

# Contenidos

Resumen	III
Resum	VII
Abstract	XI
Agradecimientos	XV
Contenidos	XVII
Lista de Figuras	XIX
Lista de Tablas	XXI
Lista de Siglas	XXIII
1 Introducción	1
1.1 Introducción . . . . .	1
1.2 Motivación y objetivos . . . . .	3
1.3 Contribuciones de la tesis . . . . .	4
1.4 Organización de la tesis. . . . .	6

2	Propagación modal sobre fibra óptica	9
2.1	Óptica geométrica: rayos guiados en la fibra óptica	10
2.1.1	Fibras de salto de índice	11
2.1.2	Fibras de índice gradual	13
2.2	Campos modales en la fibra	14
2.2.1	Propagación de ondas en la guía	14
2.2.2	Modos propagados en la fibra óptica.	16
2.2.2.1	Modos exactos	16
2.2.2.2	Aproximación de guiado débil: modos linealmente polarizados	19
2.3	Características de la fibra	21
2.3.1	Dispersión en la fibra	22
2.3.1.1	Dispersión modal.	22
2.3.1.2	Dispersión cromática	23
2.3.2	Atenuación en la fibra	24
2.3.3	Acoplamiento modal	25
2.3.3.1	Acoplamiento continuo	26
2.3.3.2	Acoplamiento discreto.	26
2.4	Resumen y conclusiones	30
3	Igualación de señales OFDM en transmisiones sobre MMF a 1550 nm	33
3.1	Introducción: antecedentes y motivación	34
3.2	Esquemas OFDM: definiciones y complejidad	36
3.2.1	OFDM con prefijo cíclico: CP-OFDM	37
3.2.2	OFDM con postfijo de ceros: ZP-OFDM	40
3.2.2.1	Receptor OLA	41
3.2.2.2	Receptor ZF.	43
3.2.2.3	Receptor V-BLAST	46
3.2.2.4	Receptor combinado OLA+V-BLAST	53
3.3	Igualación de señales ZP-OFDM sobre MMF	58
3.3.1	Modelo de las simulaciones	58
3.3.1.1	Transmisor óptico: láser modulado directamente	58
3.3.1.2	Modelo estadístico del canal de MMF	59
3.3.1.3	Receptor óptico: detección directa y cuantificación	60
3.3.2	Evaluación: capacidad del sistema y complejidad de los receptores	62
3.3.2.1	Ejemplo de enlace MMF	63
3.3.2.2	Simulaciones estadísticas de enlaces de MMF	67
3.3.2.3	Complejidad asociada a los receptores OFDM	71
3.4	Conclusiones y resumen.	73
4	Igualación de señales en SSMF a 850 nm con propagación bimodal	75
4.1	Introducción: antecedentes y motivación	76
4.2	Propagación bimodal sobre SSMF a 850 nm	78
4.2.1	Dispersión modal: retardo modal diferencial	78

4.2.2 Desalineamiento entre fibras: acoplo modal y pérdidas. . . . .	80
4.2.3 Filtrado modal . . . . .	85
4.3 Esquemas de igualación. . . . .	85
4.3.1 Igualador con realimentación de decisiones previas: DFE . . . . .	87
4.3.2 DFE con selección de tiempo invertido: STR-DFE . . . . .	89
4.3.3 DFE bidireccional con combinación lineal: LC-BiDFE. . . . .	90
4.3.4 Complejidad de los igualadores . . . . .	91
4.4 Alcance extendido con igualación en enlaces de SSMF . . . . .	93
4.4.1 VCSEL monomodo transversal y tramo único de SSMF. . . . .	94
4.4.2 VCSEL monomodo transversal y modelo de cableado SSMF . . . . .	97
4.4.3 VCSEL multimodo transversal y modelo de cableado SSMF . . . . .	102
4.5 Conclusiones y resumen. . . . .	104
5 Receptores MIMO para señales con multiplexación modal en SSMF a 850 nm . . . . .	107
5.1 Introducción: antecedentes y motivación . . . . .	108
5.2 Receptores MIMO: definiciones. . . . .	110
5.2.1 MIMO-DFE . . . . .	112
5.2.2 FC-OSIC MIMO-DFE . . . . .	112
5.2.3 MIMO LC-BiDFE. . . . .	113
5.3 Detección MIMO para sistemas $2 \times 2$ MDM sobre SSMF a 850 nm . . .	113
5.3.1 Modelo de las simulaciones . . . . .	114
5.3.2 Evaluación: BER y penalizaciones de potencia. . . . .	115
5.3.2.1 Diafonía debida a la (de-)multiplexación . . . . .	115
5.3.2.2 Diafonía debida a la (de-)multiplexación y a conectores ópticos .	123
5.4 Conclusiones y resumen. . . . .	126
6 Conclusiones y perspectivas futuras . . . . .	129
6.1 Resumen de conclusiones. . . . .	129
6.2 Líneas de investigación futuras . . . . .	132
6.3 Lista de publicaciones. . . . .	134
Apéndice: Acoplamiento modal en sistemas con detección di- recta . . . . .	135
Bibliografía . . . . .	139