

## INDICE

Prólogo	XXI
Introducción	XXIII
1. Introducción a los Sistemas de Radiocomunicación	1
1.1. Historia temprana de la radiocomunicación	1
1.2. Consideraciones generales	3
1.3. Qué es un sistema de comunicaciones móviles	5
1.3.1. Composición de un sistema de comunicaciones móviles	5
1.3.2. Clasificación de los sistemas móviles	5
1.3.3. Quién es quién en el mundo de las comunicaciones	7
1.3.4. Tipos de comunicaciones en los sistemas móviles	7
1.4. Terminología de los sistemas móviles	8
1.5. Evolución histórica de los sistemas móviles	10
1.5.1. Sistemas PMR (Private Mobile Radio)	10
1.5.2. Sistemas PMT (Public Mobile Telephony)	11
1.5.3. Telefonía inalámbrica	12
1.5.4. Sistemas de radiobúsqueda	13
1.5.5. Redes de área local sin hilos	14
1.5.6. Sistemas móviles de tercera generación	16
1.6. Perspectivas global	17
1.7. Organismos y planes de frecuencias	18
1.7.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)	18
1.7.2. Conferencia Europea de Administraciones Postales y de Telecomunicaciones (CEPT)	19
1.7.3. Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI)	20
1.7.4. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)	20
1.7.5. Comisión Federal de las Comunicaciones (FCC)	20
1.7.6. Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	21
Anexo I	21
Anexo II	25
<b>2. Conceptos Básicos Específicos de Radiocomunicación</b>	<b>29</b>
2.1. Introducción	29
2.2. Concepto de balance de potencia	30
2.2.1. Parámetros de la interfaz radio	30
2.2.2. Caracterización de una antena	31
2.2.2.1. Antena transmisora	32
2.2.2.2. Antena receptora	35
2.2.3. Caracterización de un enlace y balance de potencia	36
2.3. Concepto de ruido	38
2.3.1. Clasificación de ruido	39
2.3.2. Caracterización matemática del ruido térmico	40
2.3.2.1. Ruido en un cuadripolo	40
2.3.2.2. Ruido en un dipolo	42
2.3.2.3. Fórmula de ruido de Friis	42
2.3.2.4. Órdenes de magnitud en los sistemas de comunicaciones	43
2.4. Concepto de interferencia	45
2.4.1. Interferencia electromagnética	45

2.4.2. Intermudulaciones	47
2.4.3. Interferencia cocanal	49
2.4.4. Intermodulación producida en transmisores	50
2.4.5. Intermodulación producida en receptor	51
2.4.6. Respuestas parásitas del receptor	52
2.4.7. Técnicas de reducción de la intermudulación	52
2.4.8. Interferencia de canal adyacente	53
2.5. Concepto de propagación en canales móviles	53
2.5.1. Generalidades	53
2.5.2. Análisis del comportamiento del canal móvil	54
2.5.2.1. Distribución normal o gaussiana	56
2.5.2.2. Distribución Rayleigh	58
2.5.2.3. Distribución Rayleigh y log – normal: RLN	59
2.5.2.4. Distribución Nakagami – Rice	60
2.5.2.5. Conclusiones	61
2.5.3. Evolución de los métodos de estimación de la pérdida básica de trayecto	61
2.5.3.1. Modelo de propagación en tierra plana	63
2.5.3.2. Influencia conjunta del terreno y la atmósfera	65
2.5.3.3. Influencia de los obstáculos del terreno	73
2.5.3.4. Dos obstáculos del terreno	73
2.5.3.5. Múltiples obstáculos	75
2.5.4. Métodos empíricos de estimación de la pérdida de propagación en entornos móviles	76
2.5.4.1. El fenómeno de la propagación	76
2.5.4.2. Método de Lee	77
2.5.4.3. Método de Okumura – Hata	78
2.5.4.4. Modelo UIT (CCIR)	80
2.5.4.5. Modelo ángulo de despojamiento (Clearance Angle)	80
2.5.4.6. Método de Ikegami	81
2.5.4.7. Método de Walfisch – Bertoni	83
2.5.4.8. Método COST 231	84
2.5.4.9. Modelo UMTS TR 101 112	90
2.5.5. Modelos de propagación en interiores	92
2.5.5.1. Modelo de pendiente única	92
2.5.5.2. Modelo de múltiples paredes	92
2.5.5.3. Modelo UIT – R 8/1	93
2.5.5.4. Aspectos adicionales	93
2.5.6. Pérdidas por penetración en edificios	94
2.5.7. Teoría Geométrica de la Difracción (GTD)	94
2.5.7.1. La GTD frente a otras alternativas	95
2.5.7.2. Obtención de rayos	96
2.5.7.3. Representación matemática	98
2.5.7.4. Cálculo de los coeficientes de reflexión y difracción	101
2.5.7.5. Difracción múltiple	102
2.5.8. Medios heterogéneos	103
<b>3. Conceptos Básicos Multidisciplinares en la Radiocomunicación</b>	<b>105</b>
3.1. Introducción	105
3.2. Concepto de acceso múltiple	106

