

# ÍNDICE

---

---

<b>AUTORES .....</b>	<b>21</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>23</b>
<b>PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO 1. CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA Y TRIFÁSICA .....</b>	<b>27</b>
1.1 CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA .....	28
1.2 CIRCUITO R-L-C EN SERIE. CIRCUITOS EN SERIE .....	32
1.3 CIRCUITOS EN PARALELO .....	35
1.3.1 Método de intensidades parciales.....	35
1.3.2 Método de las potencias (Método de Boucherot).....	36
1.3.3 Método de la impedancia equivalente .....	37
1.4 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA .....	37
1.5 CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA .....	42
1.5.1 Sistema trifásico equilibrado en estrella.....	43
1.5.2 Sistema trifásico equilibrado en triángulo.....	45
1.5.3 Sistema trifásico desequilibrado en estrella con neutro.....	47
1.5.4 Sistema trifásico desequilibrado en triángulo.....	48
1.5.5 Sistema trifásico desequilibrado en estrella sin neutro.....	49
1.6 MEDIDA DE POTENCIAS EN C.A. TRIFÁSICA.....	51
1.6.1 Sistemas equilibrados con neutro .....	51
1.6.2 Sistemas equilibrados sin neutro .....	52
1.6.3 Sistemas desequilibrados sin neutro .....	54
1.6.4 Método de los dos vatímetros.....	57
1.7 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA .....	60
1.7.1 Corrección con condensadores en triángulo.....	61
1.7.2 Corrección con condensadores en estrella.....	62
PROBLEMA 1.1.....	63
PROBLEMA 1.2.....	67
PROBLEMA 1.3.....	70
PROBLEMA 1.4.....	73
PROBLEMA 1.5.....	74
PROBLEMA 1.6.....	76
PROBLEMA 1.7.....	79

PROBLEMA 1.8.....	81
PROBLEMA 1.9.....	83
PROBLEMA 1.10.....	86

## **CAPÍTULO 2. DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN. EL CONDUCTOR**

<b>ELÉCTRICO. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO .....</b>	<b>89</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	90
2.1.1 Tipología de las redes de distribución .....	93
2.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN EN B.T. ....	95
2.2.1 Tipos de líneas de distribución en B.T. ....	97
2.1.1.1 Aéreas.....	97
2.1.1.2 Subterráneas .....	97
2.2.2 Sistemas de distribución en B.T. ....	98
2.2.2.1 Esquema TT .....	99
2.2.2.2 Esquema TN.....	100
2.2.2.3 Esquema IT .....	102
2.3 INFLUENCIA DE LA NATURALEZA DE LA CORRIENTE EN LA SECCIÓN Y PESO DE LOS CONDUCTORES.....	104
2.3.1 Estudio comparativo C.C.-C.A. monofásica .....	105
2.3.2 Estudio comparativo C.A. monofásica - C.A. trifásica .....	107
2.3.3 Estudio comparativo C.C. – C.A. trifásica .....	109
2.4 INFLUENCIA DE LA TENSIÓN EN LA ELECCIÓN DE LA SECCIÓN DE LA LÍNEA .....	110
2.5 EL CONDUCTOR ELÉCTRICO.....	111
2.5.1 Conductores aislados .....	114
2.5.2 Designación de conductores para B.T. ....	115
2.5.2.1 Cables eléctricos de tensión asignada hasta 450/750 V (UNE 20434). ....	116
2.5.2.2 Cables eléctricos de tensión asignada 0,6/1 kV (UNE 21123, UNE 21030).....	117
2.5.3 Resistencia del aislamiento de un conductor.....	118
2.5.4 Comparación entre conductores de cobre y de aluminio.....	119
2.5.4.1 Comparación entre las secciones a igualdad de resistencia eléctrica y longitud .....	120
2.5.4.2 Comparación entre los pesos a igualdad de resistencia eléctrica y longitud .....	120
2.5.4.3 Comparación entre las resistencias mecánicas a tracción a igualdad de resistencia eléctrica y longitud.....	121
2.5.4.4 Comparación entre los costes de conductor a igualdad de resistencia y longitud.....	121
2.5.5 Relación entre las intensidades máximas en conductores de cobre y de aluminio .....	122
2.6 EL CUADRO ELÉCTRICO .....	123
2.6.1 Código IP.....	124
2.6.2 Código IK .....	126

