

Índice

Agradecimientos	XI		
Introducción	XIII		
1. Electrotecnia	1		
1.1. El circuito eléctrico	2		
1.2. Magnitudes eléctricas	2		
1.2.1. Voltaje eléctrico	2		
1.2.2. Intensidad eléctrica	3		
1.2.3. Resistencia eléctrica	3		
1.3. La ley de Ohm	5		
1.4. Corriente continua y corriente alterna	5		
1.4.1. Corriente continua	5		
1.4.2. Corriente alterna	6		
1.5. Los sistemas monofásicos y trifásicos	6		
1.6. Los componentes pasivos	7		
1.6.1. La resistencia	7		
1.6.2. La bobina	9		
1.6.3. El condensador	11		
1.6.4. Los circuitos en corriente alterna	12		
1.7. La potencia eléctrica	13		
1.7.1. La potencia en corriente continua	13		
1.7.2. La potencia en corriente alterna monofásica	13		
1.7.3. La potencia en corriente alterna trifásica	14		
1.8. El triángulo de potencias	14		
1.9. Mejora del factor de potencia	15		
1.9.1. Mejora del factor de potencia en corriente alterna monofásica	16		
1.9.2. Mejora del factor de potencia en corriente alterna trifásica	17		
1.10. Los aparatos de medición eléctrica	18		
1.10.1. Medición eléctrica	18		
1.10.2. Medición de la tensión eléctrica	19		
1.10.3. Medición de la corriente eléctrica	19		
1.10.4. Medición de la resistencia eléctrica	20		
1.10.5. El multímetro	20		
1.10.6. Medición de la potencia	21		
1.10.7. Medición del factor de potencia	22		
1.10.8. Medición de la frecuencia	22		
1.10.9. Medición de la energía	23		
1.10.10. Medición de la resistencia de aislamiento	24		
1.10.11. Medición de la resistencia de puesta a tierra	24		
1.11. Seguridad en las medidas eléctricas	25		
1.11.1. Las categorías de los aparatos de medición	25		
1.11.2. Consideraciones prácticas	25		
Actividades finales	28		
2. Montaje de cuadros y sistemas eléctricos	31		
2.1. Los conductores eléctricos	32		
2.1.1. Clasificación de los conductores eléctricos	32		
2.1.2. Partes de un conductor eléctrico	32		
2.1.3. Los aislantes	33		
2.1.4. El código de colores en los conductores	33		
2.1.5. Secciones normalizadas	33		
2.1.6. Designación de los conductores eléctricos	33		
2.2. Las canalizaciones eléctricas	36		
2.2.1. Tubos protectores	36		
2.2.2. Bandejas metálicas	37		
2.2.3. Canales protectoras	37		
2.2.4. Tipos de instalaciones	38		

2.3. El cálculo de secciones	39
2.4. Las envolventes de los cuadros eléctricos	42
2.4.1. Tipos de armarios eléctricos	43
2.4.2. Partes de un armario eléctrico	44
2.4.3. El embarrado	47
2.4.4. La compartimentación	47
2.4.5. Los sistemas de control de la temperatura	47
2.4.6. Otros elementos	48
2.4.7. Consideraciones técnicas respecto al montaje	49
2.5. Los cuadros de protección en viviendas	49
2.5.1. Los grados de electrificación	49
2.5.2. Elementos del cuadro general de mando y protección	49
2.5.3. Electrificación básica	50
2.5.4. Electrificación elevada	51
2.6. El mecanizado de cuadros eléctricos	52
2.6.1. Las herramientas de medida	52
2.6.2. Las herramientas de trazado y marcado	52
2.6.3. Las herramientas de corte	53
2.6.4. Las herramientas de taladrado	53
2.6.5. Las herramientas de acabado	54
2.6.6. Las herramientas de fijación	55
2.6.7. Las herramientas de montaje	55
2.7. Fases del montaje	56
Actividades finales	59
Prácticas de taller	61
2.1. Montaje del panel de prácticas	61
3. Los elementos de conmutación: el relé y el contactor	63
3.1. El contactor	64
3.1.1. Constitución de un contactor	64
3.1.2. Tipos de contactos	66
3.1.3. Simbología eléctrica	67
3.1.4. Contactores auxiliares	68
3.1.5. Elementos complementarios del contactor	68
3.1.6. Las categorías de empleo	69
3.1.7. Cómo seleccionar un contactor	70
3.2. El relé	72
3.2.1. La tecnología de estado sólido	73

