

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL FORMATO DE MODULACIÓN CSRZ-DQPSK
EN UNA RED WDM**

ANEXOS



**DIANA MARCELA GARCÍA SATIZABAL
ROCÍO SANTIAGO SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO I+D NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES – GNTT
POPAYÁN
2011**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL FORMATO DE MODULACIÓN CSRZ-DQPSK
EN UNA RED WDM**

ANEXOS

**DIANA MARCELA GARCÍA SATIZABAL
ROCÍO SANTIAGO SÁNCHEZ**

**Documento Final de Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Director
Ing. ALEJANDRO TOLEDO TOVAR**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO I+D NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES – GNTT
POPAYÁN
2011**

ANEXOS

ANEXO 1 – DEGRADACIONES ÓPTICASTÉCNICAS DE MONITOREO DEL DESEMPEÑO DE SEÑALES ÓPTICAS MODULADAS EN FASE, BASADAS EN OPM.....	2
ANEXO 2 – PLAN DE FRECUENCIAS.....	5

ANEXO 1 – DEGRADACIONES ÓPTICASTÉCNICAS DE MONITOREO DEL DESEMPEÑO DE SEÑALES ÓPTICAS MODULADAS EN FASE, BASADAS EN OPM

El modelo de referencia OPM (*Optical performance monitoring*), indica el camino apropiado para efectuar un correcto monitoreo del canal óptico. El amplio espectro de OPM, incluye una gran cantidad de parámetros que deben controlarse, los cuales pueden clasificar en tres categorías: *el monitoreo de la pérdida de señal*, se refiere al seguimiento de fallos de los componentes en línea y cortes de la fibra, que provocan un cambio en la opacidad en la transmisión óptica. Este seguimiento es especialmente importante para controlar componentes activos tales como EDFAs (erbium-doped fiber amplifier) y OXCs (optical crossconnects), los cuales presentan mayor probabilidad de fallo. Por otra parte, *el monitoreo de la alineación de la señal*, se refiere al seguimiento de la alineación de la longitud de onda de la señal, con la posición del filtro y el pulso carver, para asegurar el funcionamiento correcto del sistema. Por último, *el monitoreo de la calidad de la señal*, se refiere a la supervisión de una multitud de parámetros cuyos efectos deben ser minimizados o controlados.

Los parámetros de calidad, pueden corresponder a las características analógicas de la señal óptica, tales como: OSNR, longitud de onda de cada canal, potencia por canal WDM y potencia total en la fibra, o pueden ser características digitales, tales como: BER (*Bit Error Rate*), factor Q y jitter o dispersión.

Las técnicas de OPM avanzado, son sensibles a la OSNR y a las variaciones mínimas que se presenten en las señales ópticas. Dichas técnicas pueden ser tanto analógicas como digitales. Por un lado, las técnicas de medida analógica tratan la señal óptica como una forma de onda analógica e intentan medir características específicas de esta forma de onda. Comúnmente estas medidas pueden subdividirse tanto en métodos en el dominio de la frecuencia (espectral), como en el dominio del tiempo [1].

Los métodos en el dominio de la frecuencia, deben tratarse a través de medidas del espectro óptico y del espectro de potencia (espectro eléctrico o de RF). La distorsión y el ruido en el espectro de potencia se reflejan directamente en deterioros de la señal. Por su parte, el espectro óptico se mide convenientemente usando técnicas ópticas altamente sensitivas y puede proveer información de ruido óptico. El monitoreo en el dominio del tiempo incluye medidas del diagrama del ojo y medidas de auto-correlación o correlación cruzada.

Por otro lado, las técnicas digitales, utilizan lógica de alta velocidad para procesar la información digital codificada en la forma de onda óptica. Las medidas en la señal digital se emplean para inferir las características de la señal óptica. Los métodos digitales tienen la más fuerte correlación con la BER (factor Q), pero generalmente son menos efectivos para aislar los efectos de deterioros o daños individuales. La figura 1.12, es un diagrama que muestra las principales técnicas de OPM que se han desarrollado hasta la fecha [1].