3.2.1. Acceso múltiple FDMA	107
3.2.2. Acceso múltiple TDMA	109
3.2.3. Acceso múltiple CDMA	112
3.2.3.1. CDMA de secuencia directa	112
3.2.3.2. CDMA de salto de frecuencia	113
3.2.3.3. Características de los sistemas CDMA	114
3.2.4. Acceso múltiple geográfico	115
3.2.5. Acceso múltiple por modulación de impulso de salto temporal	115
3.3. Concepto de modulación	117
3.3.1. Modulaciones analógicas	119
3.3.1.1. Modulación de amplitud (AM o amplitude Modulation)	119
3.3.1.2. Modulación de fase (PM o Phase Modulation)	120
3.3.1.3. Modulación de frecuencia (FM o frequency Modulation)	121
3.3.2. Modulaciones digitales	123
3.3.2.1. Codificación binaria de señales en banda base	124
3.3.2.2. Modulación de amplitud (ASK o amplitude Shift Keying)	124
3.3.2.3. Modulación de frecuencia (FSK o Frequency Shift Keying)	128
3.3.2.4. Modulación de fase (PSK o Phase Shift Keying)	133
3.3.2.5. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM o Quadrature Amplitude Modulation)	137
3.3.2.6. Modulación OFDM	139
3.3.3. Eficiencia espectral teórica	142
3.3.4. Técnicas de demodulación	143
3.3.4.1. Demodulación coherente	144
3.3.4.2. Demodulación incoherente	144
3.3.4.3. Comparación esquemas de demodulación	144
3.3.4.4. Modulaciones en los sistemas de comunicaciones	145
3.4. Concepto de tráfico	146
3.4.1. Conceptos fundamentales	146
3.4.2. Sistemas de pérdidas: Erlang B	148
3.4.3. Sistemas de espera: Erlang C	149
3.4.4. Dimensionamiento de redes	152
3.4.4.1. Dimensionamiento de redes con asignación fija	152
3.4.4.2. Dimensionamiento de redes con asignación troncal	153
3.4.4.3. Dimensionamiento de las redes de radiopaquetes	157
3.4.5. Medición del tráfico	163
<b>4. Estudio de la Transmisión Radio</b>	<b>165</b>
4.1. Introducción	165
4.1.1. El espectro radioeléctrico	166
4.1.2. Quién hace uso del espectro radioeléctrico	167
4.2. Planificación del enlace radio	168
4.2.1. Planificación inicial	168
4.2.2. Repetidores	170
4.2.2.1. Repetidores activos	170
4.2.2.2. Repetidores pasivos	171
4.2.2.3. Apuntes prácticos	175
4.2.3. Replanteos	177
4.2.3.1. Replanteo de los trayectos	177

