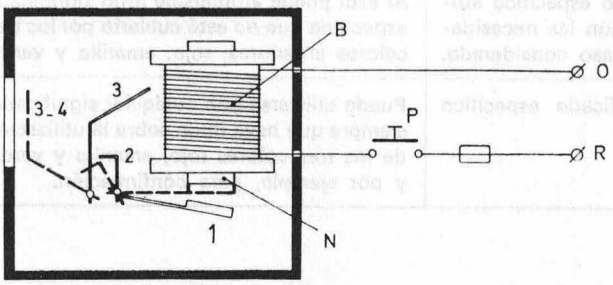


Fig. 25.7 Funcionamiento del cuadro indicador.

25.3.2 *Señalizaciones luminosas*

Las de tipo luminoso suelen ser lámparas de bajo consumo (neón) que llevan una pantalla coloreada o una silueta para llamar la atención al ser encendidas. Hay gran variedad de pilotos y lámparas de señalización según los usos a que estén destinados (fig. 25.8).



Fig. 25.8 Distintos pilotos y lámparas de señalización.

Los colores de las lámparas o de las lentillas colocadas delante de ellas están normalizados. Su significado está expresado en la norma UNE 20 127-74. En la tabla 25.9, se ha resumido el significado de los colores normalizados, y en la tabla 25.10 se encuentran unas orientaciones prácticas de la utilización típica, lugar de montaje, color, etc., de las lámparas de señalización.

Otro de los lugares típicos de utilización de las lámparas de señalización son los pulsadores luminosos (fig. 25.11).



Fig. 25.11 Pulsadores luminosos.

Tabla 25.9 Resumen del color de las lámparas de señalización

Color	*Significado*	*Explicación*	*Utilizaciones típicas*
Rojo	Peligro o alarma.	Aviso de un peligro potencial o de una situación que exige una acción inmediata.	— Defecto de presión en el sistema de lubricación. — Temperatura superior a los límites (de seguridad) especificados. — Equipo de primera importancia parado por acción de un dispositivo de protección. — Partes accesibles bajo tensión.
Amarillo	Atención.	Cambio, o cambio inminente de condición.	— Temperatura o presión diferente del nivel normal. — Sobrecarga, admisible sólo durante un tiempo limitado.
Verde	Seguridad.	Indicación de una situación segura, o autorización de proseguir, vía libre.	— Fluido de refrigeración en circulación. — Mando automático de la caldera en servicio. — Máquina lista para ser puesta en marcha.
Azul	Significado específico atribuido según las necesidades del caso considerado.	Al azul puede atribuírsele todo significado específico que *no* esté cubierto por los tres colores anteriores: rojo, amarillo y verde.	— Indicación de mando a distancia. — Selector en posición *regulación.*
Blanco	Sin significado específico (neutro).	Puede utilizarse con cualquier significado, siempre que haya duda sobre la utilización de los tres colores rojo, amarillo y verde, y por ejemplo, para confirmación.	

Los colores de éstos también están normalizados (UNE 20 127-74).

La tabla 25.12 indica los colores normalizados y su utilización típica.

También, aunque no normalizados, hay en el mercado gran cantidad de pulsadores y pilotos de señalización, con leyendas similares a las indicadas en la figura 25.13; son muy utilizados en hoteles, clínicas, hospitales, oficinas, etc.

Tabla 25.12 Resumen del color de los pulsadores luminosos y su significado

Color	*Significado del color*	*Utilizaciones típicas*
Rojo	Acción en caso de urgencia.	— Parada de emergencia. — Lucha contra incendios.
	Parada o puesta fuera de tensión.	— Parada general. — Parada de uno o varios motores. — Parada de un elemento de una máquina. — Disparo de un interruptor. — Rearme combinado con *parada.*
Amarillo	Intervención.	— Intervenciones para evitar un peligro o un cambio no deseado.
Verde	Puesta en servicio o puesta en circuito.	— Arranque general. — Arranque de uno o varios motores. — Puesta en marcha de un elemento de una máquina. — Cierre de un interruptor.
Azul	Todo significado específico no cubierto por los colores anteriores.	— Un significado no cubierto por los colores rojo, amarillo y verde puede serle atribuido a este color en casos particulares.
Negro *Gris* *Blanco*	Sin significado específico.	— Puede utilizarse para cualquier función, exceptuando los pulsadores cuya única función sea la de *parada o puesta fuera de tensión.*

Tabla 25.10 Ejemplo para la elección del color de las lámparas de señalización

Utilización típica	*Interruptor asociado*		*Lugar de montaje de la lámpara de señalización*	*Lámparas de señalización*		*Color que debe elegirse*
	Función	*Posición*		*Información que la lámpara de señalización encendida debe dar al operador*	*Significado de la lámpara de señalización encendida*	
Cabina de alta o baja tensión con partes activas accesibles, o zona de ensayo eléctrico.	Seccionador de la red de alimentación.	Cerrado	Exterior de la cabina (o de la zona), cerca de la entrada.	Entrada peligrosa.	Peligro potencial.	Rojo.
		Abierto.		Sin tensión.	Seguridad.	Verde.
Cuadro de distribución.	Interruptor de salida.	Cerrado.	Cuadro de distribución.	Salida con tensión normal.	Condición normal.	Blanco.
		Abierto.		Salida sin tensión.	Seguridad.	Verde.
Conjunto de alimentación y de mando de una máquina.	Seccionador de alimentación.	Abierto.	Puesto de mando.	—	Todas las lámparas de señalización apagadas.	
		Cerrado.		Alimentación en tensión.	Condición normal.	Blanco.
	Arrancadores individuales.	Cerrados.		Todas las operaciones preparatorias en marcha.	Arranque de la máquina o del ciclo posible = vía libre.	Verde.
		Cerrados.		Máquina en servicio.	Confirmación del arranque.	Blanco.
Ventilador de extracción de humos peligrosos.	Arrancador del motor.	Cerrado.	Entrada local ventilador.	Atención, ventilador marcha.	Aviso.	Amarillo.
		Abierto.	Puesto de mando y lugares en que pueden acumularse los humos.	Extracción en servicio.	Seguridad.	Verde.
				Extracción fuera de servicio.	Peligro.	Rojo.
Transportador de un material que puede solidificarse en caso de parada.	Arrancador del motor.	Cerrado.	Cerca del transportador.	Transportador en marcha. No acercarse.	Aviso.	Amarillo.
			Puesto de mando.	Transportador en marcha.	Condición normal.	Blanco.
				Transportador sobrecargado. Reducir la carga.	Aviso.	Amarillo.
		Abierto.		Parada por sobrecarga. Realizar nuevo arranque.	Acción inmediata necesaria.	Rojo.



Fig. 25.13 Plaquitas para pilotos y pulsadores.

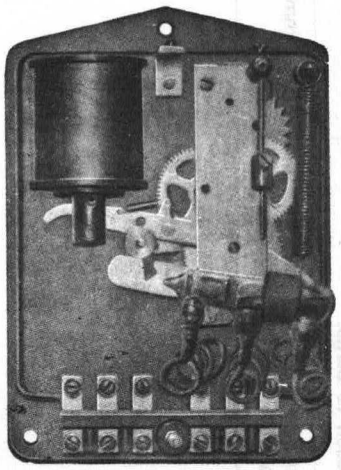


Fig. 25.14 Automático de escalera temporizado por medio de un mecanismo de relojería.

25.4 Automáticos de escalera

Los automáticos de escalera son aparatos accionados electromagnéticamente, que suplen con ventaja a las instalaciones conmutadas, ya que abren el circuito después de un tiempo prefijado, evitando consumos innecesarios (fig. 25.14).

Para realizar la temporización se utilizan sistemas de relojería, neumáticos, térmicos, por descarga de condensador, etc.

El modo de conexión de un automático de escalera es el indicado en la figura 25.15.

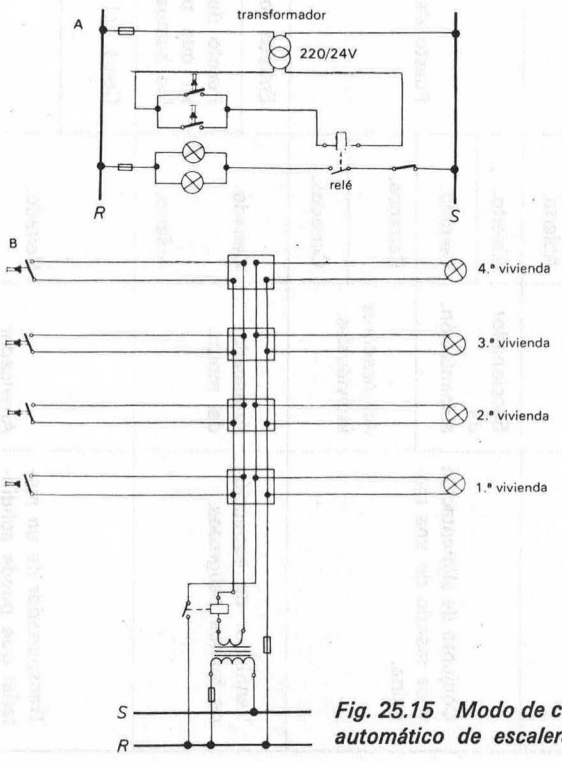


Fig. 25.15 Modo de conexión del automático de escalera.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Recopílense el mayor número posible de dispositivos de señalización acústica y óptica.
— Realícense, en el taller, algunos montajes de instalaciones de señalización.
— Dibújense los esquemas, topográficos o de circuitos, para la instalación de la sirena de una fábrica, el zumbador de un piso y el automático de escalera de una vivienda de tres plantas.

CUESTIONARIO

25.1 ¿Qué clases de señalizaciones conoces?
25.2 ¿Qué aparatos conoces que proporcionan señalizaciones acústicas?
25.3 Realizar un dibujo con los elementos constitutivos de un timbre, y describe su funcionamiento.
25.4 ¿Cómo pueden ser las señalizaciones ópticas?
25.5 ¿Qué colores normalizados se emplean en las lámparas de señalización?
25.6 ¿Qué significado específico tiene cada uno de ellos?
25.7 ¿Qué colores normalizados se emplean en los pulsadores luminosos?
25.8 ¿Qué significado específico tiene cada uno de ellos?
25.9 ¿Para qué sirve un automático de escalera?
25.10 ¿Qué ventajas proporciona?
25.11 Realizar el esquema de circuitos del automático de una escalera que tiene seis plantas y dos lámparas en cada planta.

BIBLIOGRAFIA

Catálogos de casas comerciales.
Une, Instituto de Racionalización y Normalización, Madrid.
AFHA, *Electricidad, tomos I, II, III, IV,* Barcelona.

Tema 26. **Instalaciones de cuadros de mando y maniobra**

OBJETIVOS

— *Conocer el funcionamiento de los elementos de mando empleados en cuadros de maniobra.*
— *Conocer el funcionamiento y las aplicaciones de los relés de protección, relés auxiliares y contactores.*
— *Conocimiento del material empleado en la preparación de cuadros de maniobra y control (armarios, pupitres, etc.).*

GUION

— Elementos de mando.
— Dispositivos de maniobra.
— Protección (relés y fusibles).
— Centros de mando, maniobra y control.

PUNTOS CLAVE

— Visión general de los aparatos utilizados en los cuadros de mando y maniobra.

EXPOSICION DEL TEMA

26.1 Elementos de mando

Son dispositivos encargados de conectar o desconectar el circuito de un cuadro de maniobra, y de que éste, a su vez, lo haga con las máquinas que gobierna (fig. 26.1).

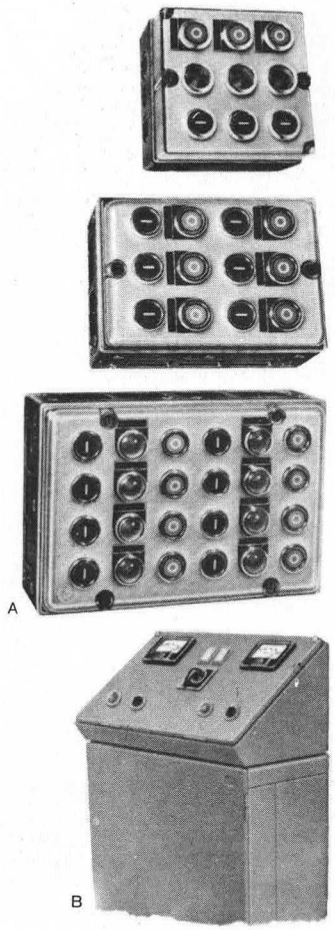


Fig. 26.2 Cuadros de mando: A, *independientes del de maniobra;* B, *en el cuadro de maniobra.*

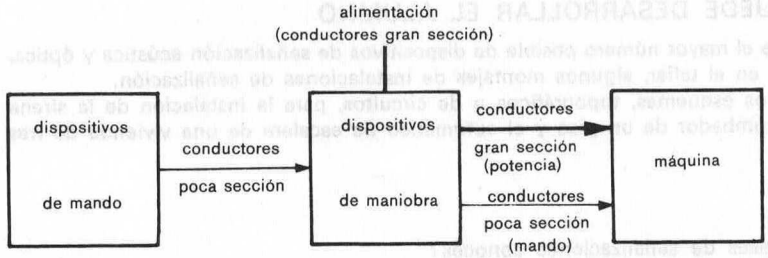


Fig. 26.1 Representación esquemática de la instalación automática de una máquina.

Podemos nombrar como elementos de mando más importantes:
— Interruptores.
— Selectores.
— Conmutadores.
— Pulsadores.

Los elementos de mando pueden estar en el mismo armario de maniobras o en cuadros aparte (fig. 26.2).

26.1.1 *Interruptores*

Son dispositivos encargados de abrir o cerrar un circuito permanentemente.

Según la intensidad para la que están construidos, pueden ser de mando o de potencia.

Los interruptores de mando pueden soportar intensidades de unos 6 A, mientras que los de potencia cubren una amplia gama de intensidades, hasta de 1 000 A (los rotativos) (fig. 26.3).

Pueden ser unipolares, bipolares y tripolares.

Atendiendo a su accionamiento se pueden dividir en (fig. 26.3):
— Oscilantes.
— Rotativos.

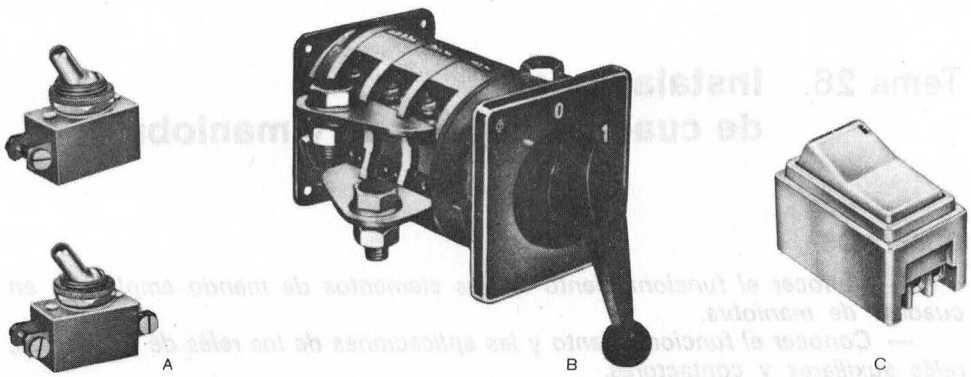


Fig. 26.3 Interruptor de mando para potencia: A, *oscilante;* B, *rotativo;* C, *basculante.*

26.1.2 *Selectores*

Atendiendo a su funcionamiento, se pueden considerar como interruptores de mando; los contactos quedan en la posición que se selecciona, mientras no se actúa de nuevo manualmente.

El accionamiento puede ser rotativo (fig. 26.4A) o mediante llave (figura 26.4B).

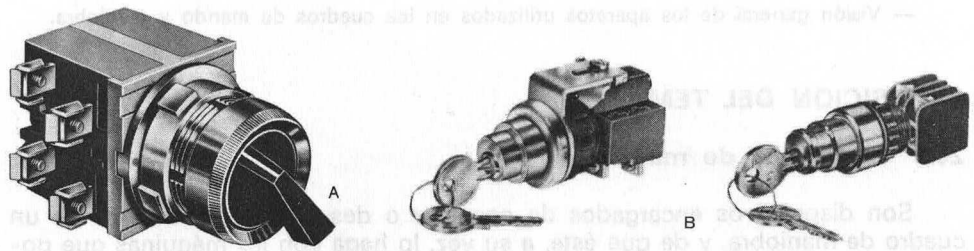


Fig. 26.4 Selector: A, *accionamiento rotativo;* B, *accionamiento mediante llave.*

26.1.3 *Conmutadores*

Su misión es la de conmutar uno o más circuitos con otro principal.

En los cuadros de maniobra tienen especial interés los conmutadores rotativos (fig. 26.5).

El accionamiento (fig. 26.6) es manual y, según la forma constructiva, se divide en:

— Flecha.
— Maneta o manecilla.
— Bola.
— Volante.

Se fabrican para mediana potencia y gran potencia.



Fig. 26.5 Conmutadores rotativos.

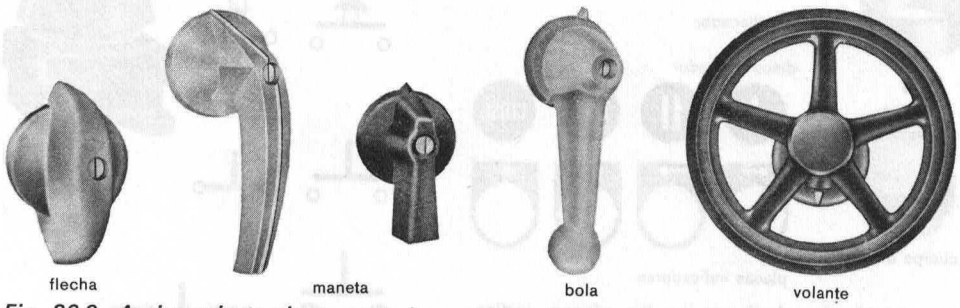


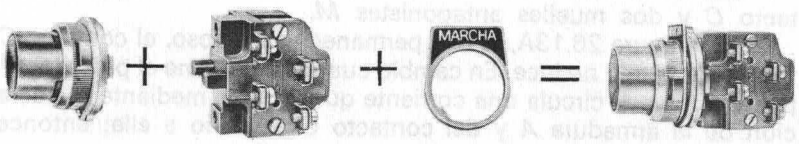
Fig. 26.6 Accionamiento de conmutadores rotativos.

26.1.4 *Pulsadores*

Es el dispositivo de mando más empleado. Dispone de uno o más contactos, abiertos o cerrados, de acción instantánea, que recuperan su posición inicial cuando cesa la presión sobre ellos. Todo pulsador está compuesto fundamentalmente de un actuador o accionador, un bloque de contactos y una placa indicadora (fig. 26.7).

El accionador puede ser (fig. 26.8):

— Saliente.
— De visera.
— Cubierto.
— Emergencia.
— Palanca.
— Luminoso.



actuador + bloque de contactos + placa indicadora = elemento de mando

Fig. 26.7 Partes de un pulsador.



Fig. 26.8 Accionamiento de pulsadores.

Cuando el accionamiento es con el pie, su construcción es más robusta debido al esfuerzo que debe soportar (fig. 26.9).

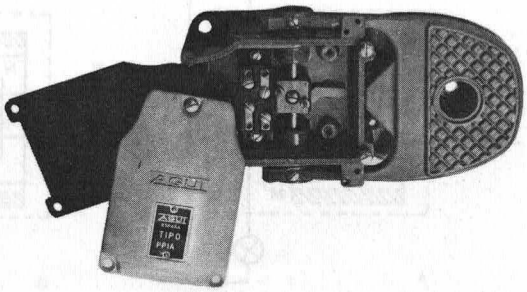


Fig. 26.9 Pulsadores de pedal.

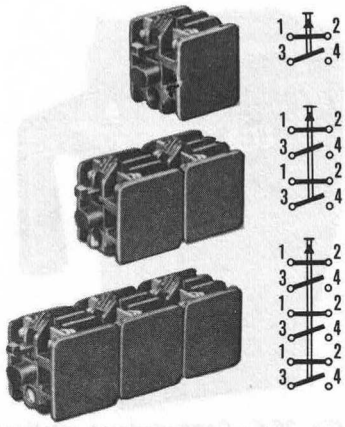


Fig. 26.11 Bloques de contactos para pulsadores.

En la placa indicadora viene reseñada la función que realiza el pulsador: marcha, paro, izquierda, subir, etc. (fig. 26.10).

Los bloques de contactos pueden ser (fig. 26.11):

— Simples.
— Dobles.
— Triples.
— Cuádruples.

Atendiendo a la posición de los contactos, pueden ser normalmente abiertos (marcha) o normalmente cerrados (paro) (fig. 26.12).



Fig. 26.10 Inscripciones en las placas, indicadores de pulsadores.

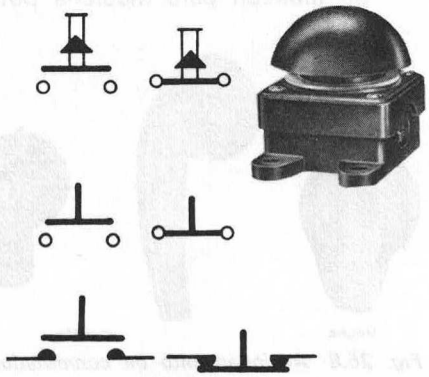


Fig. 26.12 Representación de pulsadores.