3.2.2. Simbología eléctrica del relé	73
3.2.3. Cómo seleccionar un relé	74
3.3. Elementos de mando	75
3.4. Operaciones con los contactos auxiliares	77
3.4.1. La realimentación de la bobina	77
3.4.2. Operaciones de señalización	78
3.4.3. Operaciones con condicionantes	78
Actividades finales	80
Prácticas de taller	83
3.1. El relé y el contactor	83
3.2. El contactor a 24 V _{DC}	87
3.3. Control de un contactor (230 V _{AC}) mediante un relé (24 V _{DC})	91
4. Las protecciones	95
4.1. Fallos en las instalaciones eléctricas	96
4.2. El fusible	97
4.2.1. Partes de un fusible	97
4.2.2. Funcionamiento	98
4.2.3. Parámetros	99
4.2.4. Tipos de fusibles	99
4.2.5. Clasificación de los fusibles	102
4.2.6. Simbología eléctrica	102
4.3. El relé térmico	103
4.3.1. Partes de un relé térmico	104
4.3.2. Funcionamiento	104
4.3.3. Clases de disparo de un relé térmico	105
4.3.4. Simbología eléctrica	106
4.3.5. Selección y ajuste de un relé térmico	106
4.3.6. Esquema eléctrico del relé térmico	107
4.4. Interruptor automático electromagnético	107
4.4.1. Parámetros	108
4.4.2. Selección de un interruptor automático electromagnético	108
4.4.3. Simbología eléctrica	109
4.4.4. Esquema eléctrico del disyuntor electromagnético	109
4.5. El disyuntor guardamotor	109
4.5.1. Partes de un disyuntor guardamotor	110
4.5.2. Simbología eléctrica	111
4.5.3. Esquema eléctrico del disyuntor guardamotor	111
4.5.4. Selección y ajuste de un disyuntor guardamotor	112

4.6. Las sondas de temperatura	112
4.6.1. Simbología eléctrica	113
4.6.2. Conexado de un relé de termistores	113
4.7. El interruptor automático magnetotérmico.	113
4.7.1. Parámetros	114
4.7.2. Tipos de interruptores automáticos magnetotérmicos	115
4.7.3. Simbología eléctrica	115
4.8. El interruptor diferencial.	116
4.8.1. Funcionamiento	116
4.8.2. Parámetros	117
4.8.3. Simbología eléctrica	118
4.9. La protección contra sobretensiones.	118
4.9.1. Parámetros	119
4.9.2. Tipos de protecciones contra sobretensiones	119
4.9.3. Mantenimiento.	120
4.9.4. Simbología eléctrica	120
4.10. La protección contra subtensiones	120
4.10.1. Simbología eléctrica	121
4.11. Técnicas de selección para la protección eléctrica.	122
4.11.1. Selectividad	122
4.11.2. Filiación	123
4.12. Protección de motores.	123
Actividades finales.	126
Prácticas de taller.	129
4.1. Protección de un motor trifásico mediante fusible y relé térmico.	129
4.2. Protección de un motor trifásico mediante interruptor automático electromagnético y relé térmico.	132
4.3. Protección de un motor trifásico mediante disyuntor guardamotor.	135
5. El motor eléctrico	139
5.1. Las máquinas eléctricas	140
5.1.1. Clasificación de las máquinas eléctricas	140
5.1.2. Clasificación de los motores eléctricos	140
5.1.3. Fundamentos de las máquinas eléctricas	140
5.1.4. El par de fuerza.	141
5.1.5. El factor de potencia	141

5.1.6. La potencia de un motor eléctrico	142
5.1.7. Las pérdidas en un motor eléctrico.	143
5.1.8. Tipos de servicio	143
5.2. El motor de corriente alterna trifásico	144
5.2.1. Tipos de motores de corriente alterna.	144
5.2.2. Partes de un motor eléctrico de corriente alterna trifásico	145
5.2.3. Funcionamiento de los motores de corriente alterna	146
5.2.4. Simbología	147
5.2.5. La conexión eléctrica de un motor trifásico asíncrono	148
5.2.6. La placa de características	150
5.2.7. Las formas constructivas.	150
5.2.8. Las clases de aislamiento	150
5.3. El motor monofásico de corriente alterna	151
5.3.1. El motor monofásico de arranque por condensador	151
5.3.2. El motor monofásico de fase partida	151
5.3.3. El motor monofásico con espira de sombra	152
5.3.4. La conexión eléctrica de un motor monofásico	152
5.3.5. Simbología	153
5.4. El motor de corriente continua	153
5.4.1. Partes de un motor eléctrico de corriente continua.	153
5.4.2. Funcionamiento de un motor de corriente continua.	154
5.4.3. La reacción del inducido.	156
5.4.4. Los tipos de motores de corriente continua.	157
5.4.5. La conexión eléctrica del motor	159
5.4.6. Simbología	159
5.5. El motor universal.	160
5.6. Las medidas eléctricas en los motores	160
5.7. El mantenimiento y las averías en los motores.	162
5.7.1. Tipos de mantenimiento.	162
5.7.2. Mantenimiento preventivo	162
5.7.3. Las averías	163
Actividades finales.	166