Al considerar los sistemas de transmisión con modulación en fase, existen factores adicionales que deben tenerse en cuenta. El primero es la frecuencia desplazada del láser, lo cual incurre en penalización de potencia en el receptor. El segundo es el ruido

de fase, que pueden derivarse del ancho de línea del láser distinto de cero, o de una conversión no lineal de ASE, en fluctuaciones de fase.

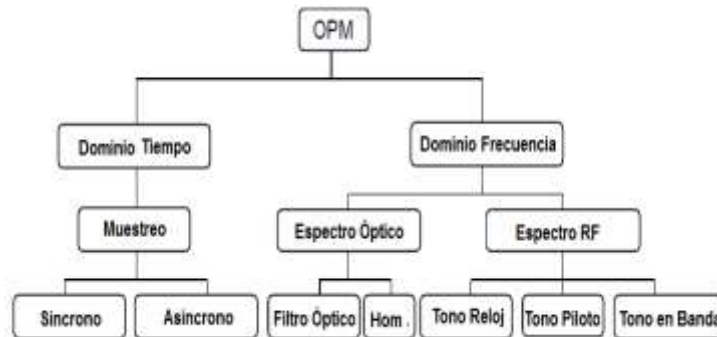


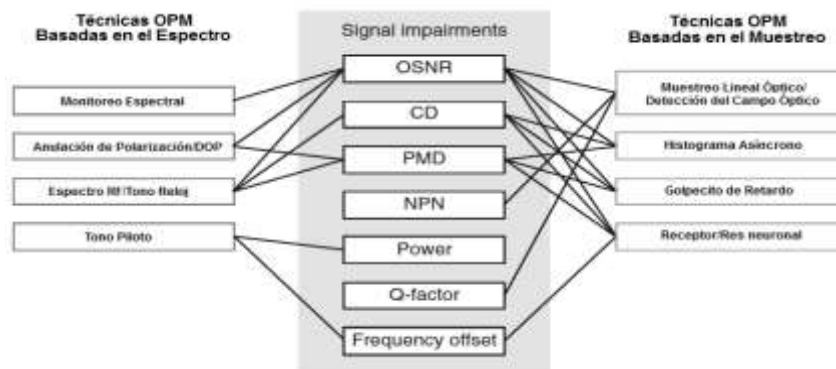
Figura 1.12 Principales técnicas de OPM [1] (Hom: Técnicas Homodinas).

A continuación, se listan las diferentes técnicas OPM, que se emplean en el monitoreo de señales DPSK y DQPSK:

1. OSNR/monitoreo de potencia
2. Anulación de la Polarización y monitoreo DOP
3. Espectro de RF/monitoreo por tono
4. Monitoreo por Tono Piloto
5. Muestreo Lineal óptico Y Fasor de Monitoreo
6. Histograma de Amplitud Asíncrono
7. Muestreo de dos pulsaciones
8. Monitoreo basado en el receptor

Las técnicas mencionadas se pueden organizar por el tipo de impedimento que son capaces de monitorear. La comparación se presenta en la Figura 1.13. La parte central de la figura, muestra los parámetros de transmisión de la señal, el lado izquierdo de la figura, muestra las técnicas de monitoreo basadas en el espectro, mientras que la parte derecha, presenta las técnicas de monitoreo basadas en el muestreo. En la Figura 1.13, se puede observar que la mayoría de la atención se concentra en el monitoreo de OSNR, CD y PMD. El monitoreo de NPN, Potencia, factor Q, y frecuencia offset, recibe menos atención en la literatura.

Figura 1.13 Técnicas OPM y parámetro de monitoreo [2].



La versatilidad de las técnicas de monitoreo en términos del formato de modulación y los impedimentos en la transmisión de la señal (incluyendo el rango de evaluación), se muestran en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Datos obtenidos empleando diferentes Técnicas OPM en señales moduladas de fase [2].