26.2 Dispositivos de maniobra

Se dividen en dos grandes bloques, a cuál más importante:

— Relés.
— Contactores.

A su vez los relés tienen otra subdivisión:

— Relés auxiliares.
— Relés temporizados.

26.2.1 *Definición y principio de funcionamiento de un relé*

El relé y el contactor se definen diciendo que son interruptores cuya conexión se efectúa y se mantiene mediante un electroimán.

En la figura 26.13A, se ve el principio de funcionamiento de un relé.

Consta de una bobina *B*, un núcleo de hierro *N*, una armadura *A*, un contacto *C* y dos muelles antagonistas *M*.

En la figura 26.13A, el relé permanece en reposo, el contacto *C* queda abierto y la lámpara *L* no luce. En cambio cuando se oprime el pulsador *P* (fig. 26.13B), por la bobina *B* circula una corriente que origina, mediante el núcleo *N*, la atracción de la armadura *A* y del contacto *C* solidario a ella; entonces, la lámpara *L* luce.

La fuerza de atracción tiene que ser mayor que la que ofrecen los muelles antagonistas *M*.

Al dejar de pulsar *P*, la atracción de *N* sobre *A* desaparece, por lo que los muelles impulsan la armadura *A* hacia la derecha, abriendo el circuito de la lámpara *L*.

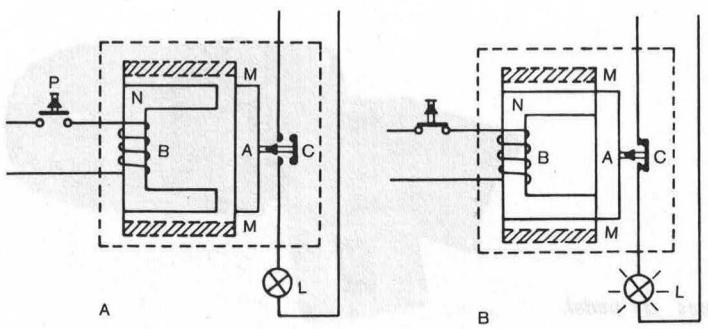


Fig. 26.13 Funcionamiento del relé: A, en reposo; B, en trabajo.

26.2.2 *Relés auxiliares*

Constan de circuito magnético y de un número considerable de contactos abiertos y cerrados, hasta 15, según tipos (figs. 26.14 y 26.15). Generalmente van acompañando a los contactores, ya que éstos no disponen de los contactos auxiliares necesarios para las maniobras. Un contactor suele llevar 2, a lo sumo 3, contactos auxiliares.

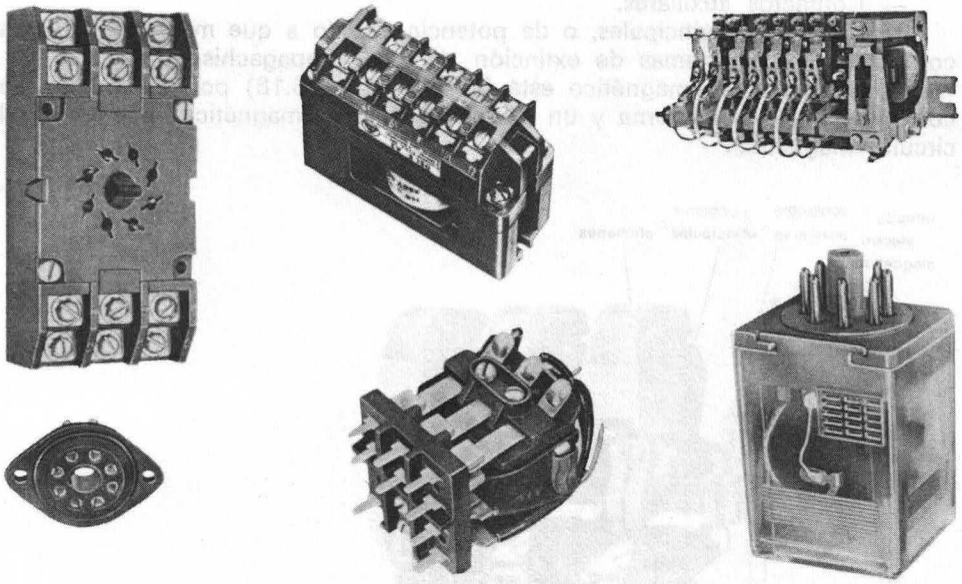


Fig. 26.14 Relés auxiliares.

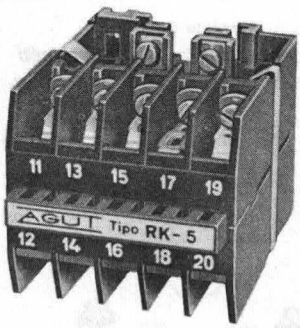


Fig. 26.15 Relé auxiliar AGUT tipo RK-5.

26.2.3 *Relés temporizados*

Los relés temporizados (temporizadores) abren o cierran sus contactos después de un cierto tiempo (regulado a voluntad) de accionar su circuito magnético.

Según el procedimiento empleado para conseguir este tiempo de pausa (temporizar), se dividen en (fig. 26.16):

- — Relojería: tiempo regulado por un dispositivo de relojería.
- — Neumático: tiempo regulado por una cámara de aire.
- — Térmico: tiempo regulado por el calentamiento de un bimetal.
- — Motor síncrono: tiempo regulado por motor síncrono.
- — Electrónico: tiempo regulado por un circuito RC.

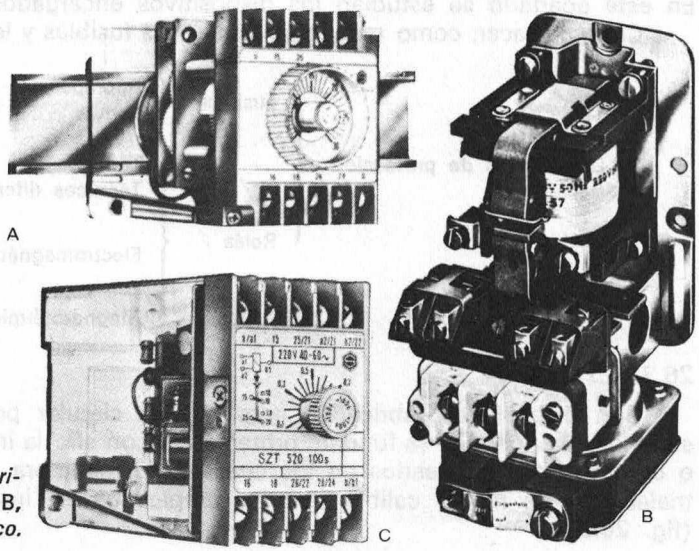
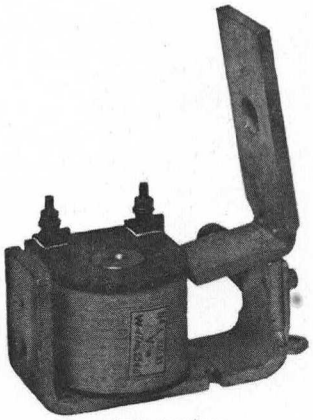
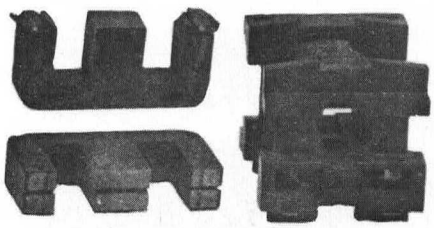


Fig. 26.16 Relés temporizados: A, de relojería; B, neumático; C, electrónico.



corriente continua



corriente alterna

Fig. 26.18 Circuito electromagnético para c. c. y para c. a.

26.2.4 *Contactores*

Tienen el mismo principio de funcionamiento que el relé. Se emplean para maniobrar potencias considerables.

En la figura 26.17, aparece un contactor donde se pueden diferenciar claramente sus partes:

— Circuito electromagnético.
— Contactos principales.
— Contactos auxiliares.

Los contactos principales, o de potencia, debido a que maniobran fuertes corrientes, llevan sistemas de extinción de arco y apagachispas (fig. 26.17).

El circuito electromagnético está formado (fig. 26.18) por una bobina de corriente continua o alterna y un núcleo de chapas magnéticas que forma el circuito magnético.

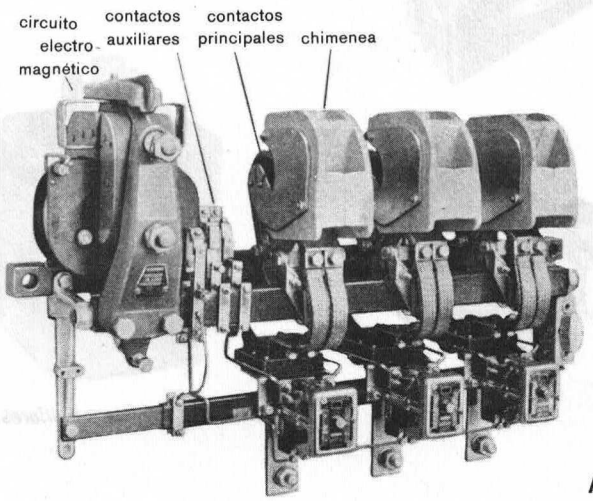


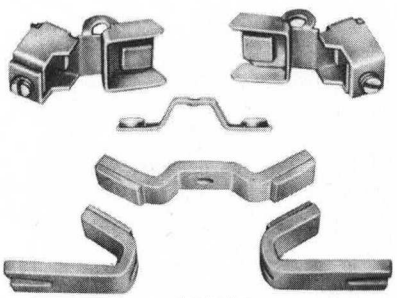
Fig. 26.17 Contactor.

Si la bobina es para c. c., el núcleo puede ser un cilindro macizo y la armadura una pletina (fig. 26.18).

Los contactos principales y auxiliares están diseñados de acuerdo con la corriente que ha de circular por ellos (fig. 26.19). Tanto unos como otros tienen diferentes formas constructivas (fig. 26.20).



auxiliares



principales

Fig. 26.19 Contactos.

26.3 **Protección: relés y fusibles**

En todos los cuadros de maniobras y circuitos automáticos y semiautomáticos, en general, aparecen unos dispositivos que cumplen la importante misión de proteger las cargas (motores, resistencias, etc.) y los conductores. En este apartado se estudian los dispositivos encargados de esta misión.

Cabe destacar, como más importantes, los fusibles y los relés de protección.

- Dispositivos de protección
  - Fusibles
    - Rápidos
    - Lentos
  - Relés
    - Térmicos
    - Térmicos diferenciales
    - Electromagnéticos
      - Máxima
      - Mínima
    - Magnetotérmicos

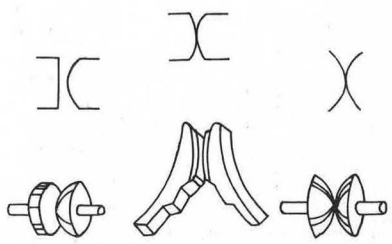


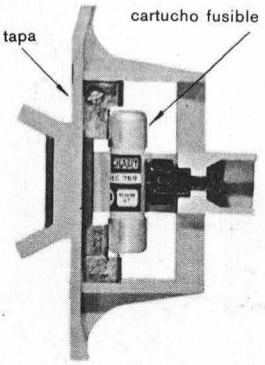
Fig. 26.20 Forma de los contactos.

26.3.1 *Fusibles*

Son dispositivos fabricados para que, al circular por ellos una corriente superior a la nominal, se fundan, protegiendo con ello la instalación. Los fusibles o cortacircuitos empleados en los cuadros de maniobra e instalaciones industriales son de mayor calibre que los empleados en instalaciones domésticas (fig. 26.21).



Fig. 26.21 Fusibles.



En un cortacircuito cabe distinguir dos partes fundamentales (fig. 26.22):
— Portafusibles (caja, tapa).
— Cartucho fusible.

Según soporten sobrecargas momentáneas o no, se dividen en lentos y rápidos.

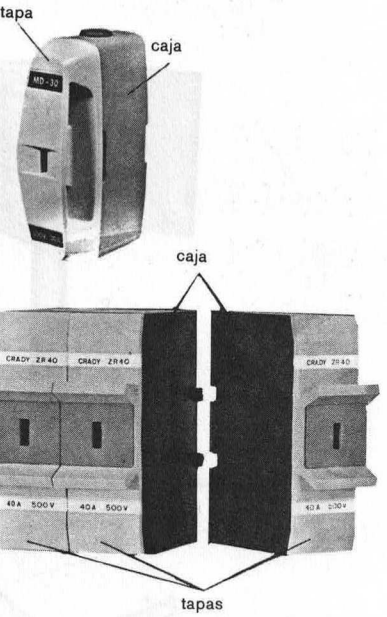


Fig. 26.22 Cortacircuitos industriales.

26.3.2 *Relés de protección*

Los más empleados son los siguientes: relé térmico y relé térmico diferencial (fig. 26.23).

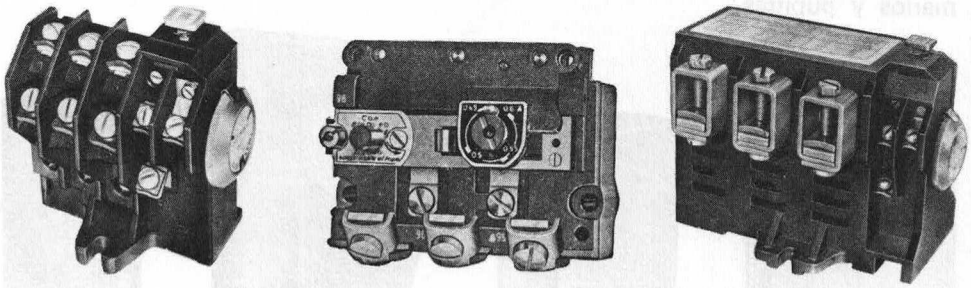


Fig. 26.23 Relés térmicos de protección.

Los dos se basan en el calentamiento de un bimetal y la posterior curvatura del mismo, actuando sobre un contacto que abre un circuito (fig. 26.24).

Cuando la corriente atraviesa el bimetal se produce un calentamiento directo. El calentamiento es indirecto cuando el calor es producido por una pequeña resistencia calefactora (fig. 26.25).

El relé térmico diferencial es el más usado y tiene la particularidad importante de que actúa de dos formas diferentes; una, cuando el calentamiento es equilibrado y se comporta como un relé térmico; y otra, cuando no lo es, por ejemplo, por falta de una fase; y entonces actúa de forma normal.

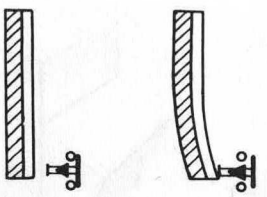


Fig. 26.24 Funcionamiento del relé térmico.

26.3.3 *Relés electromagnéticos*

Empleados para que actúen cuando se produce en el circuito una fuerte sobrecarga, por ejemplo, un cortocircuito. Son de desconexión rápida (fig. 26.26). Podemos distinguir dos tipos fundamentales:
— Relés de máxima intensidad.
— Relés de mínima tensión.

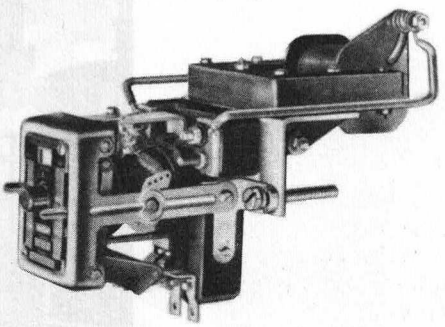


Fig. 26.26 Relé electromagnético.

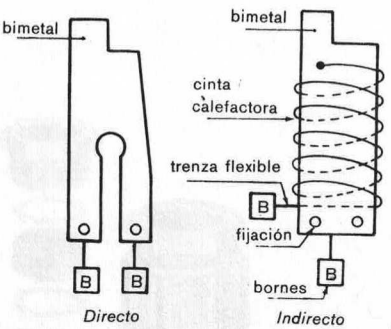


Fig. 26.25 Calentamiento directo e indirecto de un bimetal.

26.3.4 *Relés magnetotérmicos*

Es el resultado de la unión de un relé electromagnético y un térmico conectados en serie (fig. 26.27).

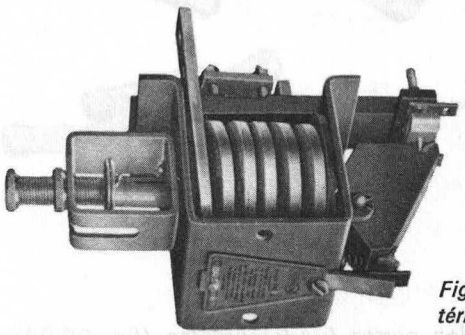
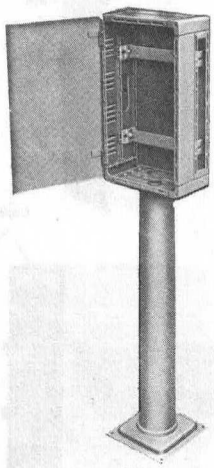


Fig. 26.27 Relé magnetotérmico.

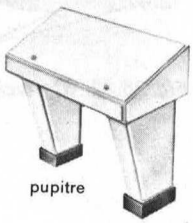
26.4 Centros de mando y control

Los circuitos de mando y maniobra de las máquinas vienen emplazados en armarios y pupitres, cerrados con llave, en donde aparecen, en la parte exterior, los dispositivos de mando, señalización, medida, etc., quedando los elementos de maniobra dentro del armario o pupitre; de esta forma, quedan protegidos de partículas sólidas, polvo, etc., que pueden afectar al buen funcionamiento de contactores, temporizadores y demás dispositivos de la maniobra.

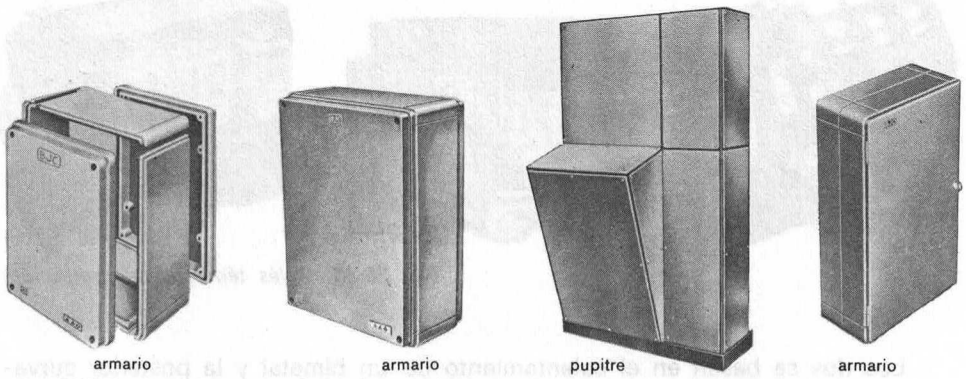
En la figura 26.28, se pueden apreciar las formas constructivas de los armarios y pupitres.



armarios

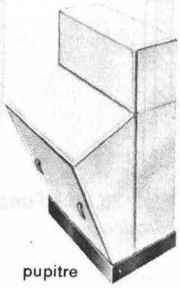


pupitre



armario armario pupitre armario

Fig. 26.28 Armarios y pupitres de mando y maniobra.



pupitre

La entrada y salida de cables se realiza casi siempre por la parte inferior o superior del armario (fig. 26.29), sujetando los cables al armario, mediante prensaestopas (fig. 26.30), para evitar que un tirón dañe o afecte a las conexiones.

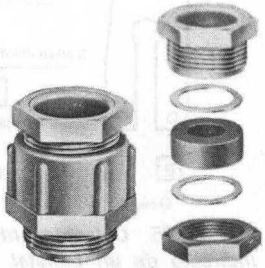


Fig. 26.30 Prensaestopas.

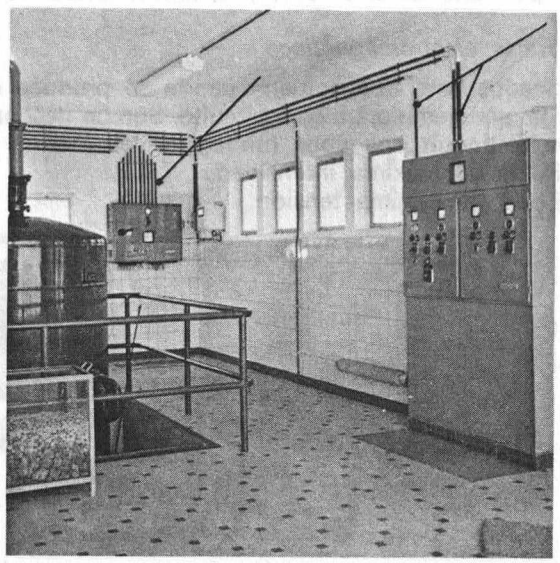


Fig. 26.29 Entradas y salidas de cables en un armario de maniobra.

