

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| AUTORES | 21 |
| AGRADECIMIENTOS | 23 |
| PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS..... | 25 |
| CAPÍTULO 1. CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA Y TRIFÁSICA..... | 27 |
| 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 Sistemas desequilibrados con neutro..... | 59 |
| 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

ELÉCTRICO. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO..... 89

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 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 |
| 2.2.1.1 Aéreas..... | 97 |
| 2.2.1.2 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 | 128 |
| 2.7.2 | Valor y forma de la corriente de cortocircuito..... | 129 |
| 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 | Intensidades 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 B.T. CÁLCULO ELÉCTRICO..... 221

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 | REDES DE DISTRIBUCIÓN EN B.T. | 222 |
| 4.1.1 | Acometida..... | 222 |
| 4.1.2 | Caída de tensión..... | 223 |
| 4.2 | REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN B.T. CON CONDUCTORES DESNUDOS | 225 |
| 4.3 | REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN B.T. CON CONDUCTORES AISLADOS UNIPOLARES | 226 |
| 4.4 | REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN B.T. 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 ELECTROTÉCNICO 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 |
| CAPÍTULO 5. INSTALACIÓN DE ENLACE | 291 |
| 5.1 PREVISIÓN DE CARGAS EN EDIFICIOS..... | 292 |
| 5.2 LA INSTALACIÓN DE ENLACE: DEFINICIÓN, PARTES..... | 295 |
| 5.3 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN | 299 |
| 5.3.1 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 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| CAPÍTULO 6. INSTALACIONES DE INTERIOR..... | 347 |
| 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 SOBREENTENSIDADES 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 |
| | CAPÍTULO 7. APARAMENTA EN BAJA TENSIÓN | 421 |
| 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 B.T. | 466 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.5 | PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS DE LAS LÍNEAS: CÁLCULO DEL DISPOSITIVO | 471 |
| 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 | SELECTIVIDAD | 477 |
| 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 | LA PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES EN EL RBT | 483 |
| 7.8 | LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL EN EL RBT | 485 |
| 7.9 | LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN EL RBT | 486 |
| | PROBLEMA 7.1 | 489 |
| | PROBLEMA 7.2 | 491 |
| | PROBLEMA 7.3 | 493 |
| | PROBLEMA 7.4 | 494 |
| | PROBLEMA 7.5 | 495 |
| | PROBLEMA 7.6 | 496 |
| | PROBLEMA 7.7 | 497 |
| | PROBLEMA 7.8 | 498 |
| | PROBLEMA 7.9 | 500 |
| | PROBLEMA 7.10 | 502 |
| | PROBLEMA 7.11 | 503 |
| | PROBLEMA 7.12 | 505 |
| | PROBLEMA 7.13 | 510 |
| | CAPÍTULO 8. ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR..... | 511 |
| 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..... | 533 |
| 8.5.2.2 | Lámparas incandescentes halógenas | 534 |
| 8.5.2.3 | Lámparas fluorescentes | 535 |
| 8.5.2.4 | Lámparas de vapor de mercurio a alta presión | 536 |
| 8.5.2.5 | Lámparas de luz mezcla | 537 |
| 8.5.2.6 | Lámparas de halogenuros metálicos | 538 |
| 8.5.2.7 | Lámparas de vapor de sodio a baja presión..... | 539 |
| 8.5.2.8 | Lámparas de vapor de sodio a alta presión | 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 |
| | CAPÍTULO 9. PUESTA A TIERRA | 579 |
| 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. Electrodo..... | 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

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| | AÉREAS EN B.T. | 621 |
| 10.1 | LÍNEAS AÉREAS. CÁLCULO MECÁNICO | 622 |
| 10.1.1 | Ecuación de un cable tendido entre dos puntos. Catenaria. Vano. Flecha..... | 622 |
| 10.1.1.1 | Sobrecargas en los cables | 625 |
| 10.1.1.2 | Sobrecarga de viento | 625 |
| 10.1.1.3 | Sobrecarga de hielo | 627 |
| 10.1.1.4 | Cambio de temperatura | 627 |
| 10.1.2 | Ecuación de cambio de condiciones..... | 628 |
| 10.1.3 | 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 |
| CAPÍTULO 11. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN..... | 671 |
| 11.1 DEFINICIÓN Y FUNCIONES DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN . | 672 |
| 11.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN..... | 674 |
| 11.2.1 CT según su alimentación..... | 675 |
| 11.2.2 CT según su propiedad | 677 |
| 11.2.3 CT según su emplazamiento..... | 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 M.T.: formas constructivas..... | 682 |
| 11.3.3 Celdas de M.T.: 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 M.T. EN LOS CT | 704 |
| 11.5.1 Características comunes de los aparatos de maniobra y protección en M.T. | 706 |
| 11.5.2 Protecciones en M.T. en el CT..... | 709 |
| 11.5.2.1 Protecciones propias del transformador | 711 |
| 11.5.2.2 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en M.T. | 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 M.T. | 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 |
| CAPÍTULO 12. SEGURIDAD ELÉCTRICA EN B.T. | 779 |
| 12.1 DEFINICIONES SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | 780 |
| 12.2 RIESGO ELÉCTRICO | 784 |
| 12.3 EFECTOS 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 |
| CAPÍTULO 14. PROYECTO DE APLICACIÓN..... | | 893 |
| 14.1 | DEFINICIÓN DEL PROYECTO | 894 |
| 14.2 | CÁLCULOS..... | 896 |
| ANEXO I. CONTENIDOS MÍNIMOS QUE DEBE INCLUIR UN PROYECTO ... | | 917 |
| ANEXO II. INTENSIDADES MÁXIMAS EN LOS CONDUCTORES EN INSTALACIONES INTERIORES. UNE 20460-5-523:2004 | | 923 |
| ANEXO III. SIMBOLOGÍA..... | | 931 |
| ANEXO IV. TABLAS PARA EL CÁLCULO MECÁNICO DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE B.T. CON CABLES TRENZADOS | | 939 |
| ANEXO V. CABLES DE DISTRIBUCIÓN, 0,6/1 KV INTENSIDADES MÁXIMAS UNE 211435:2007 | | 945 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 951 |
| ÍNDICE ALFABÉTICO | | 953 |