

INDICE

Capítulo 1. Las comunicaciones ópticas	
1.1. antecedentes	19
1.2. justificación de las comunicaciones ópticas	20
1.2.1. La luz como soporte de información	21
1.2.2. el medio de propagación	23
1.3. elementos de un sistema de comunicaciones por fibra	27
1.4. propiedades de la fibra óptica	28
Capítulo 2. Propagación	
2.1. propagación de la luz en la fibra óptica	33
2.2. reflexión y refracción en un interfaz dieléctrico	
2.2.1. índice de refracción	34
2.2.2. reflexión total	
2.2.3. cálculo del ángulo límite	36
2.3. parámetros característicos de las fibras ópticas	38
2.4. apertura numérica (AN)	40
2.5. Propagación de la luz en guías ondas cilíndricas: modos	42
2.6. Tipos de perfil del índice de refracción	46
2.7. Fibras multimodo de salto de índice	47
2.8. Fibras multimodo de índice gradual (I.G.)	49
2.8.1. Valores de g	
2.8.2. determinación del parámetro A	51
2.8.3. apertura numérica de las fibras I.G.	52
2.9. Fibras monomodo	53
2.10. parámetros geométricos	54
Capítulo 3. Parámetros de transmisión	
3.1. atenuación en la fibra óptica	57
3.1.1. pérdidas intrínsecas	58
3.1.2. pérdidas de origen externo	59
3.1.3. atenuación total	63
3.2. dispersión en las fibras	64
3.2.1. limitación del ancho de banda	66
3.3. Dispersión modal	67
3.3.1. dispersión modal en fibras de salto de índice	68
3.3.2. dispersión modal en fibras de índice gradual	70
3.4. dispersión del material	72
3.5. dispersión en las guías de ondas	74
3.6. optimización de las características de transmisión	75
3.7. ancho de banda total	77
Capítulo 4. Fibras: clasificación	
4.1. tipos de fibras ópticas	79
4.2. fibras de alta calidad	
4.2.1. fibras multimodo	84
4.2.2. fibras monomodo	86
4.3. fibras para enlaces de corta y media distancia	87
4.3.1. fibras para redes de abonado de banda ancha	88
4.3.2. fibras para corta distancia y pequeña capacidad	89
Capítulo 5. Fabricación de fibras	91

5.1. tecnologías de fabricación	
5.2. técnicas para la obtención de preformas	93
5.2.1. deposición de vapores químicos (CVD) procesos OPVD e IPVD	94
Método MCVD	96
Método PCVD	
5.2.2. deposición axial de vapores (VAD)	97
5.3. procesos posteriores	
5.4. Valores típicos obtenidos	100
Capítulo 6. Medidas de los parámetros	
6.1. medidas de parámetros de transmisión de fibras	103
6.2. condicionantes previos a las medidas	
6.2.1. equilibrio modal	104
6.3. medida de la atenuación	
6.3.1. método de corte	106
6.3.2. método de las pérdidas de inserción	
6.3.3. método de retroesparcimiento	109
Localización de faltas	112
6.4. medida de la dispersión total	115
Capítulo 7. Los cables de fibra	
7.1. introducción	121
7.2. parámetros de diseño	
7.2.1. sensibilidad a las curvaturas	122
7.2.2. resistencia mecánica	124
7.2.3. fatiga estática	125
7.2.4. atenuación por cableado	126
7.3. estructuras de los cables	
7.3.1. estructuras holgadas	127
7.3.2. estructuras ajustadas	130
7.3.3. cables de matriz de cintas	
7.3.4. cables de cilindros ranurado	131
7.3.5. cubiertas y envolturas	
7.3.6. elementos auxiliares	132
7.4. pruebas de los cables	133
7.5. Tipos mas importantes de cables	
7.5.1. cables para redes telefónicas interurbanas	134
7.5.2. cables para redes urbanas y locales	135
7.5.3. cables monofibras y bifibra	136
7.5.4. cables dieléctricos	138
7.5.5. cables para empresas eléctricas	139
7.5.6. aplicaciones militares	
7.5.7. cables para empresas ferroviarias	141
Capítulo 8. Tendido y uniones	
8.1. Introducción	143
8.2. Tipos de infraestructura	
8.2.1. tendidos subacuáticos	145
8.2.2. tendidos aéreos	
8.2.3. instalaciones subterráneas	146
8.3. tendido de cables de canalización	147