2.7	EL CORTOCIRCUITO .....	127
2.7.1	Tipos de cortocircuitos .....	127
2.7.2	Valor y forma de la corriente de cortocircuito .....	128
2.7.2.1	Cortocircuito alejado de los generadores. ....	129
2.7.2.2	Cortocircuito próximo a los generadores. ....	133
2.7.3	Cálculo de la corriente de cortocircuito.....	134
2.7.3.1	Corriente de cortocircuito máxima.....	135
2.7.3.2	Corriente de cortocircuito mínima .....	136
2.7.4	Intensidad de cortocircuito máxima y mínima en un conductor .....	136
2.7.5	Intensidad de cortocircuito en una línea A.T. -Transformador-B.T.....	137
2.7.6	Intensidad de cortocircuito con transformadores en paralelo .....	138
2.8	CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL RBT .....	140
2.9	LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN EN EL RBT .....	140
2.10	LOS NIVELES DE AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES EN EL RBT.....	141
	PROBLEMA 2.1 .....	143
	PROBLEMA 2.2 .....	145
	PROBLEMA 2.3 .....	146
	PROBLEMA 2.4 .....	147
	PROBLEMA 2.5 .....	149
	PROBLEMA 2.6 .....	152

### **CAPÍTULO 3. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LOS CONDUCTORES DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN.....155**

3.1	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE UN CONDUCTOR .....	156
3.1.1	Cálculo de la sección por calentamiento .....	157
3.1.2	Cálculo de la sección por caída de tensión .....	160
3.1.3	Cálculo de la sección por cortocircuito .....	163
3.1.4	Cálculo de la sección por resistencia mecánica.....	165
3.1.5	Cálculo de la sección por consideraciones económicas .....	165
3.2	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR EN UNA LÍNEA DE CORRIENTE ALTERNA, Y DE CORRIENTE CONTINUA, CON CARGA ÚNICA .....	167
3.2.1	Líneas monofásicas.....	168
3.2.2	Líneas trifásicas .....	170
3.2.3	Líneas de corriente continua.....	173
3.2.4	Diagrama de flujo para el cálculo.....	173
3.3	LÍNEAS ABIERTAS CON CARGAS DISTRIBUIDAS.....	175
3.3.1	Líneas monofásicas.....	175
3.3.2	Líneas trifásicas .....	179
3.4	LÍNEAS ABIERTAS CON CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS..	181
3.4.1	Líneas monofásicas sin carga en el origen .....	181
3.4.2	Líneas monofásicas con carga en el origen .....	183
3.4.3	Líneas trifásicas .....	184

3.5	LÍNEAS ABIERTAS CON CARGAS IRREGULARMENTE DISTRIBUIDAS Y OTRAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS.....	185
3.5.1	Líneas monofásicas.....	185
3.5.2	Líneas trifásicas .....	186
3.6	LÍNEAS ABIERTAS CON DERIVACIONES .....	186
3.7	LÍNEA CERRADA ALIMENTADA POR LOS DOS EXTREMOS A LA MISMA TENSIÓN .....	189
3.7.1	Método exacto .....	189
3.7.2	Método aproximado.....	191
3.8	LÍNEAS EN ANILLO .....	192
3.9	CAÍDA DE TENSIÓN EN UNA LÍNEA CERRADA DE SECCIÓN NO UNIFORME.....	192
3.10	LÍNEAS IMPERFECTAMENTE CERRADAS.....	194
3.11	LÍNEAS ABIERTAS INDUCTIVAS.....	194
3.11.1	Línea monofásica inductiva. Caída de tensión .....	194
3.11.2	Línea trifásica inductiva. Caída de tensión.....	196
3.11.3	Líneas inductivas. Etapas para el cálculo .....	197
3.12	RESUMEN DE LAS FÓRMULAS DE USO MÁS FRECUENTE .....	198
	PROBLEMA 3.1 .....	199
	PROBLEMA 3.2 .....	201
	PROBLEMA 3.3 .....	203
	PROBLEMA 3.4 .....	207
	PROBLEMA 3.5 .....	211
	PROBLEMA 3.6 .....	215
	PROBLEMA 3.7 .....	219

