

ÍNDICE

Presentación	19
 <i>Tema 1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS REDES DE COMUNICACIONES</i>	
ANALÓGICAS Y DIGITALES	21
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos ...	23
2. Fundamentos de la comunicación	23
3. Introducción a los medios de transmisión de datos	24
3.1. Características físicas del medio	24
3.1.1. Características de las señales	25
3.1.2. Propagación de las señales en el medio	27
3.1.2.1. Atenuación	27
3.1.2.2. Retardo	28
3.1.2.3. Ruido	29
3.1.3. Capacidad de transmisión del medio	30
3.2. Medios de transmisión	31
4. Estructuras básicas en la comunicación	32
4.1. Tipos básicos de transmisión según las líneas empleadas	32
4.2. Tipos básicos de transmisión según el sentido de la información	33
4.3. Topologías de redes multipunto.....	34
5. Introducción a la transmisión de datos	35
5.1. Comunicaciones a través de medios analógicos	35
5.1.1. Información analógica	36
5.1.2. Información digital	36
5.2. Comunicaciones a través de medios digitales	38
5.2.1. Información digital	39
5.2.2. Información analógica	41
5.2.2.1. Muestreo. Teorema de muestreo de Shannon	41
5.2.2.2. Modulación	42
6. Principios generales de la multiplexación	43
7. Protocolos y control de enlace de datos	44

7.1. Control de acceso al medio	44
7.2. Control de enlace de datos	45
8. Conocimientos y Competencias adquiridas	45
9. Bibliografía	46
10. Palabras clave	46
11. Ejercicios resueltos	47
12. Ejercicios de autoevaluación	49
 Tema 2. REDES DE COMUNICACIONES. CONCEPTOS FUNDAMENTALES .	53
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos	55
2. El modelo OSI. TCP/IP	56
2.1. Modelo OSI	56
2.1.1. Capa Física	58
2.1.2. Capa de enlace de datos	58
2.1.3. Capa de red	59
2.1.4. Capa de transporte	59
2.1.5. Capa de sesión	60
2.1.6. Capa de presentación	60
2.1.7. Capa de aplicación	61
2.2. Modelo TCP/IP	61
3. Redes de área local	64
3.1. Topologías	64
3.1.1. Topología en bus	65
3.1.2. Topología en árbol	65
3.1.3. Topología en anillo	66
3.1.4. Topología en estrella	67
3.2. Medios y modos de transmisión	68
3.2.1. Cable de par trenzado	68
3.2.2. Cable coaxial	70
3.2.3. Fibra óptica	71
3.2.4. Transmisión inalámbrica	72
3.3. Modelo IEEE 802, IEEE 802.3 y Ethernet	72
3.3.1. Modelo de referencia IEEE 802	73
3.3.2. IEEE 802.3 y Ethernet	73
3.4. Dispositivos de interconexión de redes	76
3.5. Redes de área local de alta velocidad	77
4. Redes de área amplia. Componentes. Redes IP	77

4.1. Características generales	78
4.2. Protocolos: HDLC, PPP, FR, RDSI, ADSL	79
4.2.1. Protocolo HDLC	80
4.2.2. Protocolo PPP	80
4.2.3. Protocolo Frame Relay	82
4.2.4. RDSI y ADSL	83
4.3. Redes IP: redes WAN públicas	88
4.4. Direccionamiento IP y encaminamiento IP	89
4.5. Comunicación IP cliente/servidor mediante socket....	94
5. Sistemas de comunicaciones inalámbricas y móviles	96
5.1. Conceptos básicos	97
5.1.1. Efectos de la propagación	97
5.1.2. Reducción de los efectos de la propagación.....	99
5.2. Diseño de redes inalámbricas y móviles	101
5.2.1. Elementos básicos	101
5.3. Redes móviles: WLAN, WPAN, WMAN, WWAN	104
5.3.1. Redes de área local (WLAN)	105
5.3.1.1. La norma IEEE 802.11	106
5.3.1.2. HiperLAN	107
5.3.1.3. Óptica del espacio libre	107
5.3.2. Redes de área personal (WPAN)	108
5.3.2.1. Bluetooth (IEEE 802.15.1)	109
5.3.2.2. UBW (IEEE 802.15.3)	109
5.3.2.3. ZigBee (IEEE 802.15.4)	109
5.3.2.4. IrDA	109
5.3.3. Redes fijas de acceso inalámbrico (WMAN)	110
5.3.3.1. Banda ancha (MMDS y LMDS)	110
5.3.3.2. Normas ETSI	110
5.3.3.3. WiMAX (IEEE 802.16)	111
5.3.3.4. IEEE 802.20 e IEEE 802.22	112
5.3.3.5. Banda estrecha (WLL)	112
5.3.4. Redes de acceso celular (WWAN)	113
5.3.4.1. Configuración de los sistemas celulares ..	113
5.3.4.2. Normas internacionales	114
6. Seguridad en las comunicaciones	115
6.1. Factores de inseguridad en sistemas y dispositivos ...	116
6.1.1. Problemas de seguridad física	116