6. Arranque y maniobra de motores **169**

6.1. El proceso de arranque de un motor de inducción	170
6.1.1. Curva característica de par-velocidad.	170

6.1.2. Curva característica de corriente-velocidad.....	171
6.2. El temporizador.....	173
6.2.1. La temporización a la conexión.....	174
6.2.2. La temporización a la desconexión.....	174
6.2.3. Otras temporizaciones.....	175
6.2.4. Partes de un relé temporizador.....	175
6.3. El relé horario.....	176
6.4. El arranque directo.....	177
6.5. La inversión de giro.....	177
6.6. El arranque estrella-triángulo.....	180
6.6.1. El esquema del arranque estrella-triángulo.....	180
6.6.2. El arranque estrella-triángulo con inversión de giro.....	182
6.7. El arranque con autotransformador.....	182
6.8. El arranque con resistencias estáticas.....	184
6.9. El arranque con resistencias rotóricas.....	184
6.10. El arranque de un motor con devanados separados (<i>part-winding</i>).....	186
6.11. El arranque mediante arrancadores progresivos.....	187
6.11.1. Funcionamiento.....	188
6.11.2. Configuración de un arrancador progresivo.....	189
6.11.3. Partes de un arrancador progresivo.....	189
6.11.4. Simbología.....	190
6.11.5. Esquemas eléctricos con arrancadores progresivos.....	190
6.12. El arranque de un motor monofásico.....	190
6.13. Resumen de los tipos de arranques de motores trifásicos.....	192
Actividades finales.....	194
Prácticas de taller.....	197
6.1. Inversión de giro de un motor trifásico pasando por paro.....	197
6.2. Inversión de giro de un motor trifásico sin pasar por paro.....	201
6.3. Arranque temporizado de un motor.....	204
6.4. Paro temporizado de un motor.....	210
6.5. Marcha temporizada de un motor.....	213
6.6. Arranque estrella-triángulo.....	216
6.7. Inversión de giro estrella-triángulo.....	219
6.8. Arranque de un motor con devanados separados o <i>part-winding</i>	221
6.9. Arranque mediante arrancador progresivo.....	224

6.10. Arranque y paro progresivo de un motor trifásico.....	227
6.11. Arranque progresivo con inversión de giro de un motor trifásico.....	230
6.12. Arranque con inversión de giro de un motor monofásico.....	233

7. Los esquemas eléctricos 237

7.1. La normalización.....	238
7.2. Los símbolos.....	238
7.3. Los esquemas eléctricos.....	240
7.3.1. Tipos de representación.....	240
7.3.2. El esquema de conjunto.....	241
7.3.3. El esquema de fuerza y el esquema de maniobra.....	242
7.4. La numeración de conductores.....	243
7.5. Las referencias cruzadas.....	245
7.6. El bornero.....	247
7.6.1. Simbología eléctrica.....	248
7.6.2. Los esquemas de borneros.....	249
7.6.3. La lista de bornero.....	249
7.7. Las mangueras.....	251
7.8. Los materiales en los esquemas eléctricos.....	251
7.8.1. Las lista de materiales.....	251
7.8.2. La lista de pedidos.....	251
7.9. La distribución de materiales en el armario eléctrico.....	253
7.10. El software de diseño eléctrico.....	253
7.11. El proyecto eléctrico.....	254
Actividades finales.....	256

8. Los elementos de detección 261

8.1. El interruptor de posición.....	262
8.1.1. Partes.....	263
8.1.2. Tipos de cabezales.....	264
8.1.3. Simbología.....	264
8.1.4. Esquemas eléctricos.....	265
8.2. Los sensores de proximidad.....	265
8.2.1. Los sensores de proximidad inductivos.....	265
8.2.2. Los sensores de proximidad capacitivos.....	267
8.2.3. Simbología.....	267
8.2.4. Conexionado.....	267
8.2.5. Parámetros.....	269