#### **CAPÍTULO 4. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN AÉREAS Y SUBTERRÁNEAS EN BT. CÁLCULO ELÉCTRICO..... 221**

4.1	REDES DE DISTRIBUCIÓN EN BT .....	222
4.1.1	Acometida.....	222
4.1.2	Caída de tensión.....	223
4.2	REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT CON CONDUCTORES DESNUDOS .....	225
4.3	REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT CON CONDUCTORES AISLADOS UNIPOLARES .....	226
4.4	REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT CON CONDUCTORES AISLADOS TRENZADOS EN HAZ.....	227
4.4.1	Cálculo eléctrico .....	229
4.5	REDES SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN B.T.....	236
4.5.1	Conductores.....	237
4.5.2	Fusibles para la protección del conductor .....	238
4.5.3	Puesta a tierra del neutro .....	239
4.6	REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN EL RBT. GENERALIDADES ..	240
4.6.1	Intensidades máximas admisibles por los conductores .....	243

4.7 REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN EL REGLAMENTO ELÉCTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN .....	246
4.7.1 Intensidades máximas admisibles por los conductores en instalaciones enterradas .....	248
4.7.2 Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares .....	254
4.8 RESUMEN DEL CÁLCULO ELÉCTRICO DE UNA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN. PREVISIÓN DE CARGA .....	255
4.8.1 Normas particulares de Iberdrola para la previsión de cargas y carga total en la red .....	255
4.8.1.1 Carga correspondiente al conjunto de viviendas ( $P_1$ ) .....	256
4.8.1.2 Carga correspondiente a locales comerciales, oficinas e industrias ( $P_2$ y $P_3$ ) .....	256
4.8.1.3 Carga correspondiente a los servicios ( $P_4$ ) .....	256
4.8.1.4 Índices para la planificación de la red .....	257
4.8.1.5 Cálculo para determinar la carga total en la red .....	257
PROBLEMA 4.1 .....	260
PROBLEMA 4.2 .....	265
PROBLEMA 4.3 .....	271
PROBLEMA 4.4 .....	287
<b>CAPÍTULO 5. INSTALACIÓN DE ENLACE .....</b>	<b>291</b>
5.1 PREVISIÓN DE CARGAS EN EDIFICIOS .....	292
5.2 LA INSTALACIÓN DE ENLACE: DEFINICIÓN, PARTES .....	295
5.3 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN .....	299
5.3.2 Normas particulares de Iberdrola .....	300
5.4 CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO AL PRINCIPIO DE LA INSTALACIÓN .....	302
5.5 LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN .....	303
5.5.1 Instalación .....	303
5.5.2 Cables .....	304
5.5.3 Normas particulares de Iberdrola .....	308
5.6 CENTRALIZACIÓN DE CONTADORES .....	311
5.7 DERIVACIÓN INDIVIDUAL .....	313
5.7.1 Instalación .....	314
5.7.2 Cables .....	314
5.7.3 Normas particulares de Iberdrola .....	321
5.8 DISPOSITIVOS GENERALES DE MANDO Y PROTECCIÓN .....	322
5.9 RESUMEN .....	323
PROBLEMA 5.1 .....	327
PROBLEMA 5.2 .....	330
PROBLEMA 5.3 .....	334
PROBLEMA 5.4 .....	338
PROBLEMA 5.5 .....	340
PROBLEMA 5.6 .....	344