La conexión de los conductores al cuadro de maniobra se realiza mediante fichas de conexión (fig. 26.31).

En la figura 26.32, pueden observarse diversos tipos de centros de maniobra y control; en algunos de ellos, aparecen cuadros sinópticos, que no son más que una representación señalizada de la maniobra.

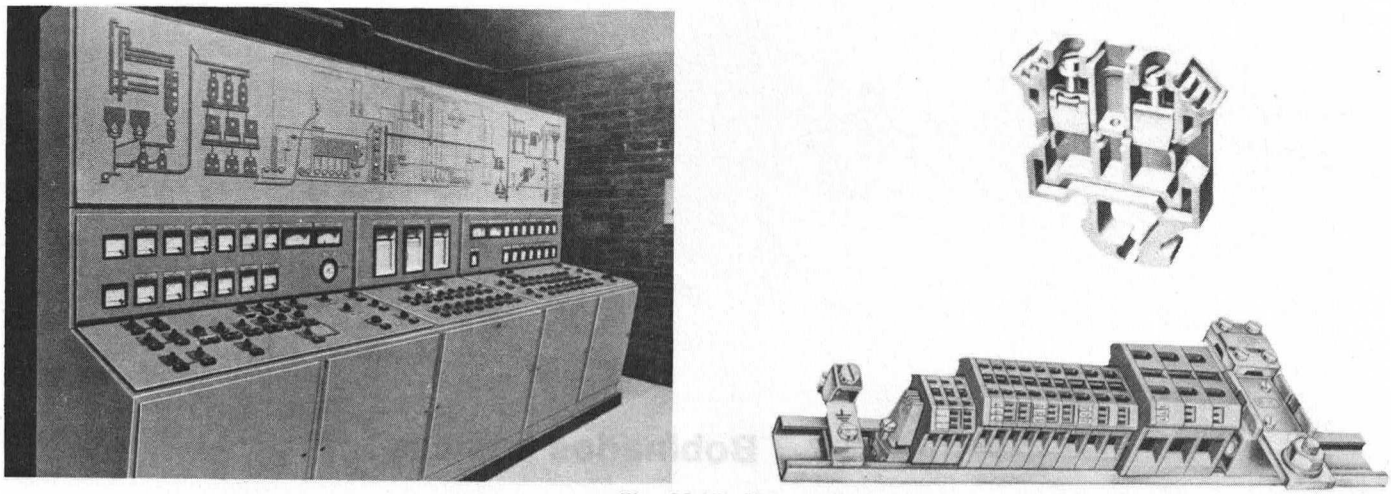


Fig. 26.31 Bornas de conexión.

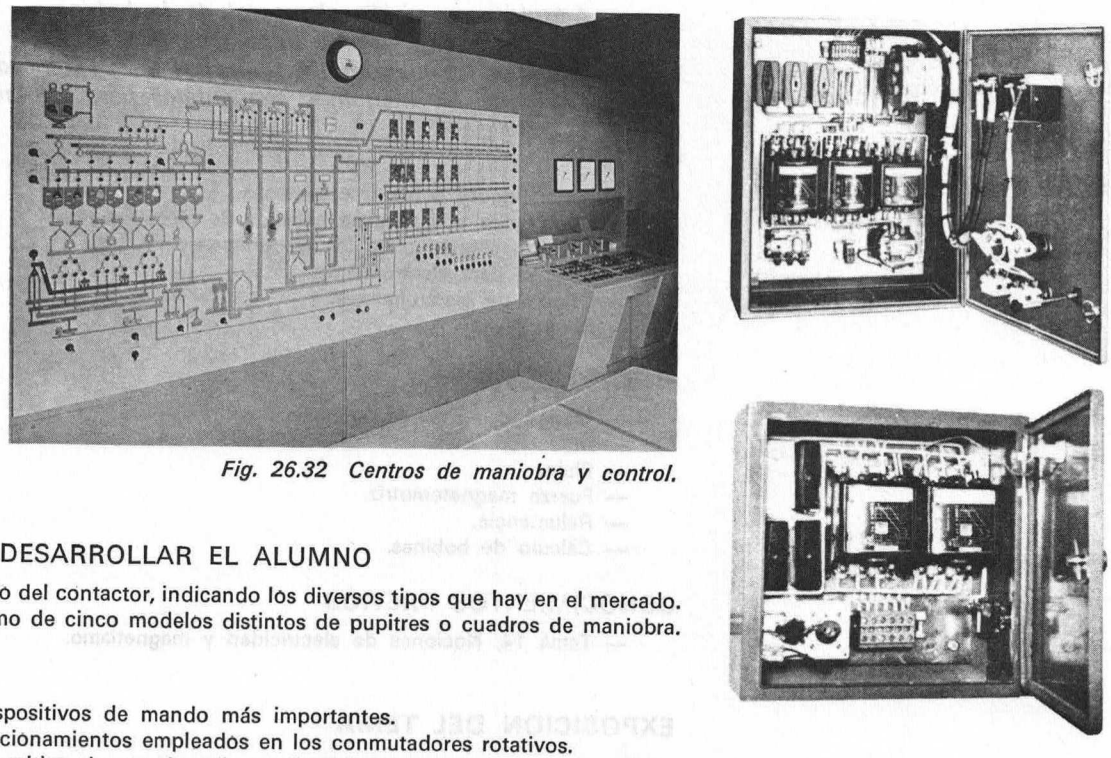


Fig. 26.32 Centros de maniobra y control.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Realícese un estudio del contactor, indicando los diversos tipos que hay en el mercado.
— Reúnanse un mínimo de cinco modelos distintos de pupitres o cuadros de maniobra.

CUESTIONARIO

26.1 Nombrar los dispositivos de mando más importantes.
26.2 Enumerar los accionamientos empleados en los conmutadores rotativos.
26.3 ¿Cuál es el dispositivo de mando más empleado? Nómbrense sus partes fundamentales.
26.4 Explíquese el principio de funcionamiento de un relé.
26.5 ¿Qué diferencia hay entre relé auxiliar y relé temporizado?
26.6 ¿Qué diferencia hay entre relé auxiliar y contactor?
26.7 ¿Cómo se construyen los núcleos y armaduras de un circuito electromagnético para corriente continua? ¿Y para corriente alterna? Realizar un pequeño dibujo.
26.8 Enumerar los dispositivos de protección.
26.9 ¿Qué es un bimetal?
26.10 A la vista de las fotografías, diseñar un pequeño cuadro sinóptico.

BIBLIOGRAFIA

Catálogos de casas comerciales.

12. Bobinados

Tema 27. Bobinados básicos

OBJETIVOS

— *Adquirir una visión elemental de la bobina.*
— *Razonar el proceso de trabajo en la realización de bobinas y carretes.*
— *Enunciar las magnitudes utilizadas en cálculos de electroimanes.*
— *Distinguir las máquinas elementales para bobinar.*

GUION

— Generalidades sobre electroimanes.
— Magnitudes utilizadas en cálculos de electroimanes.
— Circuito magnético de los electroimanes.
— Bobinas para electroimanes.
— Cálculo de electroimanes.
— Bobinadoras.

PUNTOS CLAVE

— Magnitudes electromagnéticas.
— Inducción.
— Flujo.
— Fuerza magnetomotriz.
— Reluctancia.
— Cálculo de bobinas.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Tema 14, Nociones de electricidad y magnetismo.

EXPOSICION DEL TEMA

27.1 Generalidades sobre electroimanes

Se entiende por electroimán el conjunto formado por un núcleo magnético de hierro dulce a cuyo alrededor se arrolla un conductor en forma de bobina.

Está constituido por:

a) Un circuito magnético, que puede ser de hierro dulce o chapa magnética.

b) Un circuito eléctrico, constituido por bobinas formadas con espiras de hilo de cobre o aluminio esmaltado.

La función del electroimán es producir una fuerza de atracción magnética en función de una corriente eléctrica.

Puede funcionar con corriente alterna o continua. Cuando lo hace con

corriente alterna, la fuerza de atracción será variable periódicamente; se produce entonces un zumbido característico, fácil de anular disponiendo, en el núcleo, una espira cerrada de cobre (fig. 27.1).

Sus aplicaciones son, hoy en día, muy amplias:

— Relés electromagnéticos.
— Contactores.
— Interruptores automáticos electromagnéticos.
— Electroimanes elevadores.
— Cerraduras eléctricas.
— Automáticos de escalera, etc.

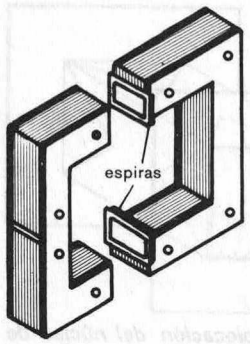


Fig. 27.1 Electroimán para corriente alterna.

27.2 Magnitudes utilizadas en cálculos de electroimanes

Al igual que en los circuitos eléctricos, también en los circuitos magnéticos existen unas magnitudes que medir y calcular, éstas son:

Inducción magnética (β). Es la cantidad de líneas de fuerza por unidad de superficie. Se mide en gausios o en tesla (1 tesla = 10^4 gausios). Es una magnitud parecida a la densidad de corriente.

Flujo magnético (Φ). El flujo a través de una superficie es igual al producto de la inducción magnética por el valor de dicha superficie (suponiendo que la superficie sea normal a la dirección de la inducción).

$$\Phi = \beta \cdot S \qquad [27.1]$$

En el sistema cegesimal, el flujo se mide en *maxvelios.*

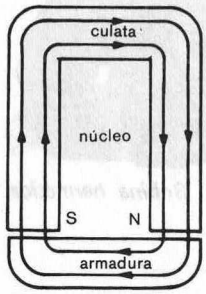


Fig. 27.2 Circuito magnético de un electroimán.

Fuerza magnetomotriz (f. m. m.) (H). Si una bobina de *N* espiras es recorrida por una corriente de intensidad *I*, el flujo creado en ella y, en definitiva, la fuerza suspensiva del electroimán es proporcional al producto N · I, denominado *ampervuelta o fuerza magnetomotriz.* Se mide en ampervueltas (Av) o en oerstedio (1 Av = 1,25 oerstedio). Tiene semejanza con la fuerza electromotriz.

Reluctancia (R). Es la oposición que ofrece el circuito magnético al paso del flujo. Es análogo a la resistencia eléctrica. De igual forma que en un circuito eléctrico, $I = \frac{V}{R}$, en un circuito magnético el flujo vendrá dado por:

$$\Phi = \frac{\text{f. m. m.}}{\text{Reluctancia}} = \frac{H}{R} \qquad [27.2]$$

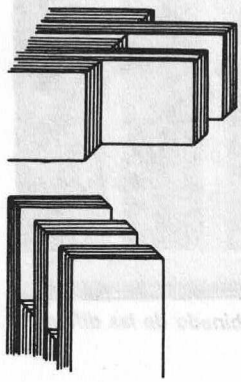


Fig. 27.3 Unión del núcleo con la culata.

27.3 Circuito magnético de los electroimanes

Las partes que forman el circuito magnético de un electroimán son (figura 27.2):

— *Núcleo.* Parte central de la bobina.

— *Culata.* Parte fija que une los núcleos.

— *Armadura.* Parte móvil que une los núcleos por el lado opuesto a la culata.

El circuito magnético puede construirse de *chapas finas y aisladas,* para reducir las pérdidas por corrientes parásitas de Foucault, o de *hierro especial,* para reducir las pérdidas por histéresis magnética.

Los núcleos tienen que estar bien apretados para evitar ruidos, por lo que se unirán como indica la figura 27.3 y se sujetarán por medio de espárragos roscados.

El circuito magnético puede ser sencillo (fig. 27.2) o *acorazado* (fig. 27.4) cuando el flujo sigue dos caminos laterales y uno central; en este circuito, la bobina se coloca en la columna o núcleo central.

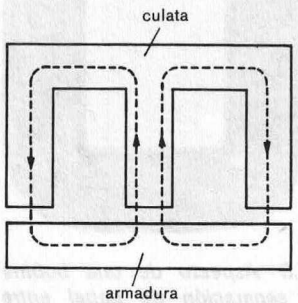


Fig. 27.4 Circuito acorazado.

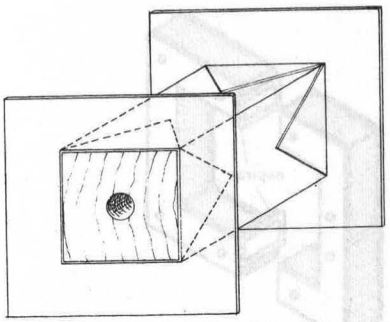


Fig. 27.5 Colocación del núcleo de madera.

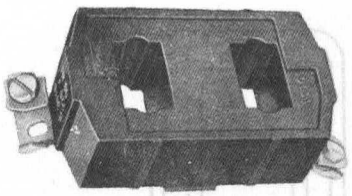


Fig. 27.6 Bobina hermética.

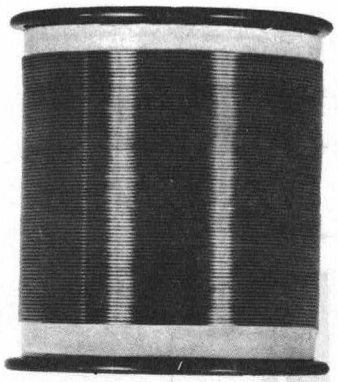


Fig. 27.7 Bobinado de las diferentes capas.

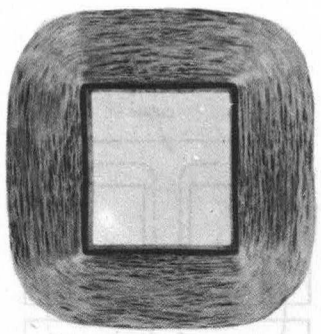


Fig. 27.8 Aspecto de una bobina con la separación de papel entre capas.

27.4 Bobinas de los electroimanes

Son las bobinas que forman el circuito eléctrico de los electroimanes.

El material empleado es hilo de cobre o aluminio esmaltado; el más frecuente es el de cobre esmaltado.

Estas bobinas son las que se montan en los núcleos del circuito magnético y constan de:

— Carrete o chasis.
— Devanado.

Seleccionado o construido el carrete adecuado, se prepara un núcleo, generalmente de madera, para acoplar el carrete a la bobinadora (fig. 27.5).

El carrete puede construirse de cartón, plástico o baquelita. Cuando se utiliza el cartón, éste es del tipo *presspan.* Para contactores y relés se utilizan las bobinas con carrete de plástico, cerrado herméticamente y en cuyo interior se alojan las bobinas (fig. 27.6).

Una vez hecho el carrete, se procede a bobinar o devanar, sobre él, el conductor adecuado. Las espiras han de quedar juntas y bien tensas, pero sin solaparse (fig. 27.7).

Entre las capas se pone un papel fino para mejorar el aislamiento (fig. 27.8).

Una vez colocadas todas las espiras, se suelen cubrir con un papel, cartón o tela impregnada, para proteger la bobina contra golpes y raspaduras, quedando la bobina como en la figura 27.9.

Una vez construidos el núcleo y la bobina, se procede al montaje.

27.5 Cálculo de electroimanes

A continuación y con el problema que se propone, se describe un sistema elemental para el cálculo completo de un electroimán sencillo.

Calcular un electroimán, cuyo circuito magnético se representa en la figura 27.10, cuando la fuerza de atracción ha de ser de 20 kg en la posición indicada. Para la construcción del circuito magnético se empleará acero fundido, cuya curva de inducción máxima es de 1,2 tesla (12 000 gausios). La bobina se alimentará de una red de corriente continua de 24 V.

27.5.1 *Fuerza de atracción*

La fuerza con que se atraen las dos piezas sometidas a un campo magnético se calcula por medio de la fórmula:

$$F = \left(\frac{\beta}{5\,000}\right)^2 \cdot S \qquad [27.3]$$

donde:

F = fuerza en kg,
β = inducción en gausios,
S = superficie total en cm^2.



Fig. 27.9 Bobina con soporte de baquelita.

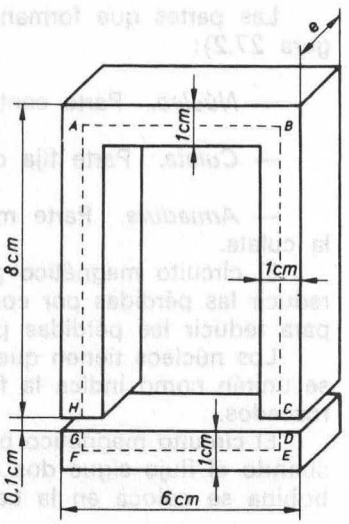


Fig. 27.10 Circuito magnético de un electroimán.

El cálculo de θ (fig. 27.10) requiere el conocimiento de *S*:

$$S = F \cdot \left(\frac{5\,000}{\beta}\right)^2 = 20 \times \left(\frac{5\,000}{12\,000}\right)^2 = 3{,}472 \text{ cm}^2$$

Como hay dos superficies que atraen simultáneamente, resulta que la superficie por polo será:

$$S_{polo} = \frac{S}{2} = \frac{3{,}472}{2} = 1{,}736 \text{ cm}^2$$

y

$$e = \frac{S_{polo}}{1 \text{ cm}} = \frac{1{,}736}{1} = 1{,}736 \text{ cm}$$

27.5.2 *Fuerza magnetomotriz (f. m. m.) total*

La inducción y la fuerza magnetomotriz no son proporcionales en los materiales magnéticos. Para calcular una, sabiendo la otra, se recurre a representaciones gráficas, llamadas *curvas de inducción* (fig. 27.11).

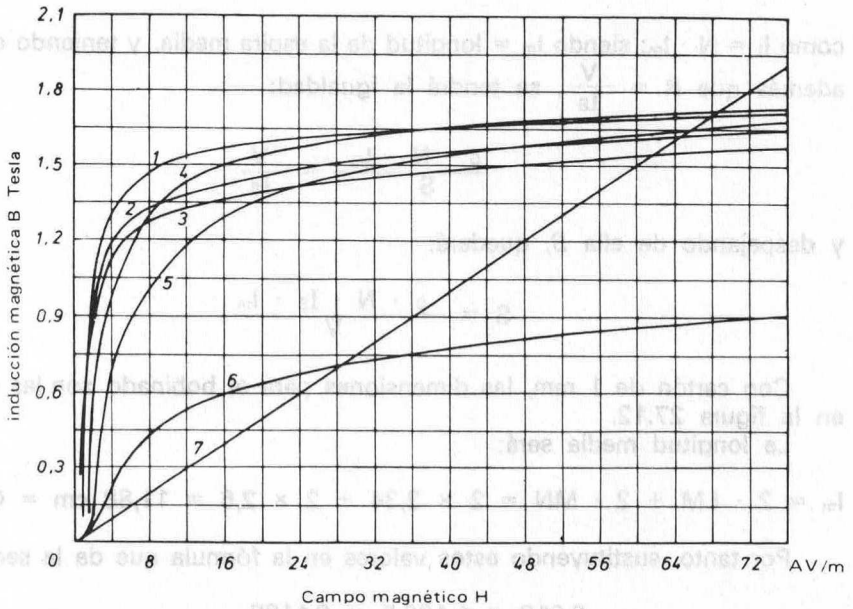


Fig. 27.11 Curvas de inducción de diferentes materiales: 1, hierro puro; 2, chapa magnética; 3, chapa de transformador; 4, acero laminado, en frío; 5, acero de fundición; 6, hierrro de fundición; 7, aire.

En estas curvas, la f. m. m. suele expresarse en Av/cm.

En el problema que se trata, se usa la curva 5. Entrando en ordenadas con el valor de la inducción en tesla en abscisas se encontrará la f. m. m. en Av/cm:

$$\beta = \frac{12\,000}{10^4} = 1{,}2 \text{ tesla}$$

Con este valor de inducción en la curva 5, se tendrá como f. m. m.: 12,8 Av/cm, lo que quiere decir que, por cada centímetro de longitud de circuito magnético, hace falta 12,8 Av para tener los 12 000 gausios deseados.

A continuación, se calcula la longitud total media del circuito magnético de hierro para hallar la f. m. m. total del circuito, esto es:

$$L_t = AB + BC + DE + EF + FG + HA = 5 + 7{,}5 + 0{,}5 + 5 + 0{,}5 + 7{,}5 = 26 \text{ cm}$$

Por lo que:

$$H_{fe} = 12{,}8 \text{ Av/cm} \times 26 \text{ cm} = 333 \text{ Av}$$

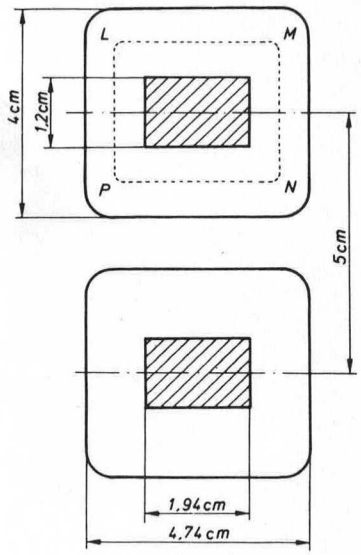


Fig. 27.12 Colocación y dimensiones de la bobina.