6.1.2. Problemas generales de seguridad en sistemas operativos y aplicaciones	118
6.1.3. Problemas comunes de seguridad en sistemas operativos	120
6.1.4. Problemas comunes de seguridad en aplicaciones	121
6.2. Factores de inseguridad en dispositivos de comunicaciones	122
6.3. Soluciones actuales en sistemas y dispositivos	123
6.3.1. Políticas de seguridad	125
6.4. Defensas no criptográficas	128
6.4.1. Cortafuegos	128
6.4.2. Sistemas de detección de intrusiones	130
6.4.3. Detectores de vulnerabilidades	131
6.5. Defensas criptográficas	132
6.5.1. Algoritmos criptográficos	133
6.5.2. Protocolos criptográficos	137
7. Calidad de Servicio	139
7.1. Aproximaciones estándar a la calidad de servicio en redes	140
7.2. Encaminadores y calidad de servicio.....	143
8. Conocimientos y Competencias adquiridas	144
9. Bibliografía	145
10. Palabras clave	146
11. Ejercicios resueltos	146
12. Ejercicios de autoevaluación	148
 Tema 3. BASES DE LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES	 151
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos ..	153
2. Características generales de los procesos industriales y de los métodos de explotación de los sistemas de fabricación .	155
3. Modelos jerárquicos	161
4. Características temporales de los sistemas industriales	167
4.1. Definiciones de tiempo real	168
5. Sistemas en tiempo real	170
5.1. Mensajes	172
5.2. Políticas de planificación de mensajes en tiempo real	177
5.3. Prioridades, planificaciones estáticas y dinámicas y algoritmos de planificación	178

5.3.1. Planificación cíclica	181
5.3.2. Planificación estática	182
5.3.3. Planificación dinámica	183
5.3.3.1. Algoritmo de planificación <i>Rate Monotonic</i>	183
5.3.3.2. Algoritmo de planificación <i>Deadline Monotonic</i>	185
6. Mecanismos de sincronización entre aplicaciones distribuidas. Modelos de sistemas distribuidos y programación	186
7. Evaluación de redes	187
8. Conocimientos y Competencias adquiridas	191
9. Bibliografía	191
10. Palabras clave	192
11. Ejercicios resueltos	192
12. Ejercicios de autoevaluación	194
 Tema 4. MODELO OSI DE REDES INDUSTRIALES. BUSES DE CAMPO	197
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos	199
2. El modelo OSI en las redes industriales	199
3. Buses de campo	201
3.1. Introducción	201
3.2. Historia y tendencias	203
3.3. Funciones y características	208
3.4. Estandarización (IEC y de-facto)	210
3.4.1. Introducción	211
3.4.2. Comparativa y funcionalidades básicas	214
3.5. Paradigmas de comunicación y de planificación	218
3.5.1. Paradigmas de comunicación	218
3.5.2. Paradigmas de planificación	220
4. Conocimientos y competencias adquiridas	224
5. Bibliografía	224
6. Palabras clave	225
7. Ejercicios resueltos	225
8. Ejercicios de autoevaluación	228