4.2.3.2. Replanteo de las ubicaciones	179
4.3. Características de los equipos radio	179
4.3.1. Esquema general de bloques	179
4.3.2. Múltiple primario	180
4.3.1.2. Múltiple secundario	181
4.3.1.3. Módem	184
4.3.1.4. Transceptor	184
4.3.1.5. Branching	184
4.3.2. Configuraciones de un equipo radio	187
4.3.2.1. Aspectos relevantes de un enlace radio	189
4.4. Configuraciones de un equipo radio	187
4.3.2.1. Aspectos relevantes de un enlace radio	189
4.4. Propagación radio	190
4.4.1. Efectos atmosféricos	190
4.4.1.1. Índice de refracción	190
4.4.2. Propagación en espacio libre	195
4.4.3. Balance de potencia	196
4.4.4. Desvanecimiento en los enlaces radio	197
4.4.4.1. Desvanecimiento por difracción	197
4.4.4.2. Esparcimiento de haz (desenfoque)	199
4.4.4.3. Propagación multitrayecto	200
4.4.4.4. Conducción (ducting)	200
4.5. Planificación de frecuencias	200
4.5.1. Planificación de los canales frecuenciales	202
4.5.2. Reutilización de frecuencias	204
4.5.2.1. Plan a dos frecuencias (un par de frecuencias)	204
4.5.2.2. Plan a cuatro frecuencias (dos pares de frecuencias)	205
4.5.2.3. Plan a seis frecuencias (tres pares de frecuencias)	205
4.6. Estándares de disponibilidad y calidad	206
4.6.1. Introducción	206
4.6.2. Trayecto hipotético de referencia	206
4.6.3. Estándares de indisponibilidad (unavailability)	207
4.6.3.1. Causas de indisponibilidad	207
4.6.3.2. Objetivos de indisponibilidad	209
4.6.4. Estándares de calidad o rendimiento (performance)	209
4.6.4.1. Causas de no calidad (outage)	209
4.6.4.2. Objetivos de calidad	210
4.7. Diseño de enlace radio	212
4.7.1. Introducción	212
4.7.2. Mecanismo de desvanecimiento multitrayecto	212
4.7.3. Consideraciones generales	214
4.8. Jerarquías digitales PDH y SDH	215
4.8.1. Jerarquía digital plesiócrona	215
4.8.2. Jerarquía digital síncrona	219
4.8.2.1. Qué es SDH	219
4.8.2.2. Estructura SDH	220
4.8.2.3. Redes y equipamiento SDH	221
4.8.2.4. Sincronización de redes SDH	222

4.8.2.5. Radioenlaces SDH	225
Anexo I	228
Anexo II	234
Anexo III	237
Anexo IV	241
Anexo V	242
<b>5. Fundamentos de Sistemas de Radiotelefonía Móvil Privada</b>	<b>255</b>
5.1. Aspectos básicos	255
5.2. Sistemas de despacho	257
5.2.1. Alternativas al sistema básico: red heterofrecuencial	259
5.2.2. Alternativas al sistema básico: red isofrecuencial	259
5.3. Señalización CTSS (Continuous Tone Controlled Signalling System)	261
5.4. Sistemas de llamada selectiva (selcall)	263
5.5. Redes PMR de propósito específico	264
5.5.1. Redes móviles de datos	264
5.5.2. Redes móviles de cable radiante	266
5.5.3. Sistemas móviles de radiobúsqueda	266
5.5.3.1. POCSAG	268
5.5.3.2. ERMES	268
5.5.3.3. Familia FLEX	269
5.6. Diseño de los sistemas PMR	269
5.6.1. Cálculos de cobertura	269
5.6.2. Cálculos de intensidad de campo necesaria	269
5.7. Evolución de los sistemas PMR: sistemas troncales	275
5.7.1. Tipos y clasificación de sistemas troncales	275
5.7.2. Servicios disponibles	276
5.7.3. Canales de un sistema troncal	277
5.7.4. Desventajas de los sistemas troncales	277
5.7.5. Protocolo señalización MPT 1327	278
5.7.5.1. Introducción	278
5.7.5.2. Servicios	278
5.7.5.3. Servicio de transmisión de datos	279
5.7.5.4. Características físicas	279
5.7.5.5. Esquema de funcionamiento	281
5.7.5.6. Dimensionamiento canales de control MPT 1327	284
<b>6. Estudio del Sistema Radiotelefonía Privada DECT</b>	<b>285</b>
6.1. Sistema DECT: introducción	285
6.1.1. Evolución histórica	285
6.1.2. DECT como estándar ETSI	287
6.1.3. Generalidades	287
6.2. Capa Física y Especificaciones Radio	289
6.2.1. Datos generales	289
6.2.2. Canales de radiofrecuencia	289
6.2.3. Potencia de transmisión	289
6.2.4. Modulación	290
6.2.5. Otras características	291
6.3. Canales del Sistema	291
6.3.1. Multiacceso: TDMA: Canales físicos	291