La f. m. m. necesaria para obtener 12 000 gausios en el aire se obtiene del mismo modo, o bien por la siguiente fórmula:

$$H_{aire} = 0{,}8 \cdot \beta \cdot 1_{aire} = 0{,}8 \times 12\,000 \times 0{,}1 \times 2 = 1\,920 \text{ Av}$$

y la f. m. m. total resultará:

$$H_t = H_{fe} + H_{aire} = 333 + 1\,920 = 2\,253 \text{ Av}$$

27.5.3 *Cálculo de las bobinas*

Como el circuito magnético permite poner dos carretes (fig. 27.12), cada uno deberá producir la mitad de la f. m. m. total. Si se conectan en serie, cada uno tendrá la mitad de la tensión total:

$$H_B = \frac{2\,253}{2} = 1\,126{,}5 \text{ Av}$$

Conocidas la longitud total de hilo y su sección, la resistencia de la bobina valdrá:

$$R = \rho \cdot \frac{l_t}{S}$$

como $l_t = N \cdot l_m$; siendo l_m = longitud de la espira media, y teniendo en cuenta además que $R = \frac{V}{I_B}$, se tendrá la igualdad:

$$\frac{\rho \cdot N \cdot l_m}{S} = \frac{V}{I_B}$$

y despejando de ella *S*, quedará:

$$S = \frac{\rho \cdot N \cdot I_B \cdot l_m}{V}$$

Con cartón de 1 mm, las dimensiones para el bobinado son las indicadas en la figura 27.12.

La longitud media será:

$$l_m = 2 \cdot LM + 2 \cdot MN = 2 \times 3{,}34 + 2 \times 2{,}6 = 11{,}88 \text{ cm} = 0{,}1188 \text{ m}$$

Por tanto, sustituyendo estos valores en la fórmula que da la sección:

$$S = \frac{0{,}018 \times 1\,126{,}5 \times 0{,}1188}{12} = 0{,}20 \text{ mm}^2$$

a esta sección del hilo de cobre le corresponde un diámetro:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}20}{3{,}14}} = 0{,}5 \text{ mm}$$

Con el aislamiento de esmalte, el diámetro pasa a ser de 0,55 mm.

Anchura del carrete, 6,5 cm = 65 mm.

El número de espiras por capa será el cociente entre la anchura del carrete y el diámetro del hilo:

$$\frac{65}{0{,}55} = 118 \text{ espiras por capa}$$

Altura total del bobinado:

$$\frac{4 - 1{,}2}{2} = 1{,}4 \text{ cm} = 14 \text{ mm}$$

El bobinado se ahueca entre capas, ocupando así más sitio; debido a esto, se toma un coeficiente de reducción, en este caso 0,8; luego, altura efectiva del bobinado = 0,8 × 1,4 = 11,2 cm.

Conocida la altura del bobinado, el número de capas que tendrá la bobina será el cociente entre dicha altura y el diámetro del hilo.

$$\text{Número de capas} = \frac{11{,}2}{0{,}55} = 20 \text{ capas}$$

Y el número total de espiras será:

N = número de capas multiplicado por número de espiras por capa

N = 20 × 118 = 2 360 espiras

La corriente para producir los ampervueltas necesarios será:

$$I_B = \frac{H_B}{N} = \frac{1\,126{,}5}{2\,360} = 0{,}477 \text{ A}$$

La densidad de corriente a la que trabajará este hilo (cociente entre intensidad que circula y sección del conductor) será, pues:

$$J = \frac{I_B}{S} = \frac{0{,}477}{0{,}20} = 2{,}38 \text{ A/mm}^2$$

que es perfectamente admisible.

27.6 **Bobinadoras**

Son las máquinas utilizadas para la realización de los bobinados. Hay de diferentes tipos y tamaños en función del tipo de bobinas que realizar.

Se pueden clasificar en *manuales* y *automáticas.*



Fig. 27.13 Bobinadora manual.

27.6.1 *Bobinadoras manuales*

Se les llama también *devanadoras* y se usan generalmente para realizar bobinas de hilo grueso.

La figura 27.13 muestra una de estas bobinadoras, que consta de las siguientes partes:

a) *Empuñadura.* Unida a un volante, para hacer girar la máquina.

b) *Caja de engranajes.* En la que van montados interiormente los mecanismos que transmiten el movimiento de la manivela al eje.

c) *Trinquete.* Freno que en su posición normal impide que el eje gire en sentido contrario al del bobinado, pero cuya acción se puede anular cambiándolo de posición en el caso de tener que desenrollar parte del bobinado.

d) *Contador.* Organo que dispone de un círculo graduado y dos agujas, una grande (que indica las vueltas) y otra pequeña (los cientos de vueltas), pudiendo registrar hasta 10 000 espiras.

e) *Eje.* Donde se coloca el molde o carrete de la bobina. Para que éstos queden sujetos, el eje dispone de dos piezas, llamadas platos, que se pueden desplazar a lo largo del eje; uno se sujeta al eje mediante tornillos y el otro es roscado.

f) *Contrapunto.* Es el apoyo al otro extremo del eje.

27.6.2 *Bobinadoras automáticas*

En estas bobinadoras, tanto el giro del eje como el desplazamiento del hilo a lo largo del carrete para formar la bobina se hacen automáticamente. El mando y control de estas máquinas suele ser electrónico y con mínima participación de la mano del hombre.

En la figura 27.14 puede verse una de estas bobinadoras automáticas y motor para hacer girar el eje hasta las que disponen de proceso automático de avance y retroceso, con bloqueo automático para el número de vueltas establecido; regulador de la tensión del hilo, regulador de velocidad, trabajo en carretes múltiples, etc.

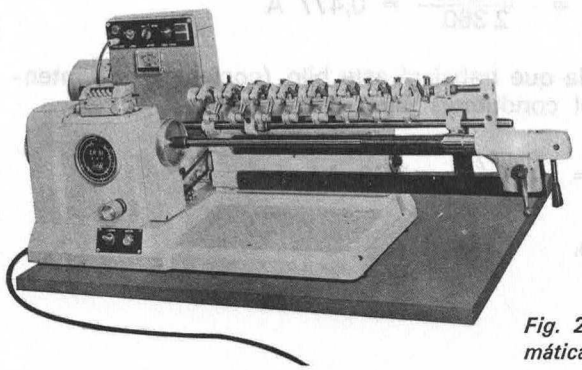


Fig. 27.14 Bobinadora automática.

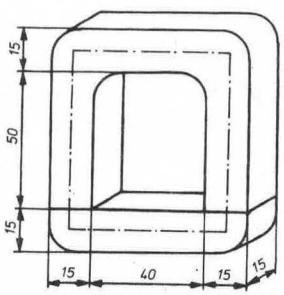


Fig. 27.15 Circuito magnético para el electroimán del problema.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Calcular un electroimán cuyo circuito magnético es el indicado en la figura 27.15 y que necesita una fuerza de atracción de 5 kg con una tensión de alimentación de 12 V. El alumno elegirá el material del circuito magnético.

CUESTIONARIO

27.1 ¿Cómo se definiría un electroimán?

27.2 Enumerar todas las posibles aplicaciones que se conozca de los electroimanes.

27.3 ¿Qué partes constituyen un circuito magnético?

27.4 ¿Cuál será la fuerza de atracción de un núcleo de 4 cm^2 de sección sometido a una inducción de 1,6 tesla?

27.5 Calcular los diámetros de unos conductores que tienen por sección: *a)* 0,5 mm^2; *b)* 0,75 mm^2; *c)* 1,5 mm^2.

27.6 Buscar un símil a la densidad de corriente.

27.7 ¿Cuál será la tensión de alimentación de una bobina, de longitud de conductor 400 m, de diámetro 0,8 mm^2, cuya resistividad es 0,017 Ω mm^2/m y la intensidad que lo recorre es 3 A?

27.8 Enumerar las partes constituyentes de una bobinadora manual.

27.9 Deducir por qué es necesario regular la tensión del hilo en una bobinadora automática.

BIBLIOGRAFIA

ALFARÓ SEGOVIA, *Electricidad industrial y electrónica,* Dossat, S. A., Madrid 1968.

ELORRIAGA-BALBUENA-FLORES, *Tecnología Eléctrica y electrónica 1.1,* Ediciones Don Bosco, Barcelona 1976.

RAPP J., *Tratado práctico de Electrotecnia: generalidades.* Tomo I, Editorial Vagma, Bilbao.

Tema 28. **Bobinados de transformadores**

OBJETIVOS

— *Distinguir los tipos de conductores empleados en bobinados.*
— *Conocer los materiales aislantes utilizados en bobinados.*
— *Describir el proceso de construcción de un transformador.*

GUION

— Introducción.
— Conductores empleados en bobinados.
— Materiales aislantes para bobinados.
— Impregnación y recubrimiento.
— Circuitos magnéticos para transformadores.
— Bobinas. Su colocación.
— Bobinados toroidales.

PUNTOS CLAVE

— Material de que están constituidos los conductores de las bobinas.
— Materiales aislantes.
— Procedimiento de montaje de un transformador de pequeña potencia.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Electrólisis de cobre.
— Rigidez dieléctrica (Tema 19).

EXPOSICION DEL TEMA

28.1 Introducción

El transformador es una máquina estática que cambia las características de tensión e intensidad de la corriente alterna.

En él se distinguen dos circuitos eléctricos (uno de ellos llamado primario y el otro secundario) y un circuito magnético cerrado (fig. 28.1). El bobinado primario se conecta a la red, y al secundario se le conecta la carga. Estos bobinados se denominan también: de *alta tensión* y de *baja tensión,* dependiendo de si el transformador es reductor o elevador de tensión. La figura 28.2 da una idea clara de este concepto.

En este capítulo se va a hablar, además de los bobinados de estas máquinas, de los conductores que se emplean para la realización de bobinados en general.

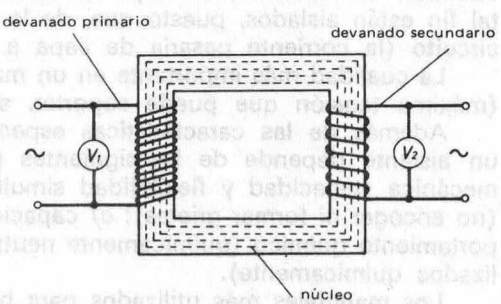


Fig. 28.1 Esquema de un transformador.

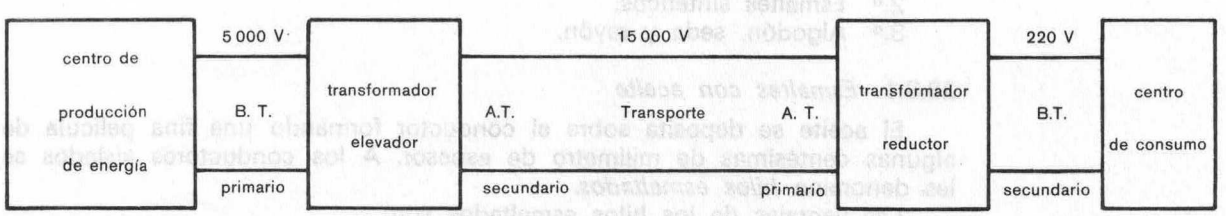


Fig. 28.2 Utilización de los transformadores.

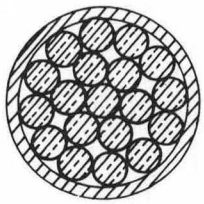


Fig. 28.3 Cables de sección circular para bobinados.

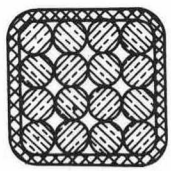


Fig. 28.4 Cables de sección cuadrada para bobinados.

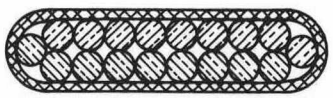


Fig. 28.5 Cables de sección circular para bobinados.

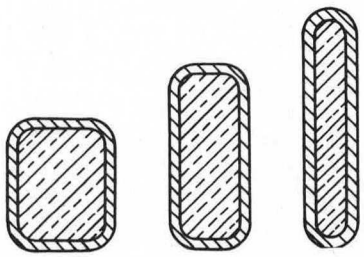


Fig. 28.6 Pletinas para bobinados.

28.2 Conductores empleados en bobinados

En los bobinados de máquinas eléctricas se utilizan, casi exclusivamente, el cobre y el aluminio; sobre todo, el cobre.

Desde el punto de vista mecánico, el cobre posee excelentes propiedades: se estira fácilmente en alambres o en cintas, se puede curvar sin peligro de rotura y puede soldarse fácilmente con estaño.

Para mantener una conductividad adecuada, el grado de pureza del cobre ha de ser muy elevado, del orden del 99,9 %, valor que solamente se alcanza por el refinado mediante la electrólisis.

Según las distintas formas de las bobinas, se adoptan diferentes formas de sección para los conductores. Generalmente se emplean tres tipos de conductores.

1.º *hilos;*
2.º *cables;*
3.º *pletinas.*

28.2.1 *Hilos*

Los hilos (de sección circular) son los más empleados en devanados de varias espiras por bobina; están normalizados los diámetros en los que se fabrica, así como las características eléctricas y mecánicas que debe presentar. Se utilizan con diámetro de hasta 4,5 mm; para secciones mayores, se utilizan cables y pletinas.

28.2.2 *Cables*

En bobinados de secciones superiores a 16 mm² (diámetro 4,5 mm), se utilizan cables por ser más fáciles de manejar. Pueden estar constituidos por uno o más hilos centrales, o *almas,* alrededor de los cuales se trenzan una o más capas de hilos de la misma sección (fig. 28.3).

Estos cables pueden estar también en secciones cuadradas (fig. 28.4) o rectangulares (fig. 28.5), según el espacio a que vayan destinados.

28.2.3 *Pletinas*

Cuando se necesitan secciones grandes, se utilizan pletinas de cobre o aluminio. Estas tienen los bordes redondeados para evitar que los cantos vivos puedan deteriorar el aislamiento (fig. 28.6).

28.3 Materiales aislantes para bobinados

Debido a que, en las bobinas, las distintas espiras que la forman se encuentran en contacto, es imprescindible que los conductores utilizados para tal fin estén aislados, puesto que, de lo contrario, la bobina estaría en cortocircuito (la corriente pasaría de capa a capa buscando el menor recorrido).

La cualidad más importante en un material aislante es su *rigidez dieléctrica* (máxima tensión que puede soportar, sin perforación, dicho material).

Además de las características específicamente dieléctricas, la calidad de un aislante depende de las siguientes propiedades generales: *a)* resistencia mecánica (tenacidad y flexibilidad simultáneamente); *b)* consistencia al calor (no encoger ni formar grietas); *c)* capacidad de absorber la humedad; *d)* comportamiento químico (químicamente neutro, no contener ácidos o estar neutralizados químicamente).

Los materiales más utilizados para hilos aislados de bobinar, son:

1.º Esmaltes con aceite.
2.º Esmaltes sintéticos.
3.º Algodón, seda y rayón.

28.3.1 *Esmaltes con aceite*

El aceite se deposita sobre el conductor formando una fina película de algunas centésimas de milímetro de espesor. A los conductores aislados se les denomina *hilos esmaltados.*

Las ventajas de los hilos esmaltados son:

a) Buenas propiedades dieléctricas.

b) Inalterables a las temperaturas de funcionamiento de las máquinas.
c) Diámetro menor que con aislamiento de materias textiles.

28.3.2 *Esmaltes sintéticos*

De reciente introducción en el mercado. Se obtienen recubriendo el hilo con una solución de resina sintética y calentando la película así depositada.

Tienen las ventajas, sobre los anteriores, de: *a)* mayor rigidez dieléctrica; *b)* permiten mayor temperatura de funcionamiento.

28.3.3 *Algodón, seda y rayón*

El recubrimiento de algodón parece ser el procedimiento más seguro y menos costoso cuando se quiere conseguir una mayor rigidez dieléctrica que los anteriores, aunque reduce la temperatura de funcionamiento.

Cuando los hilos son muy delgados, el recubrimiento de algodón ocuparía mucho espacio; se utiliza pues, la seda natural, que, aunque de mayor precio, es preferible por la economía de espacio que comporta.

Modernamente se emplea, como material aislante, también el *rayón* o seda artificial. Tiene gran resistencia mecánica al rozamiento. La aplicación del rayón sobre el conductor se realiza en forma de hélice. Ofrece las siguientes ventajas:

a) Tensión de ruptura: entre el algodón y seda natural.
b) Espesor de aislamiento: entre seda natural y algodón extrafino.
c) Precio: aproximado al algodón extrafino.

28.4 Impregnación y recubrimiento

Una vez construidas las bobinas o devanados, se impregnan y recubren de barniz aislante, para:

— mejorar sus propiedades dieléctricas;
— aumentar la temperatura de trabajo;
— impedir la penetración de la humedad;
— conglomerar el aislamiento sólido entre espiras;
— aumentar su resistencia mecánica.

Esto se hace introduciendo las bobinas, previamente secadas a 100 °C, en una cuba de vacío. Seguidamente se hace el vacío, con lo que el aire existente entre espiras desaparece; y, por último, se introduce el barniz en la cuba, con lo cual se produce la impregnación.

28.5 Circuitos magnéticos para transformadores

En los transformadores, los núcleos magnéticos están constituidos por chapas magnéticas, laminadas en caliente o en frío *(de grano orientado).*

Las chapas de 0,35 y 0,5 mm de espesor, se disponen en capas por grupos de 3 ó 4, con las juntas de los grupos superpuestos alternadas (fig. 28.7).

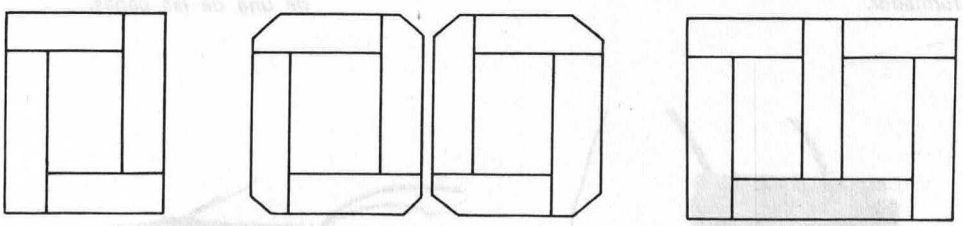


Fig. 28.7 Disposición de las chapas en núcleos de corriente.

En los núcleos de chapas de grano orientado, las imbricaciones han de realizarse con cortes a 45°. La figura 28.8 muestra los extremos de dos capas sucesivas. Es corriente utilizar esta clase de chapas solamente en columnas, siendo las culatas de chapa laminada en caliente (fig. 28.9).

Estas chapas suelen tener formas como las indicadas en la figura 28.10.

Para potencias medias, la sección de los núcleos es de tipo cruciforme, más o menos escalonado (fig. 28.11).

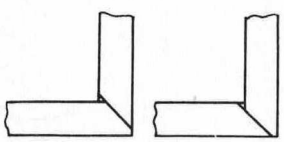


Fig. 28.8 Imbricación de chapas de grano orientado.

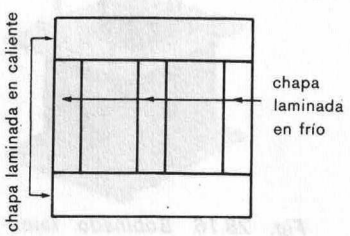


Fig. 28.9 Núcleo mixto.

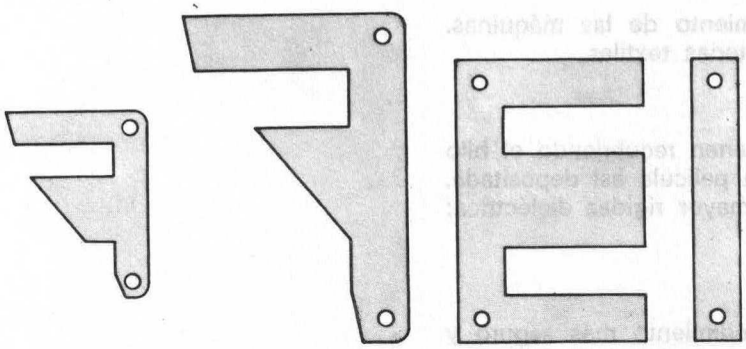


Fig. 28.10 Formas de las chapas de transformadores de pequeña potencia.

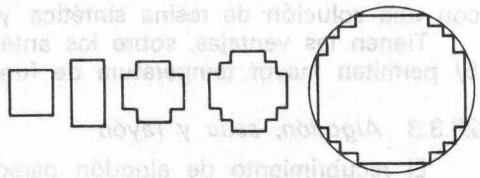


Fig. 28.11 Formas escalonadas de núcleos.

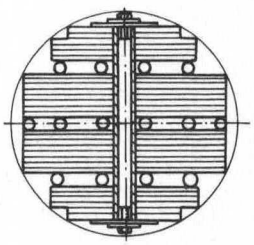


Fig. 28.12 Núcleo para transformador de elevada potencia.

En los transformadores de elevada potencia, se subdividen los paquetes por medio de vigas en *U* o similares; de esta forma se facilita la refrigeración (fig. 28.12).

El conjunto de chapas de cada columna se sujeta con pletinas extremas de material no magnético y se aprietan rígidamente mediante tornillos pasantes o espárragos, aislados con manguitos de cartón presspan.