<b>CAPÍTULO 6. INSTALACIONES DE INTERIOR.....</b>	<b>347</b>
6.1 PRESCRIPCIONES GENERALES EN INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. ITC-BT-19 .....	348
6.2 SISTEMAS DE INSTALACIÓN EN INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. ITC-BT-20 .....	356
6.3 TUBOS Y CANALES PROTECTORES EN INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. ITC-BT-21 .....	358
6.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES EN INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. ITC-BT-22 .....	362
6.5 INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. ITC-BT-25, 26 Y 27 .....	364
6.5.1 Grados de electrificación .....	364
6.5.2 Protección general .....	365
6.5.3 Circuitos independientes.....	366
6.5.4 Características de los circuitos .....	368
6.5.5 Puntos de utilización.....	371
6.5.6 Conductores.....	373
6.5.7 Canalizaciones .....	373
6.5.8 Tomas de tierra .....	373
6.5.9 Lugares con duchas, bañeras, etc.....	373
6.6 OTRAS INSTALACIONES EN EDIFICIO DE VIVIENDAS.....	374
6.6.1 Garajes .....	374
6.6.2 Ascensores .....	375
6.7 INSTALACIONES EN EDIFICIOS SINGULARES E INDUSTRIALES.....	375
6.7.1 Factor de simultaneidad.....	377
6.7.2 Factor de utilización .....	378
6.8 LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA. ITC-BT-28.....	378
6.8.1 Campos de aplicación.....	378
6.8.2 Alimentación de los servicios de seguridad .....	379
6.8.3 Fuentes propias de energía .....	380
6.8.4 Suministros complementarios o de seguridad .....	380
6.8.5 Alumbrado de emergencia.....	380
6.8.6 Suministros complementarios.....	382
6.8.7 Generalidades .....	383
6.8.8 Prescripciones complementarias para locales de espectáculos y actividades recreativas .....	384
6.8.9 Prescripciones complementarias para locales de reunión y trabajo .....	384
6.9 LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN. ITC-BT-29 .....	385
6.10 LOCALES CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES. ITC-BT.30.....	386
6.10.1 Instalaciones en locales húmedos .....	387
6.10.2 Instalaciones en locales mojados.....	387
6.10.3 Instalaciones en locales con riesgo de corrosión.....	388
6.10.4 Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión.....	388
6.10.5 Instalaciones en locales a temperatura elevada .....	389
6.10.6 Instalaciones en locales a muy baja temperatura.....	389

6.10.7	Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores .....	390
6.10.8	Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico .....	390
6.10.9	Instalaciones en otros locales de características especiales .....	390
6.11	INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES .....	390
6.11.1	Instalaciones con fines especiales. Piscinas y puentes. ITC-BT-31 .....	391
6.11.2	Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte. ITC-BT-32 .....	391
6.11.3	Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras. ITC-BT-33 .....	391
6.11.4	Instalaciones con fines especiales. Ferias y stands. ITC-BT-34 .....	392
6.11.5	Instalaciones con fines especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas. ITC-BT-35 .....	392
6.12	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES EN LAS INSTALACIONES INTERIORES .....	393
	PROBLEMA 6.1 .....	394
	PROBLEMA 6.2 .....	399
	PROBLEMA 6.3 .....	400
	PROBLEMA 6.4 .....	403
	PROBLEMA 6.5 .....	405
	PROBLEMA 6.6 .....	416
	PROBLEMA 6.7 .....	417
	<b>CAPÍTULO 7. APARAMENTA EN BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>421</b>
7.1	APARAMENTA ELÉCTRICA. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN .....	422
7.2	MAGNITUDES ELÉCTRICAS CARACTERÍSTICAS DE LOS APARATOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN .....	423
7.3	APARATOS DE MANIOBRA .....	424
7.3.1	Seccionador .....	424
7.3.1.1	Seccionador bajo carga .....	425
7.3.2	Interruptor .....	426
7.3.3	Contactador .....	427
7.3.3.1	Relé electromagnético .....	431
7.4	APARATOS DE PROTECCIÓN .....	432
7.4.1	Fusible .....	433
7.4.1.1	Fusibles. Características eléctricas básicas .....	438
7.4.1.2	Fusibles. Clasificación .....	442
7.4.1.3	Fusibles. Protección contra cortocircuitos en una línea derivada .....	444
7.4.1.4	Fusibles. Selectividad .....	447
7.4.2	Disyuntores .....	448
7.4.2.1	Disyuntores protectores de sobrecargas y cortocircuitos ....	448
7.4.2.2	Disyuntor magnético .....	452
7.4.2.3	Disyuntor térmico .....	454
7.4.2.4	Disyuntor magnetotérmico .....	458
7.4.2.5	Disyuntor diferencial .....	461