6.3.2. Paquetes físicos	292
6.3.3. Canales físicos	294
6.3.4. Canales lógicos	294
6.4. Arquitectura de red	295
6.4.1. Terminología básica	295
6.4.2. Modelo de referencia DECT	296
6.4.3. Arquitectura de protocolos DECT	297
6.5. Gestión de la comunicación	299
6.5.1. Registro	299
6.5.2. Establecimiento de llamadas	299
6.5.3. Traspasos	299
6.5.4. Estados de funcionamiento	300
6.5.5. Procedimientos del terminal	301
6.6. Aspectos adicionales	302
6.6.1. Sincronización en la red	302
6.6.2. DCS (Dynamic Channel Selection)	303
6.6.3. Generic Access Profile (GAP)	304
6.6.4. DECT como miembro de la familia IMT - 2000	305
6.7. Referencia estandarizada ETSI	305
<b>7. Estudios del Sistema de Radiotelefonía Privada TETRA</b>	<b>307</b>
7.1. Sistema TETRA: introducción	307
7.1.1. Orígenes del sistema TETRA	307
7.1.2. Prestaciones del TETRA	308
7.1.3. Servicios TETRA	308
7.1.4. Interfaces del estándar TETRA	310
7.2. Especificaciones radio: nivel físico	311
7.2.1. Aspectos generales	311
7.2.2. Bandas de frecuencia	311
7.2.3. Características generales	312
7.2.4. Potencia de transmisión	312
7.2.5. Control de potencia	312
7.2.6. Modulación	313
7.2.7. Recepción en TETRA	314
7.2.8. Relaciones de protección	315
7.2.9. Multiacceso en TETRA	315
7.2.10. Jerarquía de tramas	316
7.2.11. Sincronización	317
7.3. Canales y ráfagas	317
7.3.1. Modos de funcionamiento	317
7.3.2. Proceso de conformación de la señal digital	317
7.3.3. Canales lógicos	318
7.3.4. Canales físicos	319
7.3.5. Ráfagas	320
7.3.6. Correspondencia entre canales lógicos y físicos	322
7.4. Modo directo de operación en TETRA	324
7.5. Arquitectura de la red TETRA	325
7.6. TETRA Release 2	325
7.7. Comparación del TETRA con otros sistemas	326