28.6 Bobinas. Su colocación

Se construyen de hilo o pletina, en forma de disco (fig. 28.13) o en bloques.

Los transformadores de pequeñas potencias se bobinan con hilo, de forma semejante a como se hacen las bobinas de los electroimanes. En las figuras 28.14 a 28.18, pueden verse diversas fases del bobinado y montaje de un transformador monofásico de pequeña potencia. Este transformador sólo lleva un bobinado primario y otro secundario.

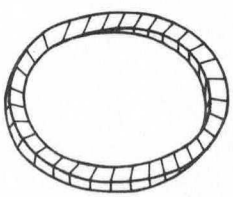


Fig. 28.13 Bobina de pletina plana.

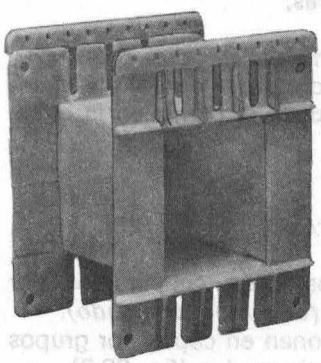


Fig. 28.14 Chasis para transformador.

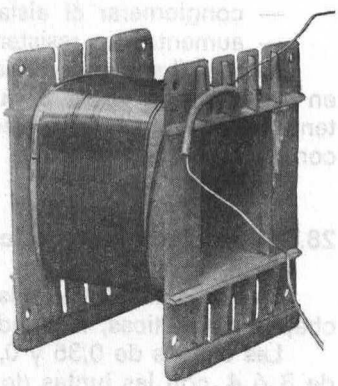


Fig. 28.15 Parte del bobinado de una de las capas.

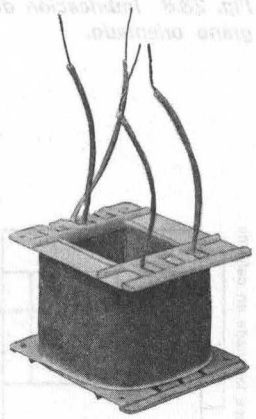


Fig. 28.16 Bobinado terminado.

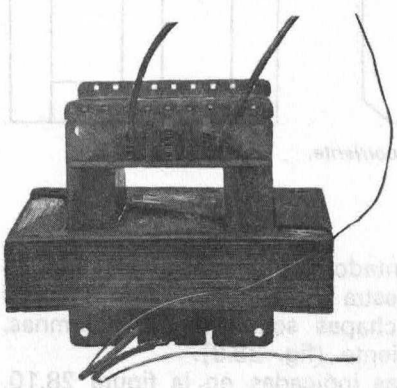


Fig. 28.17 Introducción de las chapas magnéticas.

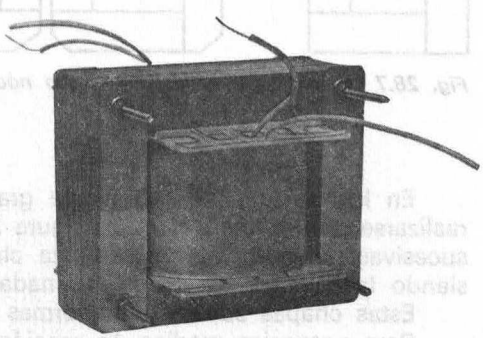


Fig. 28.18 Sujeción de las chapas.

Cuando se desean varias tensiones de salida y bitensión en la entrada, el proceso es el mismo, con la diferencia de que, para cada una de estas diversas tensiones, debe haber una salida cada cierto número de espiras, y una común a todas ellas (en cada uno de los dos devanados: primario y secundario), que será el principio del devanado (fig. 28.19). En la figura 28.20 puede verse un transformador de este tipo, montado con su placa de bornas.

En los transformadores de media y elevada potencia, las bobinas se construyen por separado, como se indicó al principio de la pregunta, y luego se colocan directamente sobre el núcleo, con separadores (fig. 28.21).

Los arrollamientos primarios y secundarios no se colocan sobre columnas diferentes, sino que se bobina uno dentro del otro. El bobinado de baja tensión (B. T.) se coloca siempre en la parte de dentro; ya que, si hay un contacto con el núcleo, es menos peligroso que si lo hace el bobinado de alta tensión (A. T.) (fig. 28.22).

En la figura 28.23 puede verse un transformador trifásico de potencia.

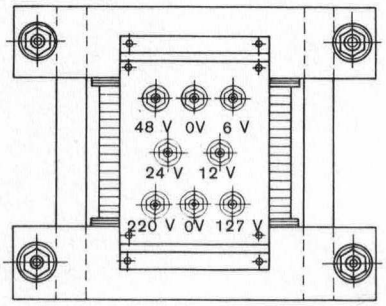


Fig. 28.19 Esquema eléctrico de un transformador con varias tensiones de salida y dos de entrada.

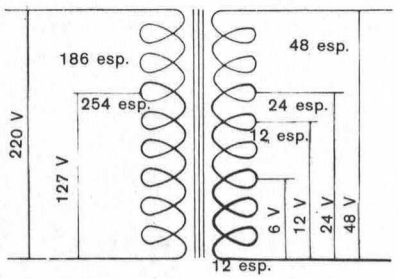


Fig. 28.20 Placa de bornas del transformador de la figura 27.18.

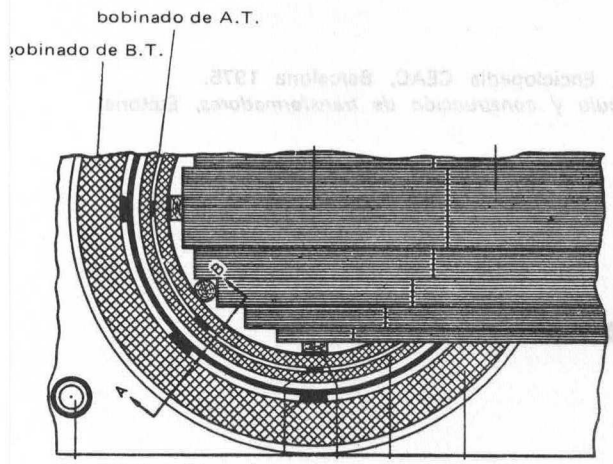


Fig. 28.22 Disposición de los bobinados de alta y baja tensión.

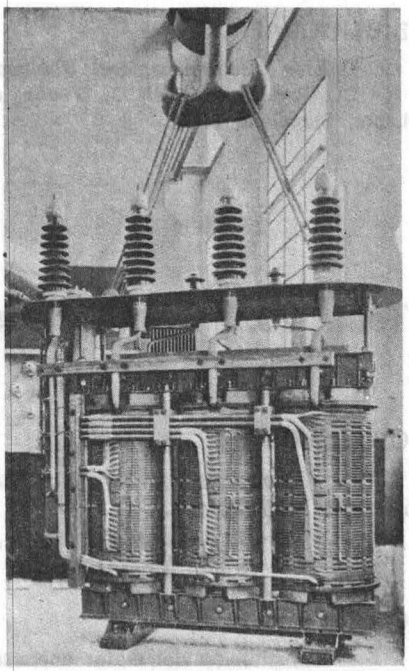


Fig. 28.23 Transformador trifásico de 5 000 kVA.

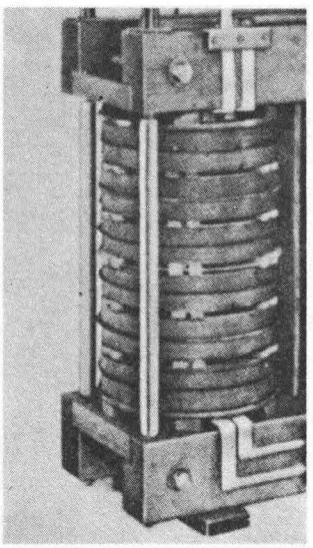


Fig. 28.21 Disposición de las bobinas en las columnas del transformador.

28.7 Bobinados toroidales

Este tipo de bobinados se realizan a mano, por lo que resultan caros de mano de obra.

Su utilización es reducida y puede decirse que únicamente se utilizan para autotransformadores regulables y para reóstatos.

En el caso de autotransformadores, se utiliza hilo de cobre, que se va arrollando sobre un núcleo de forma toroidal (fig. 28.24). En la figura 28.25 puede verse un autotransformador regulable para pequeña potencia.

En la fabricación de reóstatos se utilizan hilos de aleaciones resistivas, dependiendo del valor de resistencia que se desea en el reóstato. En la figura 28.26 puede verse un reóstato.

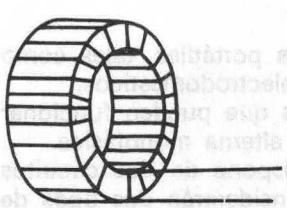


Fig. 28.24 Devanado toroidal.



Fig. 28.26 Reóstatos.

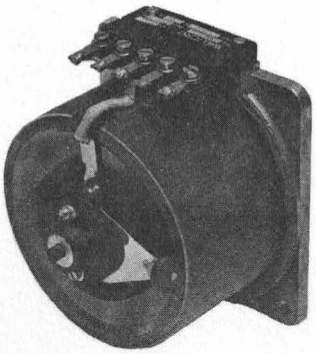


Fig. 28.25 Autotransformador regulable.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Procedimiento de extracción del cobre puro mediante electrólisis.
— Maleabilidad y ductilidad del cobre.
— Utilización de los transformadores de pequeña potencia.

CUESTIONARIO

28.1 ¿Qué es un transformador?
28.2 ¿Cuáles son los tipos de conductores que generalmente se emplean para bobinas?
28.3 ¿Qué diferencia existe entre ellos?
28.4 ¿Por qué los conductores para bobinado llevan una capa aislante?
28.5 ¿Qué tipos de aislantes se utilizan?
28.6 ¿Para qué se hace la impregnación de las bobinas?
28.7 ¿Cómo se construyen los circuitos magnéticos para transformadores?
28.8 En un transformador, ¿qué hilo es más grueso, el del primario o el del secundario?
28.9 En los transformadores de potencia, las bobinas se colocan en el núcleo con separadores; ¿para qué?

BIBLIOGRAFIA

Talleres electromecánicos. Bobinados, Enciclopedia CEAC, Barcelona 1975.
CORRALES MARTIN J., *Teoría, cálculo y construcción de transformadores,* Editorial Labor, Barcelona 1960.

Tema 29. **Bobinado de motores**

OBJETIVOS

— *Introducción a la constitución y funcionamiento de los motores universales y trifásicos.*
— *Estudiar el proceso apto para realizar bobinados de motores.*
— *Diferenciar los bobinados polares, rotóricos y estatóricos.*

GUION

— Constitución del motor universal.
— Bobinas polares.
— Bobinado del inducido.
— Proceso de bobinado del inducido.
— Motores trifásicos.
— Bobinado de los motores trifásicos.
— Conexionado.

PUNTOS CLAVE

— Distinguir entre bobinados rotóricos y estatóricos.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

— Partes de que consta un motor.

EXPOSICION DEL TEMA

29.1 Constitución del motor universal

Estos motores son los más empleados en aparatos portátiles, tales como taladradoras, máquinas de afeitar y gran cantidad de electrodomésticos.

Reciben el nombre de *motores universales* aquellos que pueden funcionar indistintamente con corriente continua y con corriente alterna monofásica.

Su constitución puede verse en la figura 29.1. Dispone de dos circuitos eléctricos, el estatórico y el rotórico, por lo que se considerarán dos tipos de bobinados: bobinado inductor y bobinado inducido.

En la figura 29.2, puede verse el motor montado.

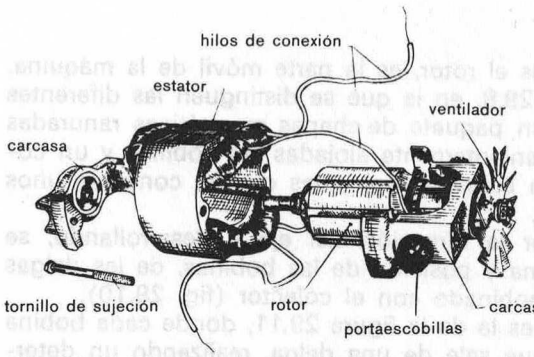


Fig. 29.1 Despiece de un motor universal.

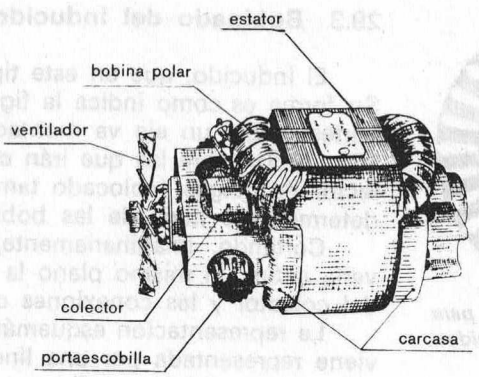


Fig. 29.2 Motor universal montado.

29.1.1 *Funcionamiento*

Todo conductor recorrido por una corriente crea alrededor de sí un campo magnético circular.

A su vez, un campo magnético circular que se halla en el seno de otro campo, reacciona creando un par de fuerzas en los conductores, que hacen que éstos giren arrastrando en su movimiento al rotor.

29.2 **Bobinas polares**

Son las bobinas que se colocan alrededor de los polos en el estator.

Para construir estas bobinas, primero se diseña un molde de madera de dimensiones apropiadas para la bobina (fig. 29.3). A continuación, se procede a devanar el número de espiras determinado; una vez terminada, se saca la bobina del molde y se comienza a encintar (fig. 29.4). Ya encintada, se le da la forma necesaria, mediante un molde de madera, para que quede ajustada en el polo (fig. 29.5), quedando terminada como se ve en la figura 29.6.

La colocación no tiene mucha dificultad; se debe terminar de moldearla con las manos, como indica la figura 29.7.

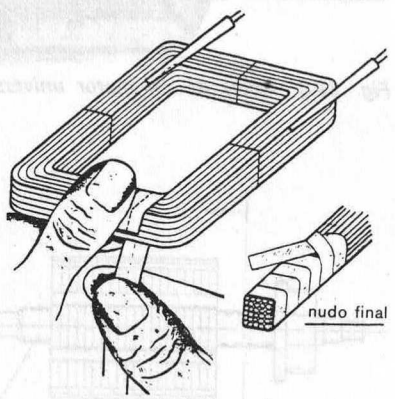


Fig. 29.4 Encintado de la bobina.

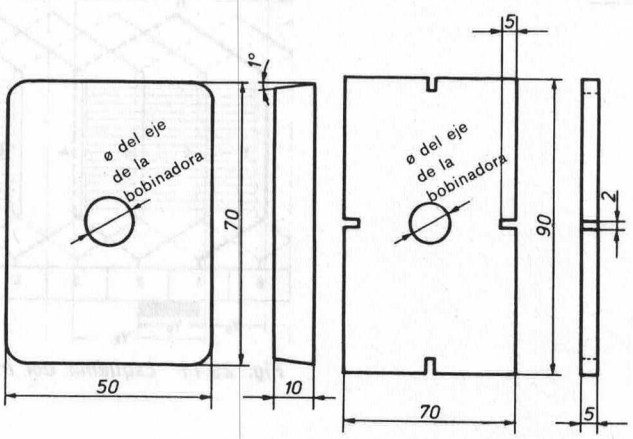


Fig. 29.3 Molde para bobina polar.

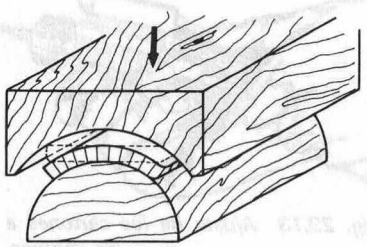


Fig. 29.5 Conformación de la bobina.

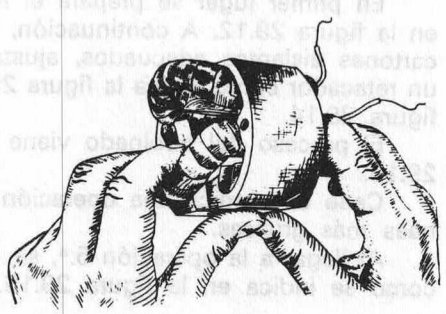


Fig. 29.7 Colocación de las bobinas polares.

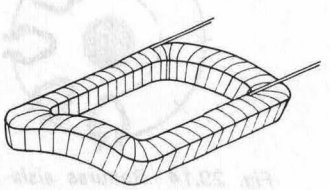


Fig. 29.6 Bobina polar.

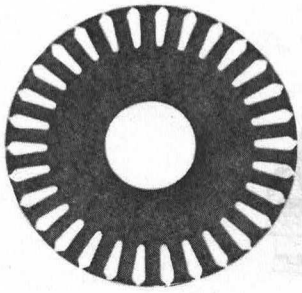


Fig. 29.9 Chapa magnética para inducidos.

29.3 Bobinado del inducido

El inducido, que en este tipo es el rotor, es la parte móvil de la máquina. Su forma es como indica la figura 29.8, en la que se distinguen las diferentes partes: sobre un eje va montado un paquete de chapas magnéticas ranuradas (fig. 29.9) sobre las que irán convenientemente alojadas las bobinas y un colector de delgas (colocado también sobre el eje) a las que se conectan unos determinados hilos de las bobinas.

Cortando, imaginariamente, por la dirección del eje y desarrollando, se vería sobre un mismo plano la forma y posición de las bobinas, de las delgas del colector y las conexiones del bobinado con el colector (fig. 29.10).

La representación esquemática es la de la figura 29.11, donde cada bobina viene representada por una línea que sale de una delga, realizando un determinado recorrido hasta llegar a otra de las delgas del colector.

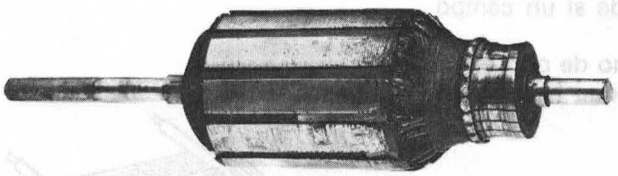


Fig. 29.8 Rotor de un motor universal.

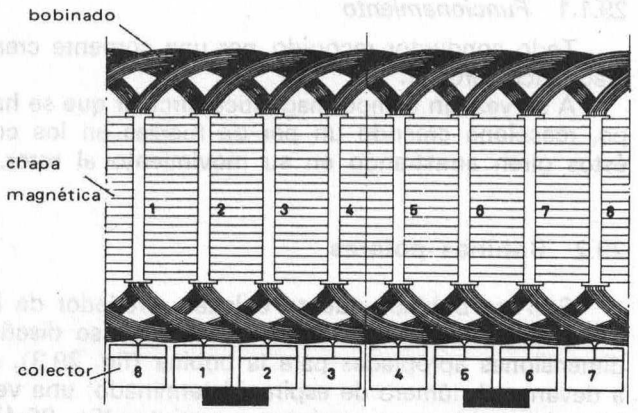


Fig. 29.10 Desarrollo del inducido.

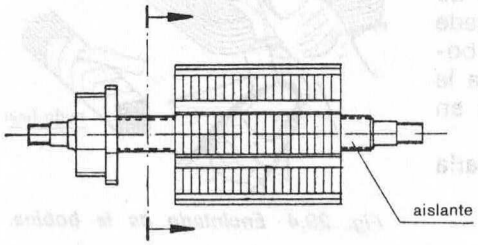


Fig. 29.12 Aislamiento del eje.

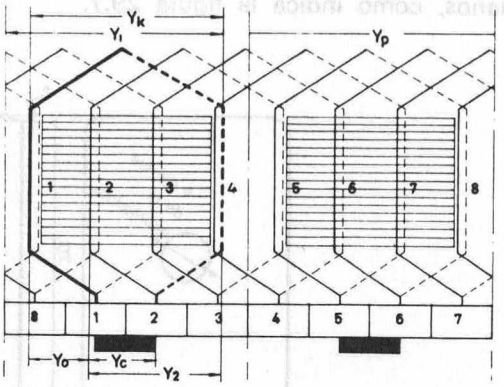


Fig. 29.11 Esquema del inducido.

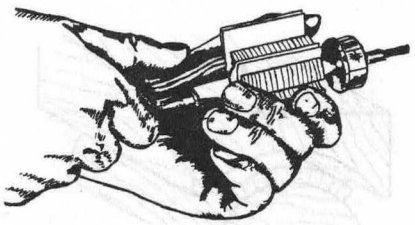


Fig. 29.13 Ajuste de los cartones a las ranuras.

29.4 Proceso de bobinado del inducido

En primer lugar se prepara el inducido, aislando los ejes como se indica en la figura 29.12. A continuación, se introducen en todas las ranuras sendos cartones aislantes adecuados, ajustados los cartones a las ranuras mediante un retacador como indica la figura 29.13, dejando el inducido como se ve en la figura 29.14.

El proceso del bobinado viene indicado en las ocho figuras de la figura 29.15.

Cada una indica una operación de bobinado, que se hace resaltar por líneas más gruesas.

Al llegar a la operación 5.ª, se introducirá en cada ranura un aislante fino, como se indica en la figura 29.16.

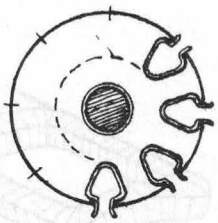


Fig. 29.14 Ranuras aisladas con cartones.