Tema 5. BUS DE CAMPO PROFIBUS	231
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos.....	233
2. Perfiles y niveles OSI del protocolo PROFIBUS	234
3. Capa física (PHY)	235
3.1. Medio físico	235
3.2. Métodos de transmisión	237
3.3. Topología	238
4. Capa de enlace de datos (FDL).....	240
4.1. Acceso al medio	241
4.2. Procedimientos de transmisión.....	243
4.3. Gestión del testigo	243
4.3.1. Paso de testigo	244
4.3.1.1. Recepción del testigo	244
4.3.1.2. Transmisión del testigo	244
4.3.2. Conexión y desconexión de estaciones	246
4.3.3. Inicialización del anillo lógico	248
4.3.4. Tiempo de rotación objetivo	249
4.4. Modo de envío	251
4.5. Petición del estado de todas las estaciones	252
4.6. Prioridades de las tramas	252
4.7. Estructura de las tramas	254
4.7.1. Tramas de longitud fija sin campo de datos	254
4.7.2. Tramas de longitud fija con campo de datos	260
4.7.3. Trama con campo de datos de longitud variable	261
4.7.4. Trama testigo	261
5. Seguridad en los datos y gestión de errores	262
6. Servicios de transferencia de datos.....	263
7. Conocimientos y Competencias adquiridas	264
8. Bibliografía	264
9. Palabras clave	265
10. Ejercicios resueltos	265
11. Ejercicios de autoevaluación.....	268
 Tema 6. BUS DE CAMPO WORLDVIP	 271
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos.....	273
2. Arquitectura de niveles del protocolo.....	273
3. Capa física	274

3.1. Velocidades de transmisión	276
3.2. Distancias mínimas	276
3.3. Codificación	277
3.4. Codificación de las tramas	277
4. Capa de enlace de datos.....	278
4.1. Variables y mensajes	279
4.2. Interfaces con la capa física y la capa de aplicación ..	280
4.3. Mecanismos de asignación del acceso al medio	281
4.4. Tabla de consulta periódica	283
4.5. Peticiones de transferencia aperiódicas de variables	286
4.6. Petición de transferencia de mensajes sin reconocimiento .	288
4.7. Petición de transferencia de mensajes con reconocimiento	290
4.8. Tramas	291
4.9. Temporizadores	294
4.10. Máquina de estados del árbitro de bus	296
4.11. Máquina de estados de la entidad consumidora/ productora	298
5. Capa de aplicación	302
5.1. Lectura/escritura local	303
5.2. Indicaciones de la recepción/transmisión de una variable	303
5.3. Lectura/escritura remota	304
5.4. Puntualidad (<i>promptness</i>) y actualización (<i>refreshment</i>) ..	306
5.5. Consistencia espacial y temporal	306
6. Conocimientos y competencias adquiridas	306
7. Bibliografía	307
8. Palabras clave	308
9. Ejercicios resueltos	308
10. Ejercicios de autoevaluación	311
Tema 7. EL BUS DE COMUNICACIONES CAN	315
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos.....	317
2. Origen histórico y evolución del bus CAN	318
3. Introducción al bus CAN	320
4. Nodo CAN.....	321
5. Capa de enlace de datos.....	322
5.1. Formato de la trama de datos y remota	323
5.2. Gestión de acceso al medio	325

5.3. Codificación de la trama	327
5.4. Detección y Gestión de errores	328
5.5. Aislamiento de nodos con fallo	329
5.6. Filtros y máscaras en controladores CAN	330
6. Capa física	331
7. Bus de Campo DeviceNet	336
Capa física	336
7.1. Capa de aplicación	337
7.1.1. Modelo Maestro/esclavo	341
8. Conocimientos y competencias adquiridas	345
9. Bibliografía	346
10. Palabras clave	346
11. Ejercicios resueltos	346
12. Ejercicios de autoevaluación	349

Tema 8. BUSES Y PROTOCOLOS EN DOMÓTICA, INMÓTICA Y

HOGAR DIGITAL	353
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos.....	355
2. Introducción a los conceptos básicos	355
2.1. Domótica. Reseña histórica	355
2.2. Inmótica.....	356
2.3. Hogar Digital. OSGi.....	357
3. Niveles físicos de transmisión	359
3.1. Cableados.....	359
3.2. Inalámbricos. Zigbee	360
4. Estándares, Protocolos, arquitecturas y buses en domótica e inmótica	362
4.1. Konnex.....	362
4.1.1. Generalidades del sistema KNX-EIB	363
4.1.2. Topología y telegrama en KNX-EIB	363
4.2. SCP.....	367
4.2.1. Topología de la red LON	369
4.2.2. Protocolos de comunicación del sistema LonWorks©	370
4.3. Ondas portadoras. X-10.....	371
4.4. BACNet	372
4.5. Sistemas propietarios. Características.....	373