7.8. Referencia estandarizada ETSI	328
<b>8. Fundamento de Sistemas Móviles Celulares</b>	<b>331</b>
8.1. Introducción	331
8.1.1. El problema de los recursos escasos	332
8.1.2. la búsqueda de soluciones	332
8.2. Concepto de sistema celular	333
8.3. Características de los sistemas públicos celulares	335
8.4. Sistemas celulares frente a los sistemas PMR	335
8.5. Estudio de la geometría celular	336
5.8.1. Estructura celular	336
8.5.2. Análisis geométrico de las interferencias	341
8.6. Cálculo de interferencias e los sistemas celulares	344
8.6.1. Primera aproximación	346
8.6.2. Segunda aproximación	348
8.6.3. Tercera aproximación	348
8.7. Asignación de frecuencias en sistemas celulares	351
8.7.1. Estrategias de asignación de recursos	352
8.7.2. Métodos geométrico	354
8.7.3. Método heurístico	356
8.8. Aumento de la capacidad de las redes celulares	357
8.8.1. División celular y sectorización	357
8.8.2. Ampliación del número de canales	359
8.8.3. Préstamo de canales	359
8.8.4. Orientación hacia debajo de las antenas (downtilt)	359
8.8.5. Jerarquía de celdas	360
8.8.6. Celdas paraguas	360
8.9. Dimensiones de los sistemas celulares	360
8.10. Arquitectura de redes celulares	362
Anexo I	364
Anexo II	367
<b>9. Estudio del Sistema Móvil Celular 1G TACS</b>	<b>373</b>
9.1. Sistema TACS: Introducción	373
9.1.1. Aspectos generales	373
9.1.2. Otros sistemas analógicos de primera generación	375
9.1.3. Variantes del TACS	375
9.2. Sistema de señalización número 7	376
9.3. Especificaciones radioeléctricas	377
9.3.1. Bandas de frecuencias	377
9.3.2. Potencia de transmisión	378
9.3.3. Modulación tráfico	379
9.3.4. Modulación señalización	379
9.3.5. Tolerancias equipos radio	380
9.4. Canales de sistemas TACS	380
9.4.1. Canales	380
9.4.2. Tratamiento de la voz	383
9.5. Arquitectura de red	383
9.6. Gestión de la comunicación	386
9.6.1. Inicialización en el sistema y registro	386

9.6.2. Permanencia (idle)	386
9.6.3. Activación	387
9.6.4. Alerta	387
9.6.5. Reintento directo	387
9.6.6. Conversación	387
9.6.7. Traspaso	388
9.6.8. Servicios adicionales	388
9.6.9. Liberación	389
9.7. Aspectos adicionales	389
9.7.1. Dimensionamiento	389
9.7.2. Planificación frecuencial	389
9.7.3. Estaciones base	389
9.7.4. Balances de potencia	392
9.7.5. Perturbaciones sobre el canal móvil TACS	393
9.8. Diferencias técnicas TACS y AMPS	393
<b>10. Estudio del Sistema Móvil Celular de 2G GSM</b>	395
10.1. Sistema GSM: Introducción	395
10.1.1. Reseña histórica	395
10.1.2. Objetivos concretos del sistema GSM	397
10.1.3. Servicios de telecomunicaciones en GSM	397
10.1.3.1. Servicios portadores	397
10.1.3.2. Teleservicios	398
10.1.3.3. Servicios suplementarios	399
10.1.4. Requerimientos de calidad de servicio	399
10.2. Características de la capa física de la red GSM	400
10.2.1. Bandas de frecuencia	400
10.2.2. Modulación	402
10.2.3. Potencia de los transmisores	402
10.2.4. Multiacceso	403
10.2.5. Otros aspectos de interés	404
10.3. Canales y ráfagas	405
10.3.1. Canales físicos	405
10.3.2. Canales lógicos	407
10.3.3. Utilización de los canales lógicos	408
10.3.4. Correspondencia entre canales lógicos y físicos	409
10.3.4.1. Multitrama MF 26	410
10.3.4.2. Multitrama MF 51	412
10.3.4.3. Estructura de multitramas	414
10.4. Codificación de canal	414
10.4.1. Señal local	415
10.4.2. Entrelazado	415
10.4.3. Señalización	416
10.4.4. Señal de datos	417
10.5. Aspectos adicionales	417
10.5.1. Incorporación de un terminal al sistema GSM	417
10.5.2. Mediciones de la señal en la estación móvil	418
10.5.3. Alineación temporal	419
10.5.4. Control de potencia	420