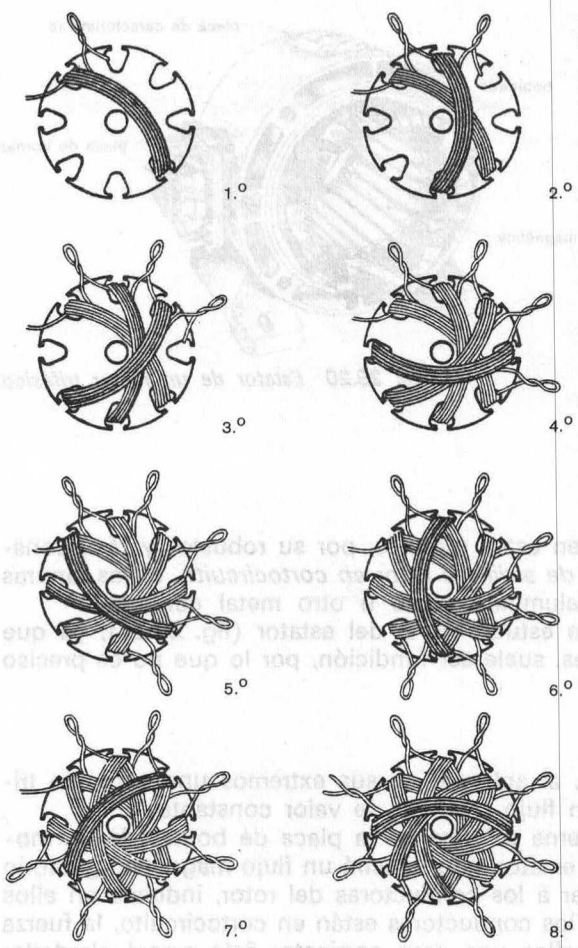


Fig. 29.15 Proceso de bobinado.

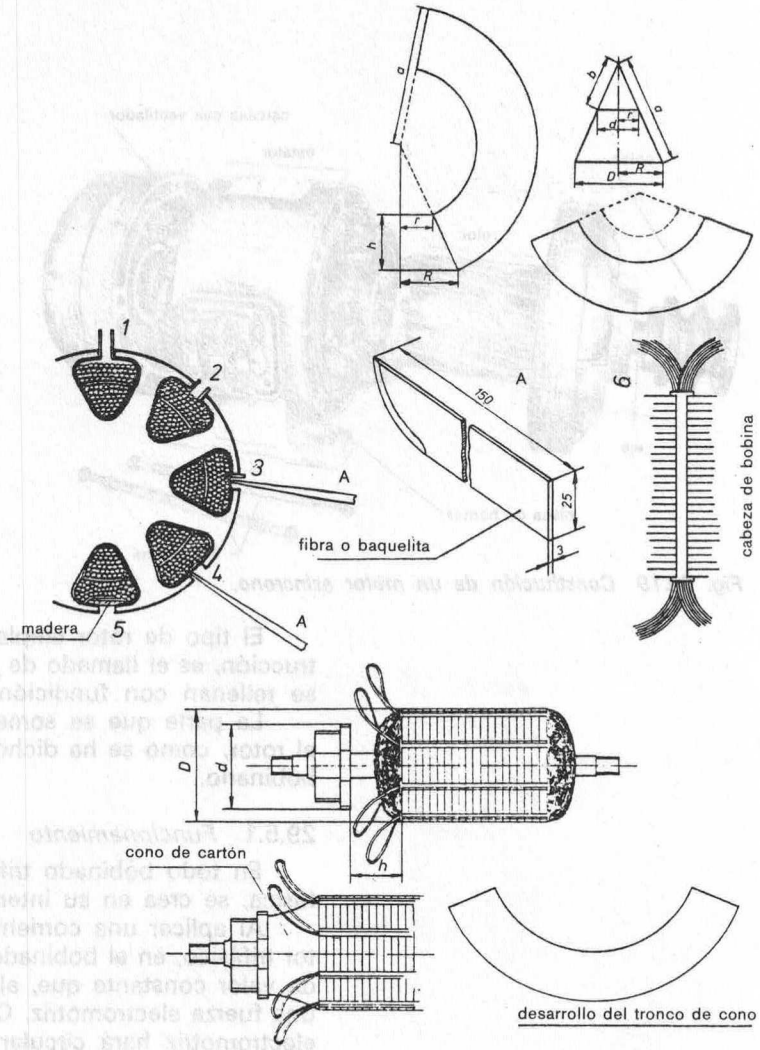


Fig. 29.16 Separaciones entre bobinas de una misma ranura y cuña final.

En la 8.ª operación, los dos hilos no unidos, que se unirán en la delga correspondiente, representan el principio y el final del bobinado.

A continuación se realizan las conexiones según el esquema o como indica la figura 29.17.

Una vez hecho esto, se realiza el amarre, que se hace con hilo o cordón adecuado, como indica la figura 29.18, y luego se procede al barnizado.

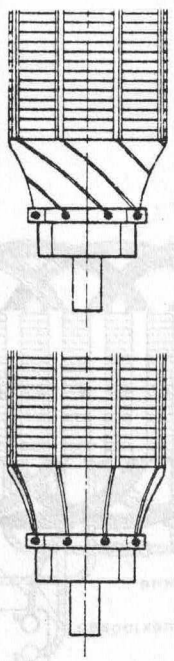


Fig. 29.17 Conexiones del bobinado a las delgas.

29.5 **Motores trifásicos**

Estos motores son los más empleados en la industria, sobre todo el motor asíncrono.

La constitución de estos motores puede verse en la figura 29.19, donde se detallan todas sus partes.

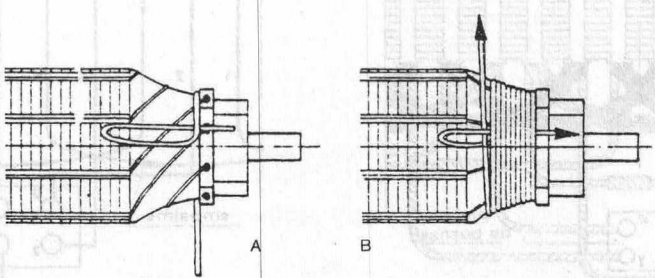


Fig. 29.18 Operación de amarre: A, *principio;* B, *final.*

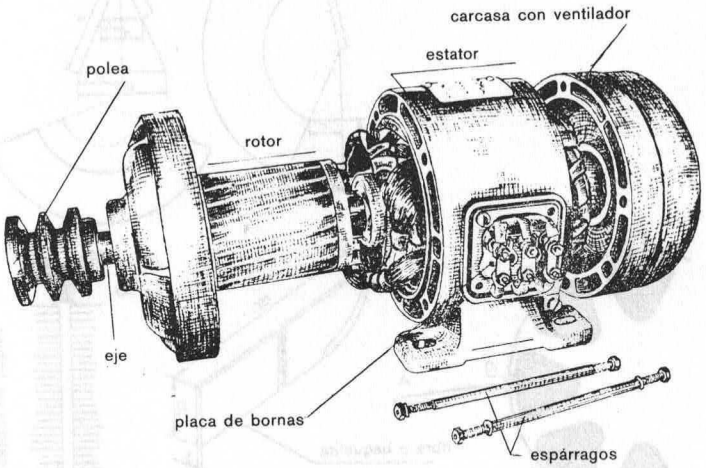


Fig. 29.19 Constitución de un motor asíncrono.

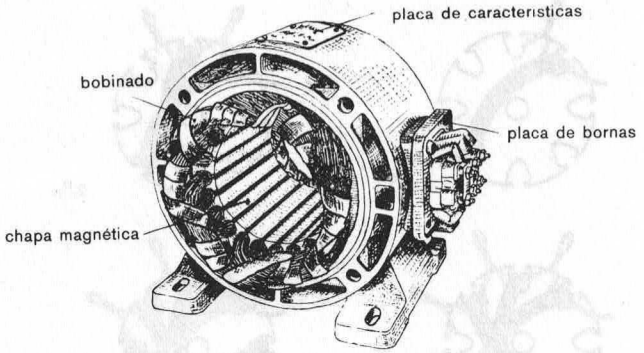


Fig. 29.20 Estator de un motor trifásico.

El tipo de rotor empleado en estos motores, por su robustez y fácil construcción, es el llamado de *jaula de ardilla o rotor en cortocircuito,* cuyas ranuras se rellenan con fundición de aluminio, cobre u otro metal conductor.

La parte que se someterá a estudio es la del estator (fig. 29.20), ya que el rotor, como se ha dicho antes, suele ser fundición, por lo que no es preciso bobinarlo.

29.5.1 *Funcionamiento*

En todo bobinado trifásico, al aplicarle en sus extremos una corriente trifásica, se crea en su interior un flujo giratorio de valor constante.

Al aplicar una corriente alterna trifásica en la placa de bornas de un motor trifásico, en el bobinado del estator se producirá un flujo magnético giratorio de valor constante que, al cortar a los conductores del rotor, inducirá en ellos una fuerza electromotriz. Como los conductores están en cortocircuito, la fuerza electromotriz hará circular por ellos una gran corriente; ésta creará alrededor de ellos un campo magnético que, según la ley de Lenz, se opone al campo que lo origina. Debido a esto, los conductores del rotor girarán siguiendo el flujo giratorio del estator haciendo girar el rotor y transformando la energía eléctrica recibida en la placa de bornas en energía mecánica que se obtiene en el eje.

29.6 **Bobinado de los motores trifásicos**

Si se sierra y desarrolla el estator de la figura 29.20, se verán las bobinas y demás elementos como se indica en la figura 29.21 y que esquemáticamente se representa como se ve en la figura 29.22.

Los lados activos de las bobinas (parte que se introduce en la ranura) se representan con trazos rectos; y las cabezas, mediante semielipses o líneas rectas en forma de tejado.

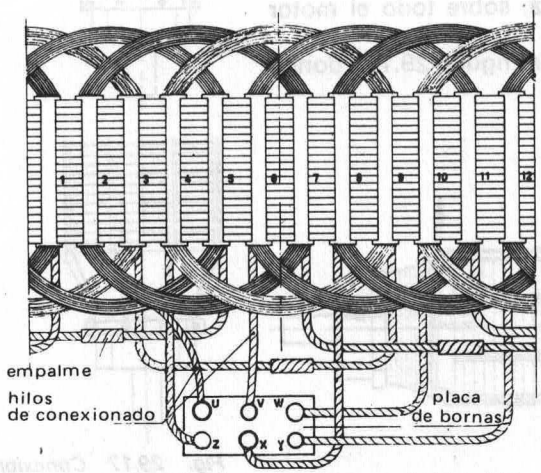


Fig. 29.21 Desarrollo del bobinado estatórico.

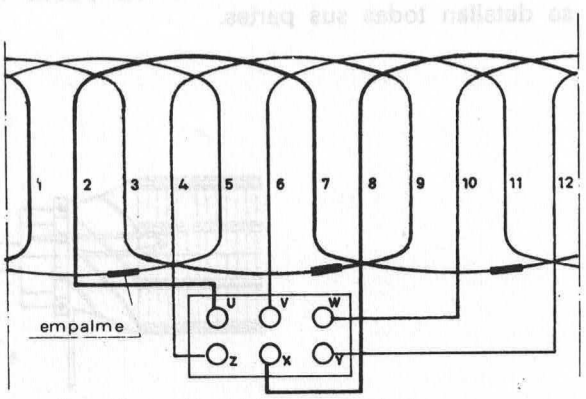


Fig. 29.22 Esquema de un motor asíncrono trifásico.

29.6.1 *Tipos de bobinados*

Los tipos que se emplean en bobinados estatóricos de motores trifásicos son dos: *concéntricos* y *excéntricos.*

Tipos de bobinados
- Concéntricos: Sus cabezas son concéntricas y cada bobina tiene distinta anchura.
- Excéntricos
  - Imbricado de una capa o una bobina por ranura.
  - Imbricado de dos capas o de dos bobinas por ranura.
  - Onduladas.

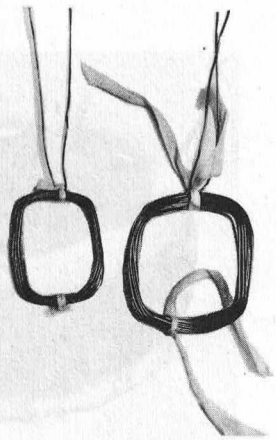


Fig. 29.23 Bobinas fabricadas con moldes.

29.6.2 *Realización del bobinado*

Una vez vacío el estator, se aíslan las ranuras con cartón, semejante a como se hizo en los rotores.

Se calculan las medidas de los moldes para las bobinas, teniendo en cuenta las medidas de la longitud del arco (distancia entre las dos ranuras de una misma bobina) y el ancho del estator.

Una vez realizadas las bobinas (fig. 29.23), se procede a su colocación en el estator. La figura 29.24 indica la manera de introducir un lado activo de la bobina en su correspondiente ranura. A continuación, se introducen, una por una, todas las bobinas siguiendo las directrices del esquema, quedando el bobinado como se ve en la figura 29.25. En cada ranura debe meterse una cuña de madera, cartón o similar, para impedir que salgan las espiras.

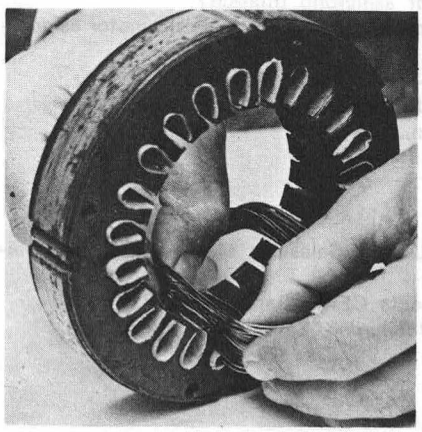


Fig. 29.24 Introducción de la primera bobina.

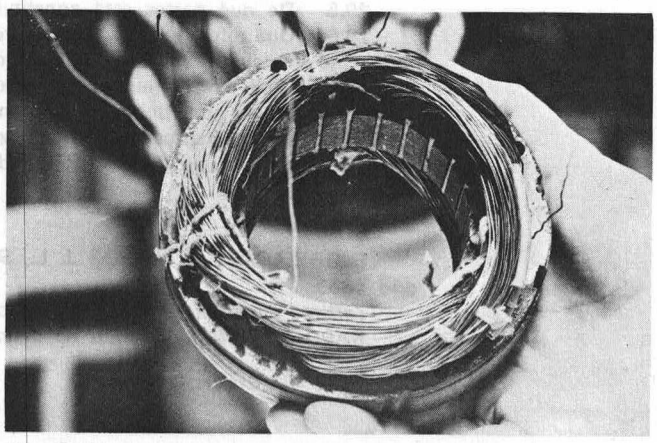


Fig. 29.25 Estator con todas las bobinas introducidas.

29.7 **Conexionado**

Las conexiones se realizarán soldando los hilos de acuerdo con el esquema del bobinado, debiendo quedar perfectamente aislados dichos empalmes, para lo que se usan pequeños tubos aceitados o macarrón plástico (fig. 29.26).

Si las conexiones se han realizado correctamente, al final quedarán seis hilos, que corresponden a los principios y finales de cada una de las fases del bobinado (3 fases). Estos hilos se sacan, a través de un orificio, al exterior de la carcasa.

A continuación, se procede al atado de las cabezas, que consiste en atar fuertemente entre sí las cabezas de las bobinas, como también los terminales que salen de ellas, con cinta de algodón (fig. 29.27).

Por último se conectan los 6 hilos a la placa de bornas del motor, debiendo indicar con las letras *U*, *V* y *W* los principios de fases, y con *X*, *Y* y *Z*, los finales.

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Realizar un estudio sobre la constitución y funcionamiento del motor monofásico. Procurar ilustrarlo extensamente.

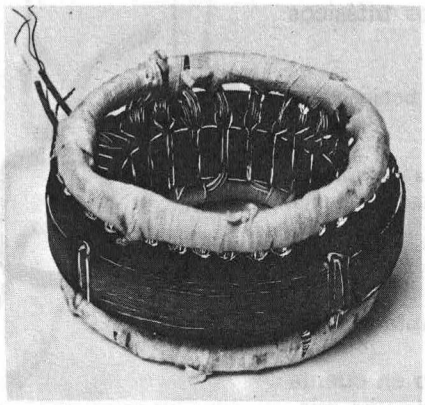


Fig. 29.27 Atado de las cabezas.

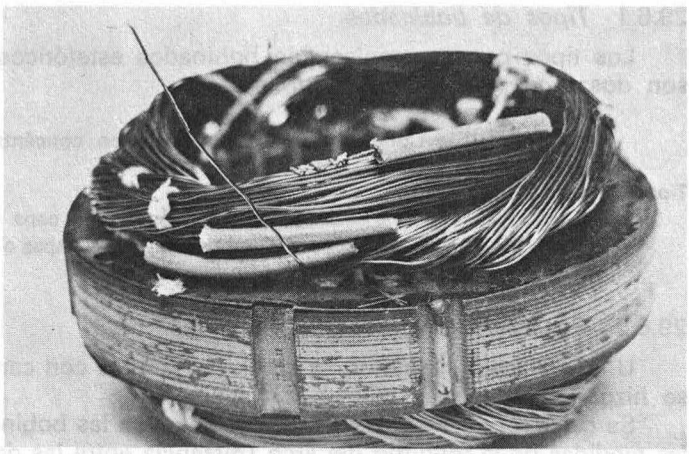


Fig. 29.26 Detalle de los empalmes.

CUESTIONARIO

29.1 ¿Para qué se encintan las bobinas polares?
29.2 ¿Qué función realizan las delgas en el motor universal?
29.3 ¿Cuál es la principal ventaja de los motores universales?
29.4 ¿Es necesario siempre colocar cartón aislante en las ranuras del rotor? ¿Por qué?
29.5 ¿De qué partes está constituido el motor asíncrono trifásico?
29.6 ¿Qué diferencia hay entre el rotor de un motor universal y el de un motor asíncrono? ¿Qué ventajas tiene uno sobre el otro?
29.7 ¿Cuál es el principio de funcionamiento del motor trifásico?
29.8 Dibujar una bobina y diferenciar los lados activos de las cabezas.
29.9 Los bobinados excéntricos se dividen en...
29.10 ¿A qué se llama longitud de arco de una bobina?

BIBLIOGRAFIA

ELORRIAGA S. y MUÑOZ J. L., *Bobinados,* Librería Salesiana María Auxiliadora, Madrid 1969.

Talleres electromecánicos. Bobinados, Enciclopedia CEAC, Barcelona 1975.

RAPP J., *Tratado práctico de Electrotecnia: Bobinados,* Editorial Vagma, Bilbao.

13. Normalización

Tema 30. Simbología y normalización

OBJETIVOS

— *Comprender la necesidad de una normalización.*

— *Identificación de las representaciones esquemáticas por el modo de sus conexiones.*

— *Dominar los recursos especiales que se emplean en representaciones esquemáticas.*

— *Identificar los dispositivos eléctricos por su simbología y de acuerdo con la norma UNE.*

GUION

— Normalización.
— Hojas de normas.
— Aplicación de las normas.
— Esquemas.
— Simbología.
— Algunas normalizaciones eléctricas.

PUNTOS CLAVE

— Necesidad de atenerse a las normas reconocidas.
— Símbolos.
— Algunas normalizaciones eléctricas.

EXPOSICION DEL TEMA

Como ha sucedido en otras ramas industriales-mecánica, química, minería, industria textil, etc., la extensión práctica de la tecnología electrónica ha obligado a la unificación de criterios para la fabricación de los productos, transporte, reparación y recambio, ensayos de garantía y cualquier detalle que ayude a la mejor utilización y representación de los productos en general.

30.1 Normalización

Es fácil justificar la carestía de algunos productos si se piensa en su proceso de fabricación. Se puede igualmente suponer que el precio de estos productos sería muy elevado de no fabricarse mediante procedimientos estandarizados y aun se tropezaría con otro inconveniente, posiblemente mayor, que es el no poder conseguir otro elemento igual al anterior y, como consecuencia, la imposibilidad de recambiar una pieza desajustada o estropeada por otra idéntica.

Desde el punto de vista de la economía, de la perfección y hasta de la sa-

tisfacción de los compradores, conviene la simplificación, que consiste en limitar, a uno o a pocos, los tipos o modelos de los productos fabricados.

La Tipificación, Normalización o Estandarización Industrial consiste en la unificación general de los medios de producción, métodos y material.

De esta labor de normalización se encargan organismos técnicos especializados en las diversas materias. Ellos adoptan las soluciones que mejor responden a la perfección, la técnica, la sencillez y la practicidad.

30.2 Hojas de normas

Las soluciones de esos organismos de normalización se publican en hojas a propósito llamadas *hojas de normas.* Fabricantes y proyectistas deben atenerse a tales disposiciones, salvo cuando especialísimas razones se lo impidan.

30.3 Aplicación de las normas

Las normas tienen un campo de aplicación muy extenso según del orden que sean.

Hay unas *Normas Fundamentales,* para unificar todo lo referente a las unidades de medida, símbolos y anotaciones, formatos y marcas de materiales de dibujo y fabricación de elementos tales como ejes, roscas, etc.