7.4.2.6	Relé diferencial .....	466
7.4.3	Las protecciones contra sobretensiones en BT .....	466
7.5	<b>PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS</b>	
	<b>DE LAS LÍNEAS: CÁLCULO DEL DISPOSITIVO .....</b>	<b>471</b>
7.5.1	Protección contra sobrecargas .....	473
7.5.2	Protección contra cortocircuitos .....	473
7.5.3	Longitud máxima del conductor protegida por un fusible, o interruptor automático .....	475
7.6	<b>SELECTIVIDAD .....</b>	<b>477</b>
7.6.1	Selectividad entre fusibles .....	478
7.6.2	Selectividad entre fusibles automáticos .....	479
7.6.3	Selectividad entre fusible e interruptor automático .....	481
7.6.4	Selectividad diferencial .....	482
7.7	<b>LA PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES EN EL RBT .....</b>	<b>483</b>
7.8	<b>LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL EN EL RBT .....</b>	<b>485</b>
7.9	<b>LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN EL RBT .....</b>	<b>486</b>
	<b>PROBLEMA 7.1 .....</b>	<b>489</b>
	<b>PROBLEMA 7.2 .....</b>	<b>491</b>
	<b>PROBLEMA 7.3 .....</b>	<b>493</b>
	<b>PROBLEMA 7.4 .....</b>	<b>494</b>
	<b>PROBLEMA 7.5 .....</b>	<b>495</b>
	<b>PROBLEMA 7.6 .....</b>	<b>496</b>
	<b>PROBLEMA 7.7 .....</b>	<b>497</b>
	<b>PROBLEMA 7.8 .....</b>	<b>498</b>
	<b>PROBLEMA 7.9 .....</b>	<b>500</b>
	<b>PROBLEMA 7.10 .....</b>	<b>502</b>
	<b>PROBLEMA 7.11 .....</b>	<b>503</b>
	<b>PROBLEMA 7.12 .....</b>	<b>505</b>
	<b>PROBLEMA 7.13 .....</b>	<b>510</b>
	<b>CAPÍTULO 8. ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR .....</b>	<b>511</b>
8.1	LUMINOTECNIA. LA LUZ. EL COLOR .....	512
8.2	PROPIEDADES DE LA LUZ: REFLEXIÓN, REFRACCIÓN, TRANSMISIÓN, ABSORCIÓN .....	515
8.3	MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS .....	517
8.3.1	Flujo luminoso .....	518
8.3.2	Eficiencia luminosa .....	519
8.3.3	Intensidad luminosa .....	520
8.3.4	Iluminancia .....	521
8.3.5	Luminancia .....	523
8.3.6	Resumen de magnitudes y unidades .....	526
8.4	LEYES FUNDAMENTALES DE LA LUMINOTECNIA .....	526
8.4.1	Ley de la inversa del cuadrado de la distancia .....	526
8.4.2	Ley del coseno .....	528
8.5	LÁMPARAS Y LUMINARIAS .....	529

8.5.1	Lámparas .....	529
8.5.2	Características generales de los tipos de lámparas .....	533
8.5.2.1	Lámparas incandescentes convencionales (Tabla 8.8).....	533
8.5.2.2	Lámparas incandescentes halógenas (Tabla 8.9) .....	534
8.5.2.3	Lámparas fluorescentes (Tabla 8.10) .....	535
8.5.2.4	Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (Tabla 8.11) ..	536
8.5.2.5	Lámparas de luz mezcla (Tabla 8.12) .....	537
8.5.2.6	Lámparas de halogenuros metálicos (Tabla 8.13).....	538
8.5.2.7	Lámparas de vapor de sodio a baja presión (Tabla 8.14)....	539
8.5.2.8	Lámparas de vapor de sodio a alta presión (Tabla 8.15).....	540
8.5.3	Luminarias .....	541
8.5.4	Luminarias de interior .....	542
8.5.5	Luminarias de exterior .....	543
8.6	DIAGRAMAS DE ILUMINACIÓN .....	544
8.6.1	Diagrama polar o curvas de distribución luminosa .....	544
8.6.2	Curvas Isolux .....	546
8.7	ALUMBRADO DE INTERIORES. CÁLCULO POR EL MÉTODO DE LOS LÚMENES .....	548
8.7.1	Factor de mantenimiento y coeficiente de utilización .....	549
8.7.2	Cálculo del coeficiente de utilización.....	550
8.7.3	Cálculo de lámparas y luminarias.....	551
8.8	ALUMBRADO DE EXTERIORES .....	553
8.8.1	Método de los lúmenes .....	553
8.8.2	Curvas de utilización de luminarias. Cálculo del factor de utilización ..	557
8.9	ALUMBRADO CON PROYECTORES .....	559
	PROBLEMA 8.1 .....	560
	PROBLEMA 8.2 .....	562
	PROBLEMA 8.3 .....	563
	PROBLEMA 8.4 .....	564
	PROBLEMA 8.5 .....	565
	PROBLEMA 8.6 .....	567
	PROBLEMA 8.7 .....	568
	PROBLEMA 8.8 .....	570
	PROBLEMA 8.9 .....	572
	PROBLEMA 8.10 .....	575
	<b>CAPÍTULO 9. PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>579</b>
9.1	INTRODUCCIÓN Y FINALIDAD .....	580
9.2	EL TERRENO .....	583
9.3	LOS ELECTRODOS .....	585
9.4	ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA .....	589
9.4.1	Electrodo semiesférico .....	589
9.4.2	Resistencia eléctrica entre dos semiesferas enterradas.....	593
9.5	TENSIÓN DE CONTACTO Y TENSIÓN DE PASO .....	596
9.5.1	La tensión de contacto en función de la resistencia de tierra .....	597

