

## INDICE

1. Consideraciones generales sobre antenas	
1.1. Introducción	15
1.2. Parámetros de antenas en transmisión	17
1.2.1. Impedancia	17
1.2.2. Intensidad de radiación	18
1.2.3. Diagrama de radiación	20
1.2.4. Directividad	22
1.2.5. Polarización	24
1.2.6. Ancho de banda	25
1.3. Parámetros de antenas en recepción	27
1.3.1. Adaptación	27
1.3.2. Área y longitud efectiva	27
1.4. Ecuación y transmisión	28
1.4.1. Ecuación de radar	31
1.5. Temperatura de ruido de antena	32
1.6. Cuestiones	36
1.7. Problemas	38
<b>2. Propagación</b>	
2.1. Propagación en el espacio libre y en el entorno terrestre	41
2.2. Efectos de la tierra	43
2.2.1. introducción	43
2.2.2. Reflexión en tierra plana	44
2.2.3. Difracción	48
2.2.4. Onda de superficie	51
2.3. Efecto de la troposfera	54
2.3.1. Atenuación	54
2.3.2. Refracción	58
2.3.3. Difusión troposférica	61
2.4. Comunicaciones ionosféricas	66
2.5. Modelización de la propagación en entornos complejos	70
2.5.1. Introducción	70
2.5.2. Modelos empíricos para el valor medio de las pérdidas de propagación. El Modelo Okumuna - Hata	71
2.5.3. Caracterización estadística de las pérdidas de propagación	72
2.5.4. Desvanecimientos rápidos multicamino y diversidad	73
2.6. Fuentes de ruidos externos	75
2.7. Resumen	78
2.8. Cuestiones	80
2.9. Problemas	83
<b>3. Fundamentos de radiación</b>	
3.1. Ecuaciones de Maxwell	87
3.1.1. Fuentes eléctricas y magnéticas. Dualidad	89
3.2. Potenciales retardados	91
3.3. Expresiones generales de los campos	93
3.3.1. Aproximaciones a grandes distancias para los campos radiados	94
3.3.2. Radiación de corrientes magnéticas	98
3.3.3. Significado de los vectores de radiación	100

3.3.4. Regiones de Fresnel y de Fraunhofer	104
3.4. Teoremas de unicidad y equivalencia	106
3.5. Teorema de reciprocidad	110
3.6. Aplicación del teorema de reciprocidad	111
3.6.1. Consecuencias del teorema de reciprocidad	113
3.6.2. Relación entre parámetros de transmisión y de recepción. Longitud efectiva	116
3.6.3. Coeficiente de desacoplo de polarización	118
3.6.4. Impedancia de entrada e impedancias mutuas	120
3.7. Cuestiones	122
3.8. Problemas	125
<b>4. Análisis de Antenas Básicas</b>	
4.1. Antenas elementales	127
4.1.1. Dipolo elemental	127
4.1.2. Espira circular elemental	134
4.1.3. Solenoide cargado con ferrita	136
4.1.4. Expresiones generales de $\vec{N}$ para dipolos y espiras	137
4.2. Dipolos	139
4.3. Efecto de la tierra. Monopolos	145
4.3.1. Teoría de imágenes	145
4.3.2. Monopolos	147
4.3.3. Efecto de una tierra imperfecta	148
4.3.4. Efecto de un plano de tierra finito	149
4.4. Antenas cargadas	149
4.5. Calculo de a matriz de impedancias entre dos dipolos	152
4.5.1. Impedancia de entrada de un dipolo	152
4.5.2. Impedancia mutua entre dipolos	154
4.6. Sistemas de alimentación	155
4.6.1. Redes de adaptación	156
4.6.2. Antenas no alimentadas en su centro	156
4.6.3. Dipolo doblado	157
4.6.4. Simetrizados y transformadores	158
4.7. Cuestiones	164
4.8. Problemas	166
<b>5. Agrupaciones de antenas</b>	
5.1. Introducción	171
5.2. Campos radiados por agrupaciones	172
5.3. Diagrama de radiación de agrupaciones	175
5.3.1. Factor de la agrupación	175
5.3.2. Representación grafica del factor de la agrupación	166
5.3.3. Diagrama de una agrupación de dos elementos	179
5.3.4. Polinomio de la agrupación	179
5.4 Distribuciones de corrientes típicas	181
5.4.1. Uniforme	181
5.4.2. Triangular	183
5.4.3. Binómica	184
5.4.4. Comparación de las características	185
5.4.5 Descomposición en suma o convolucion	186