Técnica - Referencia	Formato	Parametro	Rango para 10 Gbps
Optical spectrumg	NRZ-DPSK	OSNR	0–28 (dB)
DOP	NRZ-DPSK	OSNR	12–25 (dB)
DOP	NRZ/RZ-DPSK	PMD	0–100 (ps)
DOP	NRZ-DQPSK	PMD	0–100 (ps)
DOP	RZ-DQPSK	PMD	0–50 (ps)
RF spectrum	NRZ-DPSK	CD	0–800 (ps/nm)
RF spectrum	RZ-DPSK	OSNR	15–35 (dB)
RF spectrum	Pol-Mux	OSNR	11–29 (dB)
RF spectrum	RZ-DPSK	OSNR	11–29 (dB)
RF spectrum	Pol-Mux	PMD	0–48 (ps)
RF spectrum	RZ-DPSK	PMD	0–48 (ps)
XPM	RZ-D(Q)PSK	CD	0–1920 (ps/nm)
Clock tone	NRZ-DPSK	CD	0–600 (ps/nm)
Clock tone	NRZ-DPSK	PMD	0–50 (ps)
Clock tone	RZ-DPSK	CD	0–900 (ps/nm)
Clock tone	NRZ/RZ-DQPSK	CD	0–720 (ps/nm)
Pilot tone	NRZ-DPSK	Offset	0~±2 (0-±8) (GHz)
AAH	NRZ-DPSK	CD	0–600 (ps/nm)
AAH	NRZ-DPSK	PMD	14–38 (dB)
AAH	RZ-DPSK	OSNR	11–32 (dB)
AAH	RZ-DQPSK	OSNR	17–35 (dB)
DTS	NRZ-DPSK	CD	0–400 (ps/nm)
DTS	NRZ-DPSK	CD	0–600 (ps/nm)
DTS	NRZ-DPSK	PMD	0–50 (ps)
DTS	RZ-D(Q)PSK	OSNR	9–32 (dB)
DTS	RZ-D(Q)PSK	CD	0–850 (ps/nm)
DTS	NRZ-DPSK	Q-factor	12–19 (dB)
Delay-tap	NRZ-DPSK	OSNR	10–30 (dB)
Delay-tap	NRZ-DPSK	CD	0–800 (ps/nm)
Receiver	RZ-DQPSK	Offset	0–1.35 (GHz)
Neural network	NRZ-DPSK	CD	0–640 (ps/nm)
Neural network	NRZ-DPSK	PMD	0–36 (ps)
Neural network	NRZ-DPSK	OSNR	18–30 (dB)

BIBLIOGRAFIA

[1] L. Meflah, “Multi-impairment and multi-channel optical performance monitoring”, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de Londres, Diciembre. 2008.

[2] C. Chan, "Optical Performance Monitoring, Advanced Techniques for Next-Generation Photonic Networks", Universidad de Hong Kong, China. 2010.

ANEXO 2 – PLAN DE FRECUENCIAS

Para la definición de los canales del modelo simplificado de red, fundamentado en el estándar ITU-T G.694.1, se definen las longitudes de onda centrales, para los diferentes espaciamentos del canal:

- Espaciamientos de 12.5GHz:
 $f[THz] = 193.1 + n \times 0.0125$ (1)

- Espaciamientos de 25GHz:
 $f[THz] = 193.1 + n \times 0.025$ (2)

- Espaciamientos de 50GHz:
 $f[THz] = 193.1 + n \times 0.05$ (3)

- Espaciamientos de 100GHz:
 $f[THz] = 193.1 + n \times 0.1$ (4)

Donde n es cualquier entero positivo o negativo y 193.1 es la frecuencia de referencia en THz. Para determinar la longitud de onda (λ) a partir de la frecuencia específica ($f[THz]$), se utiliza la ecuación (5).

$$\lambda[nm] = \frac{2.99792458 * 10^8 [m/sg]}{f[THz]} \quad (5)$$

Para el modelo simplificado de red, se utiliza el plan de frecuencias definido en las Tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Plan de Frecuencias para 32 canales a 100 GHz [1].