9.6	LA RESISTENCIA DE TIERRA EN FUNCIÓN DE LA SENSIBILIDAD DEL INTERRUPTOR DIFERENCIAL .....	600
9.7	LA INSTALACIÓN DE PUESTA TIERRA EN EL REBT .....	603
9.7.1	Partes de que consta una puesta a tierra .....	604
9.7.2	Tomas de tierra. Electrodos .....	606
9.7.3	Conductores de tierra.....	606
9.7.4	Bornes de puesta a tierra.....	607
9.7.5	Los conductores de protección .....	608
9.7.6	Los conductores de unión equipotencial .....	609
9.7.7	Elementos a conectar a tierra. Edificios de viviendas. ITC-BT-26 .....	610
9.7.8	Puntos de puesta a tierra. Edificios de viviendas. ITC-BT-26 .....	610
9.7.9	Líneas principales de tierras. Derivaciones. Edificios de viviendas. ITC-BT-26 .....	611
9.7.10	Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación.....	611
9.8	MEDIDA DE LA PUESTA A TIERRA.....	611
	PROBLEMA 9.1 .....	613
	PROBLEMA 9.2 .....	614
	PROBLEMA 9.3 .....	615
	PROBLEMA 9.4 .....	616
	PROBLEMA 9.5 .....	617
	PROBLEMA 9.6 .....	618
	PROBLEMA 9.7 .....	619

## **CAPÍTULO 10. CÁLCULO MECÁNICO DE LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN**

	<b>AÉREAS EN BT .....</b>	<b>621</b>
10.1	LÍNEAS AÉREAS. CÁLCULO MECÁNICO.....	622
10.1.1	Ecuación de un cable tendido entre dos puntos. Catenaria. Vano. Flecha.....	622
10.1.2	Sobrecargas en los cables .....	625
10.1.2.1	Sobrecarga de viento .....	625
10.1.2.2	Sobrecarga de hielo .....	627
10.1.2.3	Cambio de temperatura .....	627
10.1.3	Ecuación de cambio de condiciones.....	628
10.1.4	Vano ideal de regulación. Cálculo mecánico del conductor. Flechas de tendido por vano .....	633
10.2	APOYOS. TIPOS DE APOYOS .....	636
10.2.1	Esfuerzos en los apoyos.....	637
10.2.2	Cálculo de un apoyo .....	644
10.2.3	Cálculo de cimentaciones de un apoyo.....	648
10.2.4	Riostra y tornapunta.....	649
10.2.4.1	Estudio del tornapunta.....	650
10.3	REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT CON CONDUCTORES AISLADOS TRENZADOS EN HAZ. CARACTERÍSTICAS .....	651