5.5. Agrupación lineal uniforme	189
5.5.1. Agrupaciones transversales y longitudinales	190
5.6. Directividad de agrupaciones lineales	191
5.6.1. Expresión general de la directividad para agrupaciones ordinarias	191
5.6.2. Expresión general aproximada del nacho de haz y la directividad	199
5.6.3. Relación entre alimentación, directividad y diagrama	201
5.7. Agrupaciones bidimensionales	202
5.8. Síntesis de agrupaciones	207
5.8.1. Método de Schelkunoff	207
5.8.2. Síntesis de Fourier	209
5.8.3. Síntesis de Woodward - Lawson	215
5.8.4. Síntesis de Cherbychev	217
5.8.5. síntesis de Taylor	225
5.8.6. Agrupaciones superdirectitas	226
5.8.7. Agrupaciones adaptables	228
5.9. Alimentación de agrupaciones	230
5.10. Agrupaciones con elementos parásitos	232
5.10.1 Antenas de Yagi - Uda	233
5.11. Cuestiones	236
5.12. Problemas	239
<b>6. Aperturas</b>	
6.1. Campos radiados por aperturas	244
6.1.1. Equivalente electromagnéticos de una apertura	244
6.1.2. Expresiones generales de los campos radiados	245
6.1.3. Apertura elemental	248
6.1.4. Apertura rectangular	249
6.1.5. Apertura circular	253
6.2. Bocinas	255
6.2.1. Bocinas sectoriales y piramidal	255
6.2.2. Bocina cónica	263
6.3. Ranuras	265
6.3.1. Ranura elemental	266
6.3.2. Ranura resonante	268
6.3.3. Antenas impresas	270
6.4. Reflectores	273
6.4.1. Reflectores diedricos	173
6.4.2. Reflectores parabólicos	276
6.4.2.1. Análisis geométrico	277
6.4.2.2. Análisis electromagnéticos	279
6.4.2.3. Parámetros	281
6.4.2.4. Consideraciones de tipo práctico	292
6.4.2.5. Tipos de alimentador	294
6.4.2.6. Geometrías de reflector	296
6.5. Lentes	299
6.5.1. Análisis electromagnéticos	299
6.5.2. Lentes escalonadas (zoned lenses)	301
6.5.3. Lentes TEM	302

6.5.4. Lentes de Luneburg	303
6.5.5. Comparación entre reflectores y lentes	304
6.6. Cuestiones	305
6.7. Problemas	308
<b>7. Antenas de Banda Ancha</b>	
7.1. Introducción	315
7.2. Antenas de hilo	315
7.3. Otras antenas de banda ancha	319
7.4. Hélices	320
7.5. Antenas independientes de la frecuencia	324
7.5.1. Espirales	326
7.6. Antenas logoperiodicas	328
7.7. Antenas fractales	334
7.8. Cuestiones	336
7.9. Problemas	338
<b>8. Métodos numéricos</b>	
8.1. Introducción	341
8.1.1. Planteamiento de la solución	341
8.1.2. Clasificación de los métodos numéricos	343
8.2. Métodos integrales	344
8.2.1. Aplicación del teorema de equivalencia	345
8.2.2. Formulación de las ecuaciones integrales	350
8.2.3. Alimentación	356
8.3. Discretización de las ecuaciones integrales	357
8.3.1. Método de los momentos	357
8.3.2. Método del gradiente conjugado	363
8.3.3. Funciones base y peso	367
8.4. Métodos de alta frecuencia	375
8.4.1. Óptica física	376
8.4.2. Método de las corrientes equivalentes (MEC)	378
8.4.3. Métodos asintóticos o de trazado de rayos	381
8.4.4. Ondas de superficie	384
8.4.5. Análisis en alta frecuencia de superficies arbitrarias	385
8.5. Cuestiones	387
8.6. Problemas	389
<b>9. Medida de antenas</b>	
9.1. Introducción	391
9.2. Medida de diagramas de radiación. Campos de medida	391
9.2.1. Criterios de diseño de los campos de medida	392
9.2.2. Campos de medida	395
9.2.3. Instrumentación de medida	400
9.3. Medida de ganancia	402
9.4. Medida de directividad	403
9.5. Medida de impedancia	404
9.6. Medida de la distribución de corriente	405
9.7. Medida de polarización	406
9.8. Medida de la temperatura de antena	408
9.9. Modelos a escala	409

9.10. Medida de campos próximo	409
9.10.1. Formulación del caso plano	411
9.10.2. Campo próximo cilíndrico y esférico	413
9.10.3. Ventajas e inconvenientes de la medida en campo próximo	414
9.11. Cuestiones	415
9.12. Problemas	416
<b>Anexo A Solución de la ecuación de onda. Función de Green</b>	419
<b>Anexo B Directividad y Agrupaciones</b>	
B.1. Método gráfico	423
B.2. Relación entre alimentación, directividad y diagrama	427
<b>Anexo C Símbolos y constantes físicas</b>	433
<b>Anexo D Operadores vectoriales y transformación de coordenadas</b>	437
<b>Anexo E Funciones</b>	441
<b>Anexo F Respuestas a las funciones y a los problemas</b>	443
<b>Bibliografía</b>	456
<b>Índice alfabético de materias</b>	