8.3.1. subconductos de canalizaciones	
8.3.2. tendido del cable en el subconductor	148
8.3.3. empalme de los cables	149
8.4. tendido de cables en zanja	
8.4.1. instalación de los conductos en la zanja	150
8.4.2. tendido del cable en la zanja	151
8.5. pérdidas en las uniones de fibras	152
8.6. técnicas de empalme de fibras	
8.6.1. empalme mecánico	155
8.6.2. empalmes por pegamento	157
8.6.3. empalmes por fusión	158
8.6.4. empalmes múltiples	
8.7. Conectores	161
8.7.1. conectores para fibras multimodo	
Conectores por fibra desnuda	162
Conectores de alineación por virola	164
8.7.2. conectores para fibras monomodo	166
Capítulo 9. Fuentes y detectores	
9.1. Introducción	169
9.2. características de la emisión en las fuentes	170
9.3. diodos LED y ELED	175
9.4. diodos láser	179
9.4.1. tipos de láser	185
9.4.2. otras propiedades	191
9.5. detectores	193
9.5.1. detectores PIN	195
9.5.2. detectores APD	198
Detectores APD de silicio	198
Detectores de los grupos III-V	200
9.5.3. Detectores PIN-FET	201
9.5.4. Detección coherente	202
Capítulo 10. Modulación y multiplexación	
10.1. Las técnicas de transmisión	205
10.2. sistemas de multiplexación y técnicas de modulación	206
10.3. modulación de amplitud	210
10.4. modulación angular	
10.4.1. modulación de frecuencia	211
10.4.2. modulación de fase	
10.5. La técnica MIC	212
10.6. ventajas de la modulación digital	213
10.7. modulación en los sistemas ópticos	
10.7.1. modulación analógica	214
10.7.2. modulación digital	215
10.8. detección en los sistemas ópticos	216
10.9. multiplexación por división en longitud de onda (WDM)	217
10.10. Componentes empleados en la multiplexación	
10.10.1. dispositivos microópticos	219
10.10.2. dispositivos de fibra	223
10.11. aplicación de los acopladores a las redes de datos	224

10.12. moduladores electroopticos	225
10.13. conmutadores	228
Capítulo 11. Equipos de línea	
11.1. introducción	231
11.2. equipo transmisor	
11.2.1. regenerador/decodificador	233
11.2.2. codificador de línea	234
11.2.3. transmisor óptico	236
11.3. equipo receptor	
11.3.1. receptor óptico	238
Sensibilidad del receptor	239
Relación señal-ruido	242
Ruido cuantico	
Ruido de granalla	244
Ruido de fotomultiplicación	
Ruido térmico	245
11.4. Otras fuentes de ruido	
11.4.1. ruido de partición	246
11.4.2. ruido modal	247
11.5. alimentación del sistema	
11.6. supervisión	249
11.7. régimen máximo del sistema	250
11.8. la amplificación electrooptica actual	252
11.9. el principio de la amplificación óptica	
11.9.1. primeros resultados de la investigación	253
11.9.2. desarrollos	
11.10. constitución de una amplificación EDFA	254
11.11. Usos del amplificador óptico	257
Capítulo 12. Sección de refrigeración	
12.1. introducción	261
12.2. criterio de perdidas admisibles	
12.3. criterio de la máxima dispersión	
12.3.1. fibras multimodo	265
Fibras multimodo S.I.	
Fibras multimodo I.G.	266
12.3. Fibras monomodo	267
Capítulo 13. Las redes de fibra óptica	
13.1. introducción	271
13.2. comparación con otros sistemas de comunicaciones	
13.3. ventajas frente a los cables coaxiales	
13.2.2. ventajas frente a sistemas radioeléctricos	
13.2.3. evolución del mercado	275
13.3. la fibra en las redes publicas	
13.3.1. nuevas necesidades en las comunicaciones	278
13.3.2. la fibra en las redes urbanas de enlaces	279
13.3.3. la fibra en las comunicaciones interurbanas	281
13.3.4. la fibra óptica y los cables submarinos	283
13.3.5. comparación con las comunicaciones por satélite	284
13.4. la fibra óptica y las redes digitales	285