8.3. Los detectores ópticos	269	9.2. Frenado de un motor trifásico por inyección de corriente continua.....	304
8.3.1. Métodos de detección.....	270	9.3. El motor Dahlander de dos velocidades con detectores.....	307
8.3.2. Parámetros.....	271	9.4. El variador de frecuencia. Modo manual.....	310
8.3.3. Encapsulados.....	271	9.5. El variador de frecuencia. Entradas digitales.....	313
8.3.4. Simbología.....	271	9.6. El variador de frecuencia. Entrada analógica.....	316
8.3.5. Esquemas de conexionado.....	272		
8.4. Los detectores por ultrasonidos	272		
8.5. Los sensores de temperatura	274		
8.5.1. Tipos de sensores de temperatura.....	274		
8.5.2. La medición de la temperatura.....	274		
8.5.3. La sonda Pt-100.....	275		
8.5.4. Los termostatos.....	276		
8.5.5. Simbología.....	276		
8.6. Los sensores de presión	277		
8.6.1. Los presostatos.....	277		
8.6.2. Simbología.....	278		
Actividades finales.....	280		
Prácticas de taller.....	283		
8.1. Inversión de giro de un motor trifásico con finales de carrera.....	283		
8.2. Inversión de giro de un motor trifásico con sensores de proximidad inductivos.....	286		
■ 9. El control de velocidad de motores	289	■ 10. El autómatas programable	319
9.1. El frenado de motores	290	10.1. Los automatismos programados.....	320
9.1.1. El frenado mecánico.....	290	10.2. Las ventajas y los inconvenientes.....	320
9.1.2. El frenado por contracorriente.....	290	10.3. La estructura del autómatas programable.....	320
9.1.3. El frenado por inyección de corriente continua.....	291	10.3.1. La CPU.....	321
9.1.4. El frenado mediante el arrancador electrónico.....	292	10.3.2. La fuente de alimentación.....	322
9.2. El motor Dahlander	292	10.3.3. Los módulos de entradas y salidas.....	322
9.2.1. Esquema eléctrico.....	293	10.4. Los paneles de operación.....	325
9.3. El variador de velocidad	294	10.5. Las tarjetas de memoria.....	325
9.3.1. Métodos de control.....	295	10.6. Las comunicaciones industriales.....	326
9.3.2. Partes de un variador de frecuencia.....	296	10.6.1. Modbus.....	326
9.3.3. Precauciones.....	297	10.6.2. Profibus.....	326
9.3.4. Características de cargas.....	297	10.6.3. AS-i.....	327
9.3.5. Ventajas e inconvenientes.....	297	10.6.4. Ethernet industrial.....	328
9.3.6. Aplicaciones.....	298	10.7. Los sistemas SCADA.....	329
9.3.7. El variador de velocidad para motores de corriente continua.....	298	10.8. Los circuitos eléctricos en los autómatas.....	329
Actividades finales.....	300	10.8.1. Los contactos de seguridad.....	331
Prácticas de taller.....	301	10.9. La programación de autómatas.....	331
9.1. Frenado de un motor trifásico por contracorriente.....	301	10.9.1. Los lenguajes de programación.....	331
		10.9.2. Las áreas o mapa de memoria.....	332
		10.10. La programación mediante bloques funcionales.....	332
		10.10.1. Las entradas.....	333
		10.10.2. Las salidas.....	333
		10.10.3. La función OR.....	333
		10.10.4. La función NOR.....	333
		10.10.5. La función AND.....	334
		10.10.6. La función NAND.....	334
		10.10.7. La función NOT.....	334
		10.10.8. La resolución de problemas.....	335
		10.10.9. El temporizador.....	336
		10.10.10. El contador.....	336
		10.10.11. Otras funciones.....	337
		10.11. La programación mediante diagrama de contactos.....	337

10.12. La programación mediante lista de instrucciones	338	11.4.1. Los equipos de protección frente a los riesgos eléctricos	356
10.13. Los diagramas de Grafcet	338	11.4.2. Los equipos de protección frente a otros riesgos	357
10.13.1. Los elementos del diagrama	339	11.5. El trabajo en la zona de riesgo eléctrico	358
10.13.2. Las etapas	339	11.5.1. El trabajo en ausencia de tensión	358
10.13.3. Las reglas	339	11.5.2. El trabajo en tensión	359
10.13.4. Las estructuras	340	11.6. Actuación en caso de accidente	359
10.13.5. Implementación del Grafcet	340	11.7. La señalización	360
Actividades finales	344	11.7.1. Las señales de riesgo	360
Prácticas de taller	346	11.7.2. Las señales de prohibición	360
10.1. Arranque de un motor trifásico mediante un PLC	346	11.7.3. Las señales de obligación	361
10.2. Inversión de giro de un motor trifásico mediante un PLC	349	11.7.4. Las señales de seguridad	362
		11.7.5. Las señales contra incendios	363
		11.8. Orden y limpieza en el puesto de trabajo	363
		Actividades finales	366
■ 11. Prevención de riesgos laborales	353		
11.1. El riesgo eléctrico	354	■ Anexos	369
11.1.1. Tipos de lesiones	354	Anexo I. Cuadro de seguimiento de prácticas del alumno	370
11.2. Los riesgos comunes	355	Anexo II. Designación de aparatos	371
11.3. Los riesgos específicos	355	Anexo III. Los índices de protección	372
11.3.1. El contacto directo	355	Anexo IV. El código de colores	373
11.3.2. El contacto indirecto	356	Anexo V. Páginas web de interés	374
11.4. Los equipos de protección individual (EPI)	356		