4.6. DALI.....	374
5. Estándares, Protocolos, arquitecturas y buses en el Hogar digital	375
5.1. Estándares, Protocolos, arquitecturas y buses en la red de datos	375
5.1.1. Ethernet, USB, FireWire y TCP/IP	376
5.1.2. WiFi Bluetooth	378
5.1.2.1. WiFi	378
5.1.2.2. Bluetooth	379
5.2. Estándares, Protocolos, arquitecturas y buses en la red multimedia y domestica.....	380
5.2.1. HAVi, UPnP, Jini	380
5.2.1.1. HAVi	380
5.2.1.2. UPnP	381
5.2.1.3. Jini	381
5.2.2. Estándares y Formatos de audio/video.....	382
6. Conocimientos y competencias adquiridas	383
7. Bibliografía.....	383
8. Palabras clave.....	384
9. Ejercicios resueltos	384
10. Ejercicios de autoevaluación.....	386
 Tema 9. ETHERNET INDUSTRIAL. APLICACIONES	 389
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos.....	391
2. Razones de uso	392
3. Soluciones basadas en Ethernet IEC 61784-2	396
3.1. EtherCAT	397
3.2. Ethernet Powerlink	401
3.3. Ethernet/IP	405
3.4. Profinet	408
3.4.1. Profinet IO (Periferia distribuida)	411
3.4.2. Profinet CBA (Automatización distribuida)	412
3.5. Otras	414
4. Redes Virtuales.....	414
5. Prioridad y Trunking	416
6. Conocimientos y Competencias adquiridas	417
7. Bibliografía	417

8. Palabras clave	418
9. Ejercicios resueltos	418
10. Ejercicios de autoevaluación.....	421

**Tema 10. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN AVANZADA.
INTERFACES Y CONTROL ELECTRÓNICO. SENSORES Y
ACTUADORES INTELIGENTES. SISTEMAS SCADA. BUS USB Y**

OTROS	423
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos.....	425
2. Control centralizado vs distribuido.....	426
3. Sensores inteligentes	430
4. El PC en los sistemas distribuidos de control Software SCADA	431
5. Los enlaces físicos RS-232, RS-422 y RS-485.	432
5.1. RS-232C	433
5.2. RS-422	437
5.3. RS-485	439
6. Bus USB.....	440
6.1. El bus USB en el entorno industrial	445
7. Conocimientos y Competencias adquiridas	446
8. Bibliografía	446
9. Palabras clave	446
10. Ejercicios resueltos	446
11. Ejercicios de autoevaluación	449

**Tema 11. OTROS BUSES DE CAMPO Y APLICACIONES DE
COMUNICACIONES Y CONTROL INDUSTRIAL**

COMUNICACIONES Y CONTROL INDUSTRIAL	453
1. Introducción, orientaciones para el estudio y objetivos.....	455
2. Sistemas de control y comunicación	445
2.1. HART	455
2.2. Bus de medidas	457
2.3. Bucle de corriente	459
2.4. GP-IB/HP-IB	460
3. Otros Sistemas de comunicaciones y control: FireWire....	462
3.1. FireWire versus USB	463
3.2. Niveles del protocolo del estándar	463
4. Sistemas de sensores inteligentes distribuidos	465

5. Las redes inalámbricas en las comunicaciones industriales y los buses de campo	467
5.1. Redes en malla (<i>Mesh</i>)	469
5.1.1. Wireless HART	469
5.1.2. ISA 100.11a	470
5.2. Ingeniería de protocolos de capa cruzada (<i>Cross-Layer</i>) ...	471
6. Otras aplicaciones	471
7. Conocimientos y Competencias adquiridas	476
8. Bibliografía	477
9. Palabras clave	477
10. Ejercicios resueltos	477
11. Ejercicios de autoevaluación	480
 SOLUCIONARIO.....	 483