Ch 1 – 1530.33nm	Ch 9 – 1538.19nm	Ch 17 – 1546.12nm	Ch 25 – 1553.32nm
Ch 2 – 1531.12nm	Ch 10 – 1538.98nm	Ch 18 – 1546.92nm	Ch 26 – 1554.12nm
Ch 3 – 1531.90nm	Ch 11 – 1539.77nm	Ch 19 – 1547.12nm	Ch 27 – 1554.94nm
Ch 4 – 1532.68nm	Ch 12 – 1540.56nm	Ch 20 – 1548.51nm	Ch 28 – 1556.55nm
Ch 5 – 1534.25nm	Ch 13 – 1542.14nm	Ch 21 – 1550.12nm	Ch 29 – 1558.17nm
Ch 6 – 1535.04nm	Ch 14 – 1542.94nm	Ch 22 – 1550.92nm	Ch 30 – 1558.98nm
Ch 7 – 1535.82nm	Ch 15 – 1543.73nm	Ch 23 – 1551.72nm	Ch 31 – 1559.79nm
Ch 8 – 1536.61nm	Ch 16 – 1544.53nm	Ch 24 – 1552.52nm	Ch 32 – 1560.61nm

Tabla 2. Plan de Frecuencias para 64 canales a 50 GHz [1].

Ch 1 – 1530.33nm	Ch 17 – 1536,61nm	Ch 33 – 1542,94nm	Ch 49 – 1549,32nm
Ch 2 – 1530,72nm	Ch 18 – 1537nm	Ch 34 – 1543,33nm	Ch 50 – 1549,72nm

Ch 3 – 1531.12nm	Ch 19 – 1537,4nm	Ch 35 – 1543,73nm	Ch 51 – 1550,12nm
Ch 4 – 1531,51nm	Ch 20 –1537,79nm	Ch 36 – 1544,13nm	Ch 52 – 1550,52nm
Ch 5 – 1531.90nm	Ch 21 – 1538,19nm	Ch 37 – 1544,53nm	Ch 53 – 1550,92nm
Ch 6 – 1532,29nm	Ch 22 –1538,58nm	Ch 38 – 1544,92nm	Ch 54 – 1551,32nm
Ch 7 – 1532.68nm	Ch 23 – 1538,98nm	Ch 39 – 1545,32nm	Ch 55 – 1551,72nm
Ch 8 – 1533,07nm	Ch 24 – 1539,37nm	Ch 40 – 1545,72nm	Ch 56 – 1552,12nm
Ch 9 – 1533,47nm	Ch 25 – 1539,77nm	Ch 41 – 1546,12nm	Ch 57 – 1552,52nm
Ch 10 –1533,86nm	Ch 26 –1540,16nm	Ch 42 –1546,52nm	Ch 58 –1552,93nm
Ch 11 – 1534,25nm	Ch 27 – 1540,56nm	Ch 43 –1546,92nm	Ch 59 – 1553,33nm
Ch 12 –1534,64nm	Ch 28 –1540,95nm	Ch 44 –1547,32nm	Ch 60 –1553,73nm
Ch 13 – 1535,04nm	Ch 29 – 1541,35nm	Ch 45 – 1547,72nm	Ch 61 – 1554,13nm
Ch 14 – 1535,43nm	Ch 30 –1541,75nm	Ch 46 – 1548,11nm	Ch 62 – 1554,54nm
Ch 15 – 1535,82nm	Ch 31 – 1542,14nm	Ch 47 – 1548,51nm	Ch 63 – 1554,94nm
Ch 16 – 1536,22nm	Ch 32 – 1542,54nm	Ch 48 – 1548,91nm	Ch 64 – 1555,34nm

BIBLIOGRAFIA

[1] Recomendación ITU-T G.694.1, “Spectral Grids For WDM Applications: DWDM Frequency Grid”, Junio. 2002.