Hay *normas de materiales,* que especifican las definiciones y características de los materiales empleados en las distintas ramas de la industria, evitando, de este modo, malentendidos en las transacciones comerciales.

Las *normas de dimensiones,* que especifican las medidas de las piezas normalizadas, facilitando su fabricación y su intercambiabilidad.

30.4 Esquema

Se entiende por *esquema* la representación que muestra cómo se conectan y se relacionan entre sí las diferentes partes de una red, de una instalación, de un conjunto de aparatos o de un aparato.

30.4.1 *Tipos de esquemas*

De acuerdo con la definición, los esquemas pueden dividirse como sigue:

30.4.1.1 *Esquema funcional*

Es un dibujo cuyo objetivo es hacer comprender el principio de funcionamiento. Se representa, mediante símbolos o figuras sencillas, una instalación o parte de una instalación, sin que sea necesario indicar todas las conexiones (fig. 30.1).

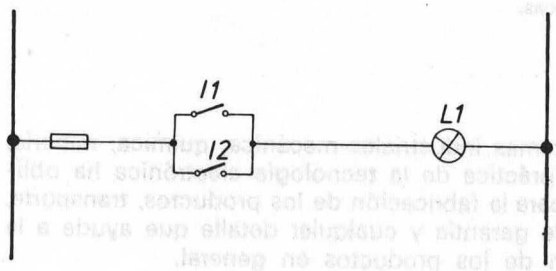


Fig. 30.1 Esquema funcional.

30.4.1.2 *Esquema de circuitos*

Es un esquema explicativo, cuyo fin es conocer todos los detalles de funcionamiento.

Se representan todas las conexiones eléctricas, mediante los símbolos correspondientes, para un mejor conocimiento del esquema (fig. 30.2).

30.4.1.3 *Esquema equivalente*

Es el especialmente destinado para el análisis y el cálculo de las características de un elemento del circuito o de un conjunto (fig. 30.3).

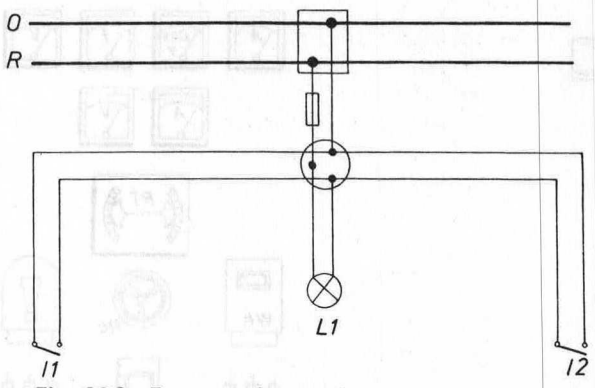


Fig. 30.2 Esquema de circuito.

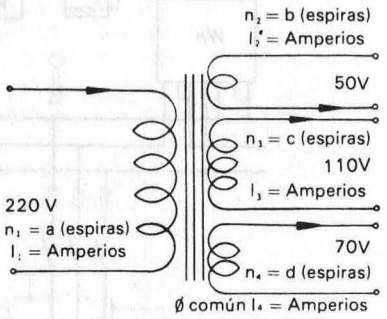


Fig. 30.3 Esquema equivalente.

30.4.1.4 *Esquema de conexiones interiores*

Se emplea para representar las conexiones interiores de una instalación (fig. 30.4).

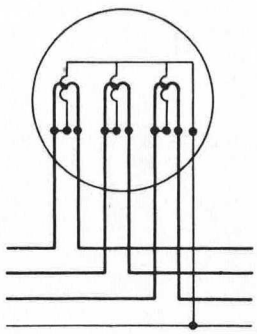


Fig. 30.4 Esquema de conexiones interiores.

30.4.1.5 *Esquema de conexiones exteriores*

Representa las conexiones exteriores entre diferentes partes de una instalación (fig. 30.5).

30.4.2 *Clases de representación de esquemas*

En las conexiones eléctricas de conductores, es interesante conocer las representaciones siguientes:

Representación unifilar, en la que se pueden representar circuitos polifásicos, por un solo trazo (fig. 30.6).

Representación multifilar, en la que cada conductor se representa por una línea particular (fig. 30.7).

Representación conjunta, en la que los símbolos de todos los elementos de una instalación se presentan próximos al esquema (fig. 30.8).

Representación topográfica, en la que se representa topográficamente la disposición de los símbolos sobre el esquema (fig. 30.9).

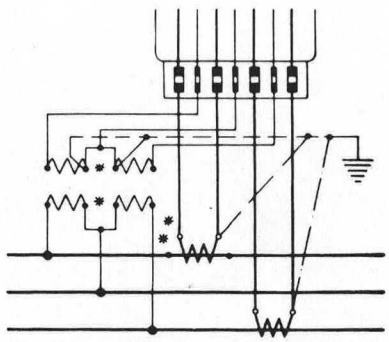


Fig. 30.5 Esquema de conexiones exteriores.

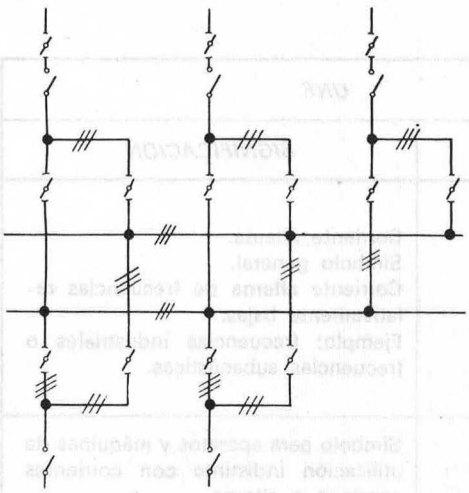


Fig. 30.6 Representación unifilar.

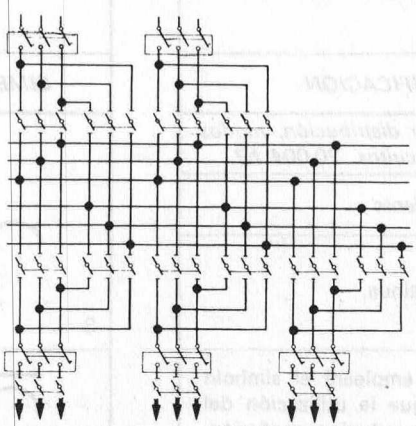


Fig. 30.7 Representación multifilar.

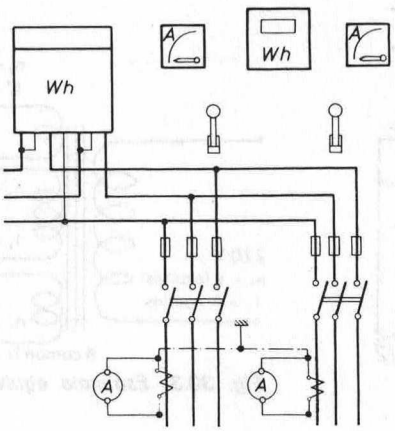


Fig. 30.8 Representación conjunta.

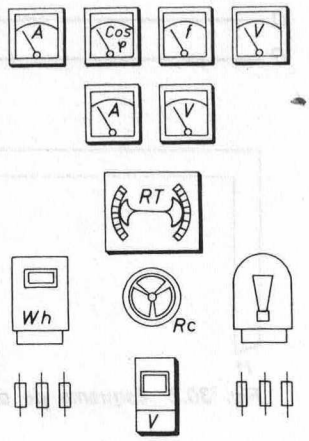


Fig. 30.9 Representación topográfica.

30.5 Aplicación de los símbolos

La extensión de las ciencias eléctrica y electrónica obliga a agrupar los símbolos utilizados en las representaciones, por afinidad de materias.

Así, las normas separan, por ejemplo, la simbología de máquinas eléctricas de la naturaleza de la corriente, de aparatos de medida, de los símbolos utilizados en edificaciones, de los elementos semiconductores, y un largo etcétera.

Cada una de estas divisiones, que por sí mismas constituyen *normas* diferentes lleva una denominación numérica y un título que las distingue de las demás.

Las posibilidades de utilización están también señaladas en las normas y, aunque es preciso utilizarlas fielmente, hay dispositivos que, como tales, no están normalizados pero pueden obtenerse con la agrupación de otros símbolos, generalmente más elementales.

Se exponen, a continuación, los símbolos más utilizados en este curso y se ampliarán en la asignatura de dibujo del curso siguiente *(Técnicas de Expresión Gráfica 1.2,* de esta misma Editorial).

30.6 Utilización de los símbolos

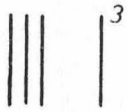
Los símbolos gráficos del 1 al 10 se pueden emplear solos, aunque es corriente verlos junto a otros en máquinas, aparatos o líneas, para precisar la naturaleza de la corriente, el modo de conexión de un devanado o la clase de sistema de distribución. Se utilizan también en las placas de características de máquinas y aparatos eléctricos.

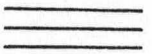
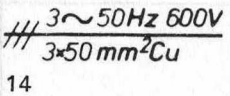
En algunos símbolos se ha utilizado la denominación sólo para corriente; los mismos símbolos sirven, en sentido análogo, también para tensión.

Símbolos eléctricos según normas UNE

UNE	
SIMBOLOS	*SIGNIFICACION*
Naturaleza de la corriente, sistemas de distribución, modos de conexión y elementos de los circuitos. 20 004 h2.	
Naturaleza de la corriente	
1 ———	1 Corriente continua.
2 — — — —	Unicamente se empleará el símbolo 2 en caso de que la utilización del símbolo 1 pueda inducir a confusión.

UNE	
SIMBOLOS	*SIGNIFICACION*
3 ~	Corriente alterna. Símbolo general. Corriente alterna de frecuencias relativamente bajas. Ejemplo: frecuencias industriales o frecuencias subacústicas.
4 ≂	Símbolo para aparatos y máquinas de utilización indistinta con corrientes continua o alterna.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Sistemas de distribución	
5 	Corriente alterna de *m* fases y frecuencia *f*.
6 	Corriente alterna monofásica de 25 Hz.
Modo de conexión de los devanados	
7	Un devanado.
8 	Tres devanados separados.
9 	Devanado trifásico, conexión en triángulo.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
10 	Devanado trifásico, conexión en estrella.
Conductores	
11	Un conductor o un grupo de varios conductores.
12 13 	Tres conductores. Cuando el símbolo multifilar contenga más de 4 líneas, se recomienda formar grupos de 3 líneas, comenzando por arriba. El grupo inferior podrá estar constituido por 1 ó 2 líneas.
14 	Circuito de corriente trifásica, de 50 Hz, 600 V, con 3 conductores de 50 mm² de sección de cobre.

30.7 Normas para la representación de símbolos

Las líneas eléctricas de importancia, tensión, polaridad o clase de servicio diferente pueden diferenciarse por el espesor de los trazos.

Instalaciones de diferente potencia o importancia se diferenciarán, si se desea, por los tamaños de los símbolos de conexión.

El número de rayas transversales inclinadas cortas indica el número de conductores o circuitos de corriente, caso de que estas rayas cortas sean transversales verticales.

Cuando se desea especificar las características de los conductores y el sistema de distribución, *sobre el trazo horizontal* y en este orden, se citarán:

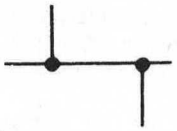
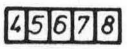
a) Naturaleza de la corriente o sistema de distribución.
b) Frecuencia.
c) Tensión.

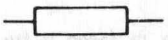
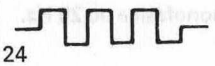
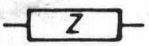
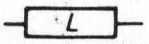
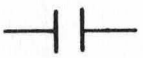
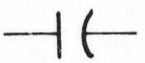
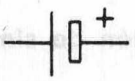
Bajo el trazo horizontal y en el orden que se citan, las características siguientes:

a) Si todos los conductores tienen la misma sección se indicará, en primer lugar, su número; a continuación, y separada de dicho número por el signo *x*, la sección de un conductor, en milímetros cuadrados.

b) Si son de distinta sección, se representará según se ha indicado antes, cada uno de los grupos de conductores de igual sección, separando las indicaciones de los distintos grupos por un signo +.

A continuación se indicará el símbolo químico del metal que constituya el conductor.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Terminales y conexiones de conductores	
15 ● 16 ○	Terminal, conexión de conductores. Si en los aparatos en los que el elemento de contacto móvil está articulado sobre uno de los contactos fijos se desea especificar a qué terminal corresponde la articulación, se utilizará el punto negro para este terminal y el blanco para el otro.
17  18 	Derivación.
19 	Doble derivación.
20 	Canalizaciones cruzadas y conectadas.
Aparatos diversos 20 004 h4	
21 	Regleta terminal.
Resistencias, bobinas y condensadores.	
22 	Variabilidad, símbolo general (inclinación 45°).

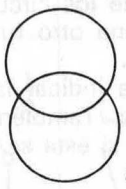
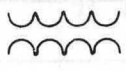
UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
23 	Resistencia.
24 	Resistencia no reactiva.
25 	En el caso de que no sea necesario especificar si es reactiva o no.
26 	Impedancia.
27  28 	Inductancia.
29  30 	Bobina, devanado.
31  32 	Condensador. La distancia, entre los trazos paralelos correspondientes a las armaduras, estará comprendida entre 1/3 y 1/5 de su longitud. No se emplearán las dos formas en un mismo esquema.
33 	Condensador electrolítico polarizado.

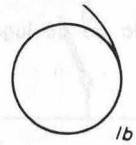
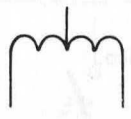
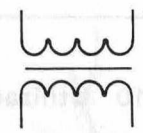
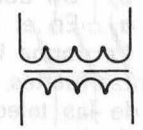
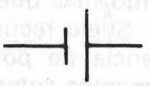
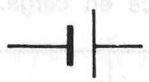
Los símbolos 24, 25 y 28 podrán ser dibujados con un número arbitrario de almenas, zig-zag o semicírculos, excepto cuando a dicho número se le dé un significado especial.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Otros elementos.	
34 	Tierra, toma de tierra.
35 	Masa, toma de masa.

30.8 Utilización de los símbolos

Las dimensiones relativas de los diferentes símbolos y de sus elementos, usados en este tema, no son de obligatorio cumplimiento.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Máquinas, transformadores, baterías. 20 004 h3. Elementos de símbolos y su designación. Máquinas.	
36 	Generador.
37 	Motor.
Máquinas de inducción	
38  39 	Motor de inducción con rotor cortocircuitado. Símbolo general (2 variantes).
Transformadores	
40  *Ib*	Transformador con dos devanados separados.
41  *IIb*	

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
42  *Ib* 43  *IIb*	Autotransformador.
44 	Si es preciso indicar la presencia de un núcleo, se hará como se indica en esta norma. Ejemplo: Transformador con un núcleo (se entiende ferromagnético, de no indicar otra cosa).
45 	Si se desea indicar la existencia de un entrehierro en el núcleo, podrá hacerse en la forma que se indica en esta norma. Ejemplo: Transformador con núcleo ferromagnético y con entrehierro.
Pilas y acumuladores	
46  47 	Elemento de pila o acumulador.

30.9 Utilización de los símbolos

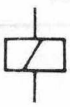
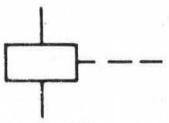
Los elementos de los relés electromecánicos suelen tener, en general, los dispositivos de accionamiento siguientes:

a) Uno o varios electroimanes con uno o varios devanados.

b) Conexiones mecánicas, ocasionalmente, entre electroimanes y contactos.

c) Contactos.

Los contactos se accionarán simultáneamente, siempre que no se indique lo contrario, en el símbolo del contacto.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Mandos electromecánicos	
48 	Organo de mando con devanado único. El trazo oblicuo. Puede omitirse cuando no dé lugar a confusión.
49  50 51	Mando electromagnético.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Organo de mando para:	
52 	Pasada lenta a posición de caída.
53 	Pasada lenta a la posición de trabajo.
54 	Pasada lenta a las posiciones de trabajo y reposo.
55 	Relé térmico.

30.10 **Utilización de los símbolos**

Mientras no se especifique lo contrario, el sentido del movimiento de los contactos se considerará que es:

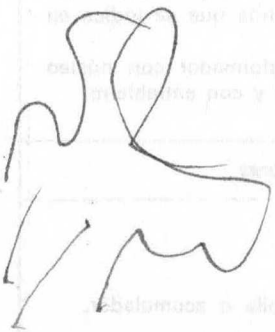
a) De izquierda a derecha.
b) De abajo arriba.
c) En el sentido de las manecillas del reloj.

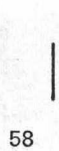
La norma UNE utiliza los símbolos de la forma I en el dominio de las corrientes fuertes, mientras que los símbolos de la forma II se utilizarán en el campo de las telecomunicaciones.

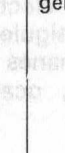
En los esquemas de planos es común utilizar el símbolo de los contactos con distintos grosores a los de esta norma. También son admisibles.

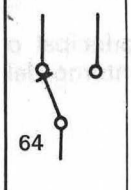
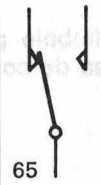
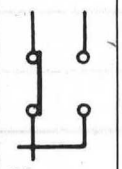
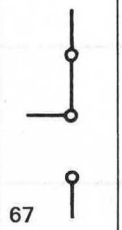
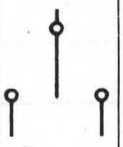
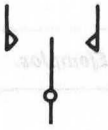
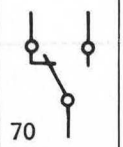
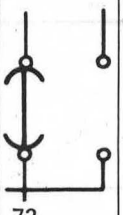
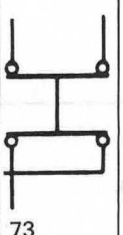
El criterio de adoptar distintos grosores en ciertos tramos de los circuitos, en ocasiones desiguales a los indicados por las normas, no tiene otro fundamento más que el de facilitar la interpretación de los esquemas.

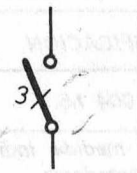
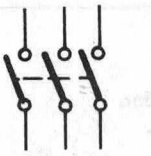
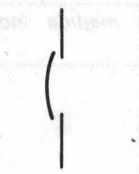
Suele recurrirse a esta representación siempre que se desea indicar la diferencia de potencia o de intensidad entre partes de circuitos. También, en elementos sometidos a cierre y apertura de circuitos, sobre todo si ésta se produce en carga.



UNE		
SIMBOLOS		SIGNIFICACION
FORMA I	FORMA II	
Contactos		
56  58 	57  59 	Contacto abierto en reposo. Símbolo general. Se podrá elegir libremente el sentido del movimiento del contacto móvil desde la posición de reposo hacia la posición de trabajo.

UNE		
SIMBOLOS		SIGNIFICACION
FORMA I	FORMA II	
60  62 	61  63 	Contacto cerrado en reposo. Símbolo general.

UNE		
SIMBOLOS		SIGNIFICACION
Forma I	Forma II	
 64	 65	
 66		Contacto de conmutación bidireccional sin solape.
 67		
 68	 69	Contacto de conmutación bidireccional con posición neutral.
 70	 71	Contacto de conmutación bidireccional con solape.
 72		
 73		Dos contactos cerrados en reposo para aperturas sucesivas.

UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Aparatos destinados a establecer o interrumpir los circuitos.	
 74	Interruptor unipolar.
 75	
 76	Interruptor tripolar en representación multifilar y unifilar.
 77	
 78	Interruptor automático.
 79	
Cortacircuitos fusibles. Explosores y pararrayos.	
 80	Fusible, cortacircuito fusible. La extremidad del fusible que permanece bajo tensión, después de fundirse, podrá indicarse mediante un refuerzo con el trazo correspondiente.
 81	

30.11 Utilización de los símbolos

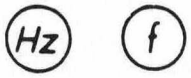
Inscripciones y símbolos concernientes a los aparatos eléctricos de medida.

En los símbolos 82, 83 y 84 pueden dibujarse las abreviaturas de las unidades o de sus partes, o múltiplos coordinados, a los tamaños de medida, p. ej.: μA, MW. En caso necesario, también signos de fórmula de los tamaños de medida.

En los símbolos de aparatos indicadores, registradores y contadores se podrán indicar, en caso necesario, los bornes del aparato.

Su centro se colocará sobre la línea de contorno del símbolo principal o en la misma posición relativa que tiene en la realidad. La línea de contorno del aparato no se interpretará como conexión entre bornes.

UNE	
SIMBOLOS	*SIGNIFICACION*
Aparatos de medida 20 004 h5.	
Aparatos indicadores y aparatos de medida indicadores, aparatos registradores y contadores.	
 82	Aparato indicador o aparato de medida indicador. Símbolo general.
 83	Aparato registrador. Símbolo general.
 84	Contador. Símbolo general.
Aparatos indicadores y aparatos de medida indicadores. Ejemplos.	
 85	Voltímetro.
 86	Amperímetro.
 87	Vatímetro.
 88	Vármetro.