10.4 REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN EL RBT. CÁLCULO MECÁNICO DE LOS CONDUCTORES .....	653
10.5 REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN EN EL RBT. CÁLCULO MECÁNICO DE LOS APOYOS.....	655
PROBLEMA 10.1 .....	656
PROBLEMA 10.2.....	658
PROBLEMA 10.3.....	660
PROBLEMA 10.4.....	662
<b>CAPÍTULO 11. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....</b>	<b>671</b>
11.1 DEFINICIÓN Y FUNCIONES DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	672
11.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	674
11.2.1 CT independiente, ct en punta, ct de paso, ct en anillo .....	675
11.2.2 CT de empresa y CT de cliente .....	677
11.2.3 CT de intemperie y CT de interior.....	678
11.2.4 CT según su acometida.....	679
11.2.5 CT según la forma constructiva.....	680
11.2.6 CT según su localización geográfica .....	680
11.3 CONSTITUCIÓN DE UN CT .....	681
11.3.1 Edificio .....	681
11.3.2 Celdas de MT: formas constructivas .....	682
11.3.3 Celdas de MT: tipos. Equipamiento de un CT de empresa y un CT de abonado.....	684
11.3.4 Transformador .....	687
11.3.4.1 Tipos constructivos de transformadores.....	690
11.3.4.2 Potencia de los transformadores. Cálculo de la potencia del CT .....	692
11.3.4.3 Grupo de conexión e índice horario .....	695
11.3.4.4 Tensión de cortocircuito del transformador .....	697
11.3.4.5 Caída de tensión en el transformador.....	698
11.3.4.6 Rendimiento del transformador.....	699
11.3.4.7 Acoplamiento en paralelo de transformadores.....	701
11.3.5 Cuadro de baja tensión .....	702
11.3.6 Equipos de medida.....	703
11.4 RÉGIMEN DEL NEUTRO EN EL CT .....	703
11.5 APARAMENTA DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN EN MT EN LOS CT.....	704
11.5.1 Características comunes de los aparatos de maniobra y protección en MT.....	706
11.5.2 Protecciones en MT en el CT .....	709
11.5.2.1 Protecciones propias del transformador .....	711
11.5.2.2 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en MT .....	713
11.5.2.3 Protección contra sobretensiones .....	719
11.5.2.4 Otras protecciones en los CT .....	721
11.5.3 Aparamenta de maniobra en MT.....	721
11.5.3.1 Aparamenta de maniobra: seccionadores.....	722

11.5.3.2	Aparamenta de maniobra: interruptores, interruptores automáticos, interruptores-seccionadores .....	724
11.6	MANIOBRAS EN LOS CT .....	729
11.7	PUESTA A TIERRA EN LOS CT .....	730
11.7.1	Sistemas de puesta a tierra .....	730
11.7.2	Partes de la puesta a tierra .....	733
11.7.3	Cálculo de la puesta a tierra .....	733
11.7.4	Descripción del método UNESA .....	736
11.7.4.1	Mallazo en CT en edificio .....	736
11.7.4.2	Mallazo en CT sobre apoyo .....	737
11.7.4.3	Configuración de los electrodos .....	738
11.7.4.4	Procedimiento de cálculo .....	739
11.7.4.5	Otro procedimiento de cálculo .....	744
11.8	VENTILACIÓN DE UN CT .....	745
11.9	CÁLCULO DE UN CT .....	747
11.9.1	Cálculos eléctricos de un ct .....	748
11.10	EJEMPLOS DE CT FRECUENTES .....	752
11.10.1	CT sobre poste .....	752
11.10.2	CT compacto bajo poste .....	754
11.10.3	CT de superficie .....	755
11.10.4	CT subterráneo .....	757
11.10.5	CT en edificio de otros usos .....	758
PROBLEMA 11.1	.....	760
PROBLEMA 11.2	.....	761
PROBLEMA 11.3	.....	762
PROBLEMA 11.4	.....	764
PROBLEMA 11.5	.....	766
PROBLEMA 11.6	.....	767
PROBLEMA 11.7	.....	769
PROBLEMA 11.8	.....	771
PROBLEMA 11.9	.....	773
PROBLEMA 11.10	.....	775
<b>CAPÍTULO 12. SEGURIDAD ELÉCTRICA EN B.T.</b>	<b>.....</b>	<b>779</b>
12.1	DEFINICIONES SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....	780
12.2	RIESGO ELÉCTRICO .....	784
12.3	EFFECTOS DE LA CORRIENTE SOBRE EL CUERPO HUMANO .....	786
12.4	FACTORES DE LOS QUE DEPENDEN LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS SOBRE EL CUERPO HUMANO DEBIDO AL PASO DE LA CORRIENTE ...	788
12.4.1	Influencia de la corriente eléctrica y del tiempo de paso .....	788
12.4.2	Influencia de la tensión de contacto .....	790
12.4.3	Influencia de la impedancia del cuerpo humano .....	792
12.4.4	Influencia del recorrido de la corriente .....	795
12.4.5	Naturaleza de la corriente .....	796
12.4.6	Capacidad de reacción .....	796