13.4.1. servicios de las redes de banda ancha	
13.4.2. topología de las redes de banda ancha	287
13.5. el bucle de abonado	288
13.5.1. enlaces físicos	
13.5.2. otros enlaces	289
13.6. empleo de la fibra óptica en el bucle de abonado	290
13.6.1. condicionan técnicos	291
13.6.2. factores económicos	292
13.6.3. demanda social de servicios	293
13.7. arquitecturas de red mas usuales	294
13.8. elección del tipo de fibra para una red	296
13.9. análisis de una arquitectura PON	299
13.10. proyectos de redes de banda ancha	301
13.10.1. proyecto Biarritz	
13.10.2. proyecto Marsens	
13.10.3. proyecto Saskatchewan	302
13.10.4. proyecto francés para video comunicaciones	303
13.11. modulación y multiplexacion de redes	304
13.12. redes de área local (LAN)	305
13.12.1. red local de Kawasaki	308
13.12.2. Man de la universidad de Florencia	309
13.13. apuntes sobre proyectos de líneas y redes	310
Capítulo 14. Aplicaciones	
14.1. introducción	313
14.2. aplicaciones basadas en la transparencia: el endoscopio	315
14.2.1. inspección de motores y turbinas	317
14.2.2. arqueología	
14.2.3. medicina	318
14.2.4. análisis remoto de muestras	
14.2.5. reproducciones de imágenes tridimensionales (hologramas y decodificaciones)	319
14.2.6. transporte de energía y señalización	320
Iluminación	321
14.3. radiación del extremo de la fibra	
14.3.2. conmutadores	322
14.3.2. medias de contaminación y de composición	
14.3.3. detector de fisuras en superficies reflectantes	
14.3.4. la radiación y el sensor de temperatura	325
14.3.5. micrómetro y sensores de rotación	
14.3.6. detector de nivel	326
14.4. velocidad de propagación	
14.4.1. giróscopos ópticos	327
14.4.2. líneas de retardo	
14.5. sensibilidad a los factores externos: los sensores	330
14.6. sensores de presión	332
14.6.1. estrellas de detección	
14.6.2. el hipódromo de fibra como sensor de presión	334
14.6.3. auriculares ópticos	
14.6.4. sensor acústico interferométrico	336

14.6.5. filtros de longitud de onda	
14.6.6. otras aplicaciones	
14.7. sensores de temperatura	
14.8. medidas de campo magnético	337
14.9. otras aplicaciones de los sensores	
14.10. barreras ópticas	339
14.11. aplicaciones militares de los sistemas de fibras	341
14.12. tabla resumen de propiedades y aplicaciones	343
Capítulo 15. Desarrollos y tendencias	
15.1. introducción	347
15.2. los desarrollos en emisores y detectores	350
15.2.1. emisores	351
15.2.2. detectores	352
15.3. la conmutación fotónica	
15.3.1. la conmutación espacial	353
15.3.2. la conmutación temporal	355
15.3.3. la conmutación de longitudes de onda	356
15.4. nuevas tecnologías de modulación y detección	359
15.5. amplificadores ópticos	361
15.6. las nuevas fibras	
15.7. la óptica integrada	363
15.8. sistemas ópticos terrestres y marinos	364
15.9. perspectivas de la F.O. en el bucle de abonado	365
Apéndices	
A: parámetros de elementos activos	369
B: La dispersión espectral	373
C: Casos de aplicación	377
D: Unidades de transmisión mas usuales	387
E: Definiciones usuales en teoría de circuitos	389
F: Relaciones de abreviaturas	393
H: Relación de figuras	399
Bibliografía	403
Índice alfabético	409