UNE	
SIMBOLOS	*SIGNIFICACION*
 89	Fasímetro.
 90 91	Frecuencímetro.
 92	Ohmetro.
Aparatos registradores. Ejemplos.	
 93	Vatímetro registrador.
 94	Oscilógrafo.
Contadores. Ejemplos.	
 95	Contador de horas.
 96	Contador de intensidad.
 97	Contador de energía activa.

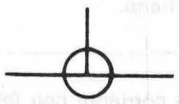
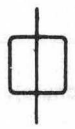
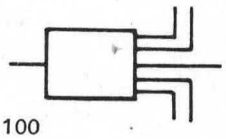
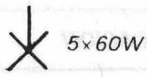
30.12 Utilización de los símbolos

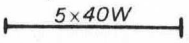
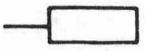
En esquemas de edificaciones, pueden aparecer todos los símbolos utilizados hasta aquí. Ahora bien, hay un grupo de ellos de más frecuente uso, en este tipo de esquemas. Son los que se incluyen a continuación.

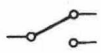
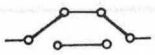
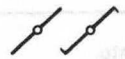
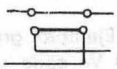
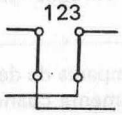
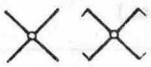
En el plano de instalación se anota correctamente la posición regular de un dibujo de construcción y contiene todas las indicaciones que son necesarias para el tendido de la línea. Pueden prepararse planos de instalaciones simplificadas y aparatos, pudiendo incluso suprimir las líneas, cuando se desee únicamente tener la idea de posición de los aparatos.

Las líneas de importancia, tensión, polaridad o clase de servicio diferente pueden diferenciarse por el espesor de los trazos.

Pueden también anotarse todas las indicaciones suplementarias que sean necesarias.

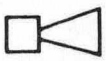
UNE	
SIMBOLOS	*SIGNIFICACION*
Símbolos para esquemas en edificaciones. 20 004-73 (IX)	
98 	Caja de derivación, por ejemplo de tres canalizaciones.
99 	Caja de llegada para alimentación general.
100 	Caja de distribución, por ejemplo, para una canalización de entrada y cinco de salida.
Lámparas, aparatos de iluminación y aparatos electrodomésticos.	
101 	Lámpara.
102  *5×60W*	En la extremidad de una canalización podrá haber una o varias lámparas. (Se podrá especificar el número y la potencia de las de cada grupo.) Ejemplo: 5 lámparas de 60 W.
103 	Soporte de lámpara con interruptor incorporado.
104 	Lámpara de una instalación de emergencia.
105 	Lámpara indicadora de peligro inmediato.
106 	Proyector.

UNE	
SIMBOLOS	*SIGNIFICACION*
107 	Lámpara fluorescente.
108  *5×40W*	Lámpara fluorescente. Ejemplo: grupo de 5 lámparas de 40 W cada una.
109 	Aparato auxiliar para lámparas de descarga. (Se utilizará solamente cuando este aparato no está incorporado al soporte de la lámpara.)
110 	Aparato electrodoméstico en general. (En caso de necesidad se podrá completar con algunas indicaciones o una llamada que se refiera a una especificación.)
Interruptores diversos.	
111 112 113 	Interruptor unipolar.
114 	Interruptor bipolar.
115 	Interruptor tripolar.
116 	Interruptor unipolar con tirador.

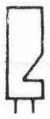
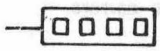
UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
117  118 119 	Conmutador unipolar para doble alumbrado con dos direcciones separadas y marcha en paralelo.
120  121 122 	Conmutador de vaivén.
123  124  125 126 	Conmutador intermedio de vaivén.
127 	Botón pulsador.
128 	Botón pulsador con señalización luminosa.

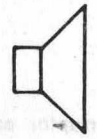
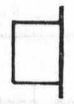
UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Tomas de corriente	
129 	Base de toma de corriente de bajo consumo.
130 	Base de toma de corriente de alto consumo.
131 	Base para varias tomas de corriente, por ejemplo: para tres.
132 	Base de toma de corriente con contacto de protección, por ejemplo: para conexión a tierra.
133 	Base de toma de corriente con interruptor de enclavamiento.
134	Clavija (macho de enchufe).

Además de estos símbolos, hay otros muchos, encuadrados en distintos apartados de las normas utilizadas aquí. Algunos de ellos, y sin clasificar por materias afines, se incluyen a continuación.

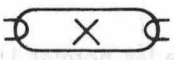
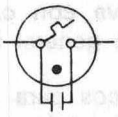
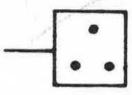
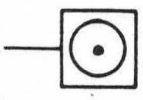
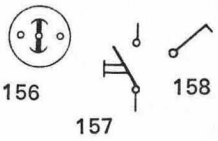
UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
Aparatos diversos	
135 	Indicador.
136 	Indicador con contacto de alarma.
137 	Lámpara de señalización.
138 	Bocina.

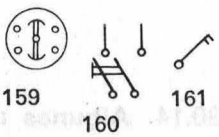
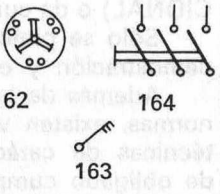
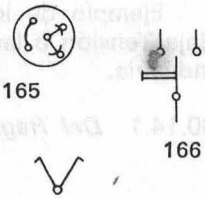
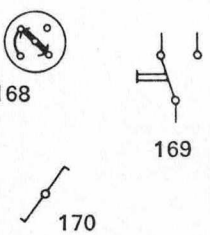
UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
139 	Sirena.
140 	Timbre.
141 	Timbre.
142 	Timbre de un solo golpe.

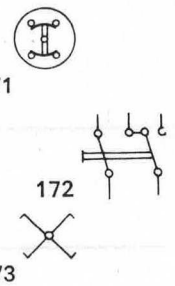
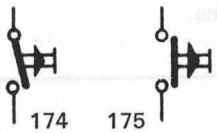
UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
143 	Zumbador.
144 	Silbato de accionamiento eléctrico.
145 	Cuadro indicador de llamadas, de banderitas.
146 	Antena.

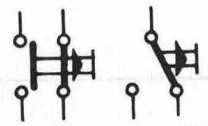
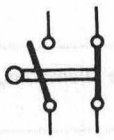
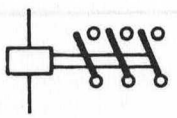
UNE	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
147 	Altavoz.
148 	Micrófono.
149 	Receptor telefónico.

30.13 Algunos símbolos utilizados, según las normas DIN

DIN	
SÍMBOLOS	DENOMINACION
150 	Lámpara de descarga, luz para lámpara de descarga, en general.
151 	Lámpara de materia de alumbrado con precalefacción: representación completa.
152 	Aparato de arranque en general.
153 	Aparato de arranque de efluvios.
154 	Hogar eléctrico, en general.
155 	Lavadora.
156  157 158	Interruptor 1/1 (desconectador unipolar).

DIN	
SÍMBOLOS	DENOMINACION
159  160 161	Interruptor 1/2 (desconectador bipolar).
162  163 164	Interruptor 1/3 (desconectador tripolar).
165  166 167	Interruptor 5/1 (interruptor de serie, unipolar).
168  169 170	Interruptor 6/1 (interruptor alternativo).

DIN	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
 171 172 173	Interruptor 7/1 (interruptor en cruz unipolar).
 174 175	Pulsador que establece contacto al pulsar.
 176	Pulsador que interrumpe el circuito al pulsar.

DIN	
SIMBOLOS	SIGNIFICACION
 177 178	Pulsador que actúa sobre dos circuitos.
 179	Conmutador fin de carrera.
 180	Contactor tripolar.

30.14 **Algunas normalizaciones eléctricas**

Sería imposible presentar en este texto una recopilación de las normas UNE (UNA NORMA ESPAÑOLA), CEI (COMISION ELECTROTECNICA INTERNACIONAL) o de cualquier otra entidad importante, dada la amplitud de las mismas.

Sólo se pretende aquí dar a conocer la existencia de algunos casos, para demostración y exposición de su interés e importancia.

Además de las comisiones técnicas, encargadas de la elaboración de estas normas, existen varias entidades dependientes de Ministerio o de comisiones técnicas de carácter privado, que presentan distinta normativa con carácter de obligado cumplimiento en algunos puntos y de orientación general importante en cualquier caso.

Ejemplo de lo dicho serían los Reglamentos Electrotécnicos para Alta y Baja Tensión o las Normas Tecnológicas del Ministerio de la Vivienda o las de Industria.

30.14.1 *Del Reglamento electrotécnico para baja tensión*

Tabla 30.10 Intensidad máxima admisible para conductores aislados

Clase de canalización		*Columna aplicable de las tablas II y III*							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Al aire o directamente empotrados	Conductores hasta 1 kV., aislados con PVC o materiales análogos, instalados sobre apoyos.						3 unipolares agrupados.		
	Conductores hasta 1 kV., aislados con goma butílica o materiales análogos, instalados sobre apoyos.							3 unipolares agrupados.	
	Conductores hasta 750 V., aislados con goma, PVC o materiales análogos, fijados o adosados a las paredes o directamente empotrados.		1 tripolar.	1 bipolar.	3 unipolares agrupados	Unipol., distanciados.			
	Conductores hasta 1 kV., con goma, PVC, papel impregnado o materiales análogos, fijados o adosados a las paredes.				1 tripolar.	1 bipolar.	3 unipolares agrupados	Unipol, distanciados.	
	Conductores hasta 750 V. y hasta 1 kV., con goma butílica, polietileno reticulado o materiales análogos, fijados o adosados a las paredes o directamente empotrados.					1 tripolar.	1 bipolar.	3 unipolares agrupados	Unipol., distanciados.
Bajo tubo o conductos (1)	Conductores hasta 750 V., con goma, PVC, o materiales análogos.	3 conductores unipolares.	2 conductores unipolares.		1 conductor unipolar. (2)				
	Conductores hasta 1 kV., con goma, PVC, papel impregnado o materiales análogos.		3 conductores unipolares.	2 conductores unipolares.		1 conductor unipolar (2).			
	Conductores hasta 750 V. y hasta 1 kV., con goma butílica, polietileno reticulado o material análogo.				3 conductores unipolares.	2 conductores unipolares.	1 conductor unipolar. (2)		

(1) Cuando por un mismo tubo o conducto tengan que pasar más de tres conductores normalmente recorridos por la corriente, se aplican a los valores de la columna correspondiente los coeficientes de reducción siguientes:

De 4 a 7 conductores 0,9
Más de 7 conductores 0,7

(2) Sólo aplicable para corriente continua, con cualquier clase de tubos, o para corriente alterna, en tubos de material no ferromagnético.

Tabla 30.11 Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Tubos	*Montaje*
Metálicos rígidos normales con aislamiento interior. Metálicos flexibles normales con/sin aislamiento interior. Aislantes flexibles normales.	Empotrados.

Sección nominal de los cables (mm²)	*Un conductor*		*Dos conductores*		*Tres conductores*		*Cuatro conductores*		*Cinco conductores*	
	PVC	*Goma*	*PVC*	*Goma*	*PVC*	*Goma*	*PVC*	*Goma*	*PVC*	*Goma*
1	13	13	13	13	13	13	13	16	13	16
1,5	13	13	13	13	13	13	13	16	13	16
2,5	13	13	13	13	13	13	13	16	13	23
4	13	13	13	16	13	16	16	23	16	23
6	13	16	13	23	16	23	23	23	23	23
10	16	23	23	23	23	23	23	29	29	29
16	23	23	23	29	23	29	29	29	29	36
25	23	29	29	29	29	36	36	36	36	48
35	29	36	29	36	36	48	36	48	48	
50	36	36	36	48	48	48	48	48		
70	36	48	48	48	48					
95	48	48	48							
120	48									

Tabla 30.12

Tubos							*Montaje*			
Aislantes rígidos normales curvables en caliente.							Empotrados.			
Sección nominal de los cables (mm²)	*Un conductor*		*Dos conductores*		*Tres conductores*		*Cuatro conductores*		*Cinco conductores*	
	PVC	*Goma*	*PVC*	*Goma*	*PVC*	*Goma*	*PVC*	*Goma*	*PVC*	*Goma*
1	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
1,5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
2,5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	13
4	11	11	11	11	11	11	11	13	11	16
6	11	11	11	13	11	16	13	21	16	21
10	13	16	13	21	16	21	21	29	21	29
16	16	21	21	21	21	29	29	29	29	29
25	21	29	29	29	29	29	29	36	36	36
35	29	29	29	36	29	36	36	36	48	48
50	29	36	36	36	36	36	36	48	48	—
70	36	36	36	48	48	48	48	48	—	
95	36	48	48	48	48	48	—			
120	48	48	48	48	—					
150	48	48								

30.14.2 *De UNE (Una Norma Española)*

Se verán a continuación algunas hojas de normas UNE; se han incluido completas, para obtener una idea más exacta de esta publicación.

Las Normas UNE de las páginas 259-263 se publican con la autorización expresa del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización, según escrito del 13-X-77, con referencia jr/cp. ⟶

Tensiones y frecuencias en electrotecnia

UNE 20 039

1. Objeto

Las tensiones que se indican en esta norma, son las que se recomienda adoptar en las instalaciones nuevas.

2. Definiciones

La unidad electrostática c. g. s. de diferencia de potencial, o de fuerza electromotriz, es la diferencia de potencial que existe entre los extremos de un circuito recorrido por una corriente igual a la unidad electrostática c. g. s. de corriente y en el cual la corriente produce una potencia de 1 ergio por segundo.

La unidad práctica es el voltio.

1 voltio = 10^8 U. E. M. c. g. s. = $\frac{1}{3 \cdot 10^2}$ unidades electrostáticas c. g. s.

3. Valores de la frecuencia y de la tensión

3,1 Tensiones

Tensiones	Corriente continua	Corriente alterna	
		Monofásica	Trifásica (entre fases)
	V	V	V
Tensiones inferiores a 100 V	2	2	2
	3	—	—
	4	4	4
	6	6	6
	12	12	—
	24	24	24
	32	—	—
	48	48	42
	72	—	—
	80	—	—
Tensiones superiores a 100 V e inferiores a 1 000 V	110	110	127 entre fase y neutro.
	220	220	220 » » y »
	440	—	220
	600 para tracción		380
	750 para tracción		500
Tensiones superiores a 1 000 V	1 500 para tracción	—	(1 000)
	3 000 para tracción		3 000
			6 000
			10 000
			(15 000)
			(30 000)
			45 000
			66 000
			(110 000)
			132 000
			220 000

Se evitarán en lo posible los valores entre paréntesis.

Continúa

Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo - Madrid - Alcalá, 95 - Teléfono 25 92 65. Reproducción prohibida

3,11 Aplicaciones más frecuentes de las tensiones

3,111 Corriente continua inferior a 100 V

Aplicación	Tensiones		
Alumbrado en los coches ferroviarios	24	32	72
Pequeñas instalaciones, con generación propia	24	32	48
Tracción de vehículos con acumuladores	48	80	—
Instalación en el automóvil	6	12	24
Instalaciones en los aviones	24	—	—
Telefonía automática: Tensión de la red	24	48	—

La tensión máxima en los generadores y en los bornes secundarios de los transformadores podrá ser hasta el 10 % superior a la normal. En los receptores se admite una tolerancia de $\pm$ 7 %.

Las tensiones indicadas entre paréntesis se evitarán en lo posible.

3,112 Corriente alterna inferior a 100 V

Tipo de corriente	Aplicación	Tensiones V				
Monofásica	Alumbrado en lugares de ambiente húmedo con instalaciones al alcance de la mano	—	—	—	—	24
	Telecomunicaciones	2	4	6	12	24
	Transformadores para timbre	—	4	6	12	—
	Juguetes eléctricos	2	4	6	12	24
Trifásica	Fuerza motriz en lugares de ambiente húmedo con instalaciones al alcance de la mano.	—	—	—	24	42

3,113 Corrientes continua y alterna superiores a 100 V

Tipo de corriente	Aplicación	Tensión V
Corriente continua	Alumbrado, calefacción y fuerza motriz, en pequeñas instalaciones con generación propia. Barcos mercantes	110
	Alumbrado, calefacción y fuerza motriz, en barcos de guerra	220
	Fuerza motriz, en redes de distribución	440
Corriente alterna monofásica	Alumbrado, calefacción y pequeña fuerza motriz. Secundario de transformadores de medida	110
	Alumbrado, calefacción y pequeña fuerza motriz, en redes de distribución	220
Corriente alterna trifásica	Fuerza motriz	3 × 380 3 × 220 3 × 127
	Alumbrado	

Continúa

3,114 Ejemplos de utilización de corriente continua para tracción

Aplicación	Tensión V
Tranvías y trolebuses	600
Ferrocarriles con líneas de contacto	1 500

3,2 Frecuencias. Se considerará como normal la frecuencia de 50 hz. Podrá utilizarse otra frecuencia, si la necesidad lo justifica.

Se admitirá una tolerancia en la frecuencia, de $\pm$ 5 %.

4. Correspondencia con otras normas

Esta norma concuerda esencialmente con la IRAM 2001—P, la cual, a su vez, corresponde a los acuerdos tomados sobre el particular por la Comisión Electrotécnica Internacional.

Intensidades normales de corriente

UNE 20040

1. Objeto

Esta norma establece las intensidades normales de corriente (corrientes normales) que se adoptarán al proyectar las partes conductoras de los aparatos y de los accesorios eléctricos.

2. Definiciones

Intensidad de una corriente eléctrica, es la cantidad de electricidad que atraviesa, por segundo, una sección cualquiera del circuito. Se dice que una corriente vale la unidad de intensidad, cuando, a través de una sección cualquiera del circuito eléctrico considerado, pasa un culombio por segundo. Esta unidad de intensidad es el amperio (A).

3. Valores normales

Las intensidades normales de corriente, expresadas en amperios (A), serán las siguientes:

1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8, y los múltiplos obtenidos mediante el producto de estos valores por 10, 100 y 1 000.

Estos valores de las intensidades normales, son los de la serie R10 de los números normales (véase la norma UNE 4 003 h. 1).

En determinados casos se podrán tomar, además, como normales, las intensidades 1,5; 3; 6; 7,5, así como los múltiplos obtenidos mediante el producto de estos valores por 10, 100 y 1 000.

4. Normas para consultar

Esta norma es completa en sí.

5. Correspondencia con otras normas

La presente norma concuerda esencialmente con la norma IRAM 2 013-P, la que a su vez se basa en los acuerdos adoptados por la Comisión Electrotécnica Internacional (I. E. C.).

Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo - Madrid - Alcalá, 95 - Teléfono 25 92 65. Reproducción prohibida

10. Características

10.1 Fusibles miniatura tipo I. Son cartuchos de fusión rápida y gran capacidad de interrupción. Sus medidas son de 20 mm de longitud y 5 mm de diámetro. Véase la *figura 7*.

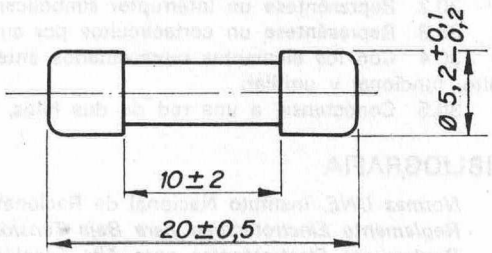


Fig. 7

10.1.1 Calibración. Las medidas del calibre, *figura 4*, son: h = 30 mm; d = 5,38 ± 0,01 mm. (Véase el *apartado 8.4.)*

10.1.2 Construcción. Los cartuchos serán construidos con material no transparente.

10.1.3 Tensión nominal, 250 V.

10.1.4 Intensidades nominales.

50 - 63 - 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 630 - 800 mA.

1 - 1,25 - 1,6 - 2 - 2,5 - 3,15 - 4 - 5 - 6,3 A.

Los valores intermedios deberán escogerse entre los de la serie R 20 de números normales UNE 4 003 h1 1.ª R.

10.1.5 Marcas e indicaciones. Los cartuchos llevarán las indicaciones siguientes:

a) Intensidad nominal.

b) Tensión nominal.

c) Nombre del fabricante o marca de fábrica.

10.1.6 Caída de tensión.

Intensidad nominal mA	Máxima caída de tensión mV	Intensidad nominal A	Máxima caída de tensión mV
50	10 000	1	1 000
63	8 800	1,25	800
80	7 600		
100	7 000	1,6	600
125	5 000	2	500
160	4 300		
200	3 500	2,5	400
250	2 800		
315	2 500	3,15	350
400	2 000	4	300
500	1 800		
630	1 500	5	250
800	1 200	6,3	200

Continúa

TEMAS QUE PUEDE DESARROLLAR EL ALUMNO

— Realícese una lista de nombres de normas, en las que conste, además, la abreviatura por la que se le conoce y el país de donde procede.

CUESTIONARIO

30.1 Represéntese una lámpara eléctrica por su símbolo.
30.2 Represéntese un interruptor simbólicamente.
30.3 Represéntese un cortacircuitos por su símbolo.
30.4 Con los elementos representados anteriormente, realícense los esquemas de circuito, funcional y unifilar.
30.5 Conéctense, a una red de dos hilos, un voltímetro y un amperímetro.

BIBLIOGRAFIA

Normas UNE, Instituto Nacional de Racionalización y Normalización, Madrid.
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
Reglamento Electrotécnico para Alta Tensión.

edb
formación profesional
bruño