10.5.5. Tratamiento de las pausas de la conversación	420
10.5.6. Frequency hopping o saltos de frecuencia	420
10.5.7. Unidad adaptadora TRAU	421
10.5.8. Transmisión de mensajes cortos	422
10.5.9. ETSI/DCS 1.800	422
10.5.10. Tarifificación	423
10.5.11. Cálculos asociados al sistema GSM	424
10.6. Arquitectura de red	427
10.6.1. Sistemas y elementos de la red GSM	427
10.6.2. Controladores de estaciones base, estaciones base y móviles	429
10.6.2.1. Estructura de una estación base	430
10.6.2.2. Estructura de una estación móvil	431
10.7. Gestión de la comunicación	431
10.7.1. Gestión de la movilidad	431
10.7.2. Identificación	432
10.7.3. Seguridad	434
10.7.4. Registro y localización	434
10.7.5. Encaminamiento	435
10.7.6. Traspasos	436
10.7.7. Gestión de las llamadas	437
10.7.8. Análisis de la llamadas de red móvil a red fija	438
10.8. Red fija en GSM	442
10.9. Referencias estandarizada ETSI	443
<b>11. Fundamentos de las Telecomunicación Espaciales</b>	<b>445</b>
11.1. Introducción	445
11.2. Evolución histórica	446
11.3. Aspectos orbitales	448
11.4. El satélite	453
11.5. Aspectos de propagación espacial	454
11.6. Modulaciones	457
11.6.1. Trasmisión de telefonía analógica	457
11.6.2. Transmisión de televisión analógica	460
11.6.3. Trasmisión de señales digitales	462
11.6.4. Codificación vocal en los sistema móviles	462
11.7. Multiacceso	463
11.7.1. Sistema FDMA	463
11.7.1.1. Sistema SCPS (Single Channel Per Carrier)	463
11.7.1.2. Sistemas CSSB (Companded Single Side Band)	464
11.7.2. Sistemas TDMA	465
11.8. Sistemas de comunicaciones en satélite y tierra	465
11.8.1. Consideraciones generales	465
11.8.2. Equipamiento de comunicaciones de la estación satélite	466
11.8.3. Equipamiento de comunicaciones de la estación en tierra	468
11.8.4. Equipamiento para sistemas de recepción individual	470
11.9. Balance de potencia	471
11.10. Aspectos particulares de los sistemas de comunicaciones móviles vía satélite	473
11.10.1. Enlaces entre satélites	473

11.10.2. Haces de antenas puntuales	473
11.10.3. Métodos de multiacceso	474
Anexo I	474
Anexo II	476
<b>12. Estudio del Sistema Móvil Espacial Iridium</b>	479
12.1. Introducción	479
12.2. Evolución histórica	481
12.3. Aspectos técnicos	482
12.4. Arquitectura del sistema	485
12.5. Servicios proporcionados	488
12.6. Operación	488
12.7. Provisión del servicio	489
12.7.1. Adquisición	490
12.7.2. Proceso de acceso	491
12.7.3. Proceso de registro	491
12.7.4. Establecimiento de la llamada	491
12.7.5. Mantenimiento de la llamada	492
<b>13. Estudio del Sistema Móvil Espacial Globalstar</b>	493
13.1. Introducción	493
13.2. Historia de Globalstar	493
13.3. Coberturas y mercados	494
13.4. Servicios Globalstar	495
13.5. Aspectos técnicos	495
13.6. Arquitectura del sistema	497
<b>14. Sistemas Móviles de Tercera Generación</b>	499
14.1. Introducción	499
14.2. GPRS	500
14.3. EDGE	503
14.4. IMT - 2000	504
14.5. Descripción del sistema UMTS	505
14.6. Arquitectura de servicios	506
14.7. UTRAN	508
14.7.1. Aspectos de diseño de la UTRAN	508
14.7.2. Modelo de capa física de la interfaz Uu	513
14.7.3. Códigos de ensanchamiento (spreading)	514
14.7.4. Códigos de aleatorización (scrambling)	515
14.7.5. Funcionamiento de los códigos	516
14.7.6. Canales lógicos	516
14.7.7. Canales de transporte	516
14.7.8. Canales físicos	517
14.7.9. Correspondencia entre los canales	518
14.7.10. Modulación	518
14.8. Núcleo de red	519
14.8.1. Conmutaciones de circuitos	524
14.8.2. Conmutación de paquetes	525
14.9. Referencia normativa	526
<b>15. Sistemas de Comunicaciones Móviles en América</b>	529
15.1. Estandarización en Norteamérica	529