12.5 TIPOS DE ACCIDENTES POR CONTACTO ELÉCTRICO .....	797
12.5.1 Contacto eléctrico directo .....	798
12.5.2 Contacto eléctrico indirecto .....	799
12.6 PROTECCIONES EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	800
12.6.1 Equipos de protección individual .....	801
12.6.2 Protección de las personas del contacto directo e indirecto en las instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT-24) .....	801
12.6.2.1 Protección de las personas del contacto directo e indirecto .....	802
12.6.2.2 Protección de las personas del contacto directo .....	803
12.6.2.3 Protección de las personas del contacto indirecto .....	804
12.6.2.4 Distribución TT. Intensidad en un contacto directo fase-tierra .....	811
12.6.2.5 Distribución TT. Intensidad en un contacto indirecto .....	813
12.6.3 Seguridad de las máquinas .....	815
12.6.4 Protección del material eléctrico .....	816
12.7 TRABAJOS ELÉCTRICOS EN B.T. ....	821
12.7.1 Trabajos eléctricos sin tensión en instalaciones de B.T. ....	824
12.7.1.1 Supresión de la tensión .....	825
12.7.1.2 Reposición de la tensión .....	828
12.7.2 Trabajos eléctricos en tensión en instalaciones de B.T. ....	828
12.8 PRIMEROS AUXILIOS EN UN ACCIDENTE ELÉCTRICO .....	829
12.8.1 Respiración cardiopulmonar .....	832
12.8.1.1 Respiración boca a boca .....	832
12.8.1.2 Masaje cardíaco externo .....	834
PROBLEMA 12.1 .....	836
PROBLEMA 12.2 .....	839
PROBLEMA 12.3 .....	841
PROBLEMA 12.4 .....	842
PROBLEMA 12.5 .....	843
PROBLEMA 12.6 .....	847
PROBLEMA 12.7 .....	848
PROBLEMA 12.8 .....	849

## **CAPÍTULO 13. DOCUMENTACIÓN, EJECUCIÓN, TRAMITACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES..... 851**

13.1 DOCUMENTACIÓN, EJECUCIÓN, TRAMITACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES .....	852
13.2 MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO .....	856
13.3 PROYECTO TÉCNICO .....	857
13.3.1 Proyecto técnico. Fases. Calidad del proyecto .....	865
13.3.2 Ejecución y gestión de proyectos. Dirección de obra .....	867
13.3.3 Planificación del proyecto .....	870
13.3.4 Herramientas gráficas para la gestión de proyectos .....	871
13.3.4.1 Desglose de actividades (WBS) .....	872
13.3.4.2 Matriz de responsabilidades .....	873

13.3.4.3	Diagrama de flujo.....	874
13.3.4.4	Mapas de procesos .....	876
13.3.4.5	Diagrama de Gantt .....	878
13.3.4.6	Diagrama PERT-CPM.....	878
13.3.4.7	Microsoft Project.....	883
<b>CAPÍTULO 14. PROYECTO DE APLICACIÓN .....</b>		<b>893</b>
14.1	DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....	894
14.2	CÁLCULOS.....	896
<b>ANEXO 1. CONTENIDOS MÍNIMOS QUE DEBE INCLUIR UN PROYECTO ...</b>		<b>917</b>
<b>ANEXO 2. DOCUMENTACIÓN PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES .....</b>		<b>923</b>
<b>ANEXO 3. SIMBOLOGÍA .....</b>		<b>935</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>943</b>
<b>ÍNDICE ALFABÉTICO.....</b>		<b>945</b>