15.1.1. Evolución de los estándares en entorno norteamericano	529
15.2. Historia de las comunicaciones móviles en Norteamérica	530
15.2.1. Introducción	530
15.2.2. Cronología del desarrollo de las telecomunicaciones móviles en Norteamérica	530
15.3. Estándar IMTS	532
15.3.1. Introducción	532
15.3.2. Características	533
15.4. Estándar AMPS	533
15.4.1. Introducción	533
15.4.2. Características técnicas	534
15.4.2.1. Introducción	534
15.4.2.2. Bandas frecuenciales	534
15.4.2.3. Modulación y aspectos de potencia	536
15.4.2.4. Aspectos lógicos del sistema	537
15.4.3. Canales en el sistema AMPS	538
15.4.3.1. El canal FOCC	538
15.4.3.2. El canal RECC	539
15.4.3.3. El canal FVC y el canal RVC	540
15.4.4. Evoluciones posteriores del sistema básico AMPS	540
15.4.5. Detalles adicionales del sistema NAMPS	541
15.4.6. Sistema CDPD	542
15.4.6.1. Introducción	542
15.4.6.2. Características técnicas	543
15.4.6.3. Arquitectura del sistema	544
15.5. Estándares TDMA de segunda generación 2G	546
15.5.1. Introducción	546
15.6. Estándar TDMA de segunda generación IS -54	546
15.6.1. Introducción	546
15.6.2. Características técnicas	547
15.7. Estándar TDMA de segunda generación IS - 136	548
15.7.1. Introducción	548
15.7.2. Características técnicas	548
15.7.2.1. El canal de tráfico digital	550
15.7.2.2. El canal digital de control	551
15.8. Estándares CDMA de segunda generación 2G	552
15.8.1. Generalidades de CDMA	552
15.8.2. Capacidad de los sistemas CDMA	553
15.9. Sistema cdmaOne	557
15.9.1. Introducción	557
15.9.2. Ocupación del espectro	559
15.9.3. Canales CDMA descendentes	559
15.9.3.1. Parámetros de transmisión	559
15.9.3.2. Codificación y entrelazado	560
15.9.3.3. Códigos Walsh	561
15.9.3.4. Expansión y modulación de radiofrecuencia	561
15.9.3.5. Canales lógicos	562
15.9.4. Canales CDMA ascendentes	564

15.9.4.1. Parámetros de transmisión	564
15.9.4.2. Codificación y entrelazado	564
15.9.4.3. Separación de usuarios	564
15.9.4.4. Expansión y modulación de radiofrecuencia	566
15.9.4.5. Canales lógicos	566
15.10. sistemas de tercera generación 3G	567
15.10.1. Introducción	567
15.11. Sistema TDMA de tercera generación UWC - 136	568
15.11.1. Introducción	568
15.11.2. Características técnicas	569
15.11.2.1. Descripción de las portadoras 136 HS	569
15.11.3. Referencia estandarizadota	570
15.12. Sistema CDMA de tercera generación CDMA 2000	576
15.12.1. Introducción	576
15.12.2. Características técnicas	569
15.12.2.1. Ventajas	576
15.12.2.2. Aspectos de capa física	577
15.12.2.3. Sincronización	577
15.12.2.4. Control de potencia	578
15.12.2.5. Soft handover	579
15.12.2.6. Diversidad en transmisión	580
15.12.2.7. Canales de tráfico	581
15.12.2.8. Codificación turbo	582
15.12.3. Referencia estandarizadora	582
15.13. Estándar en los diferentes países sudamericanos	587
15.13.1. México	588
15.13.2. Argentina	588
15.13.3. Brasil	588
15.13.4. Chile	589
15.13.5. Colombia	589
15.13.6. Resto de países latinoamericanos y Caribe	589
15.14. Coexistencia de redes diversas	589
15.15. PCS – PCN	591
15.15.1. Introducción	591
15.15.2. Características técnicas	592
15.16. Interoperabilidad	594
Bibliografía	597