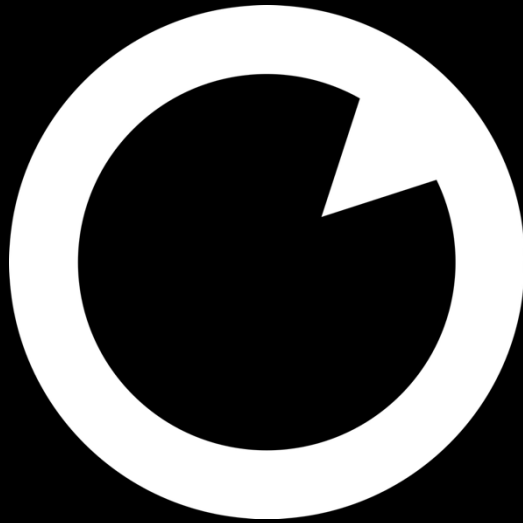


Análisis de la confiabilidad de redes hasta Ancho de Banda de 800G



Impacto a los límites de SNR comparado a BER para
tranceptores coherentes y no coherentes

1

Introducción

2

**De que
depende el
Bit Error Rate?**

3

**Examinador
externo**

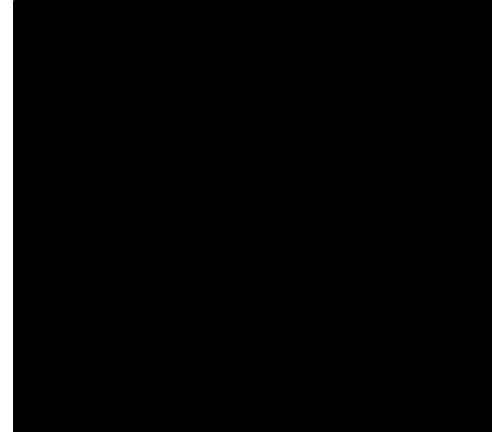
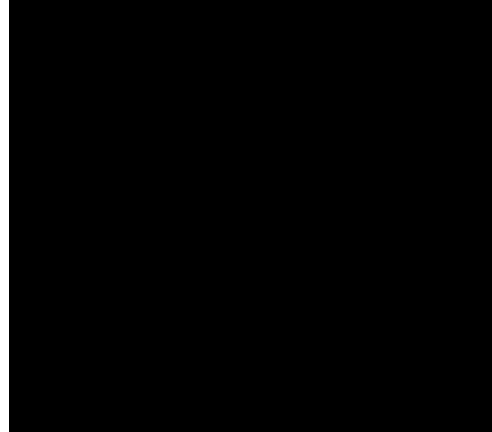
4



Temperatura

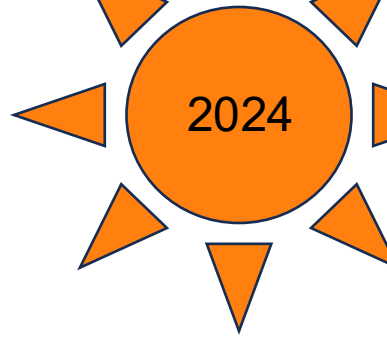
5

Distancias



6

Take Aways



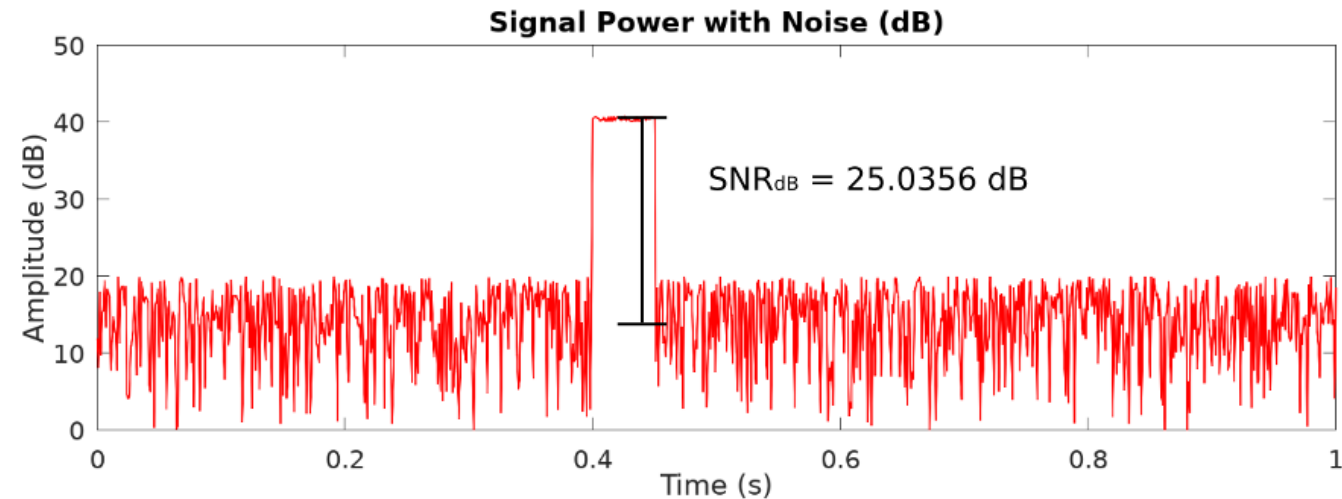
Mediando la calidad de la señal

- **BER** = Bit Error Rate
- **SNR** = Signal-to-Noise-Ratio
- La conveniencia de utilizar decibeles para mostrar valores muy grandes y pequeños
- (e)SNR vs OSNR:
electrico contra **óptico**

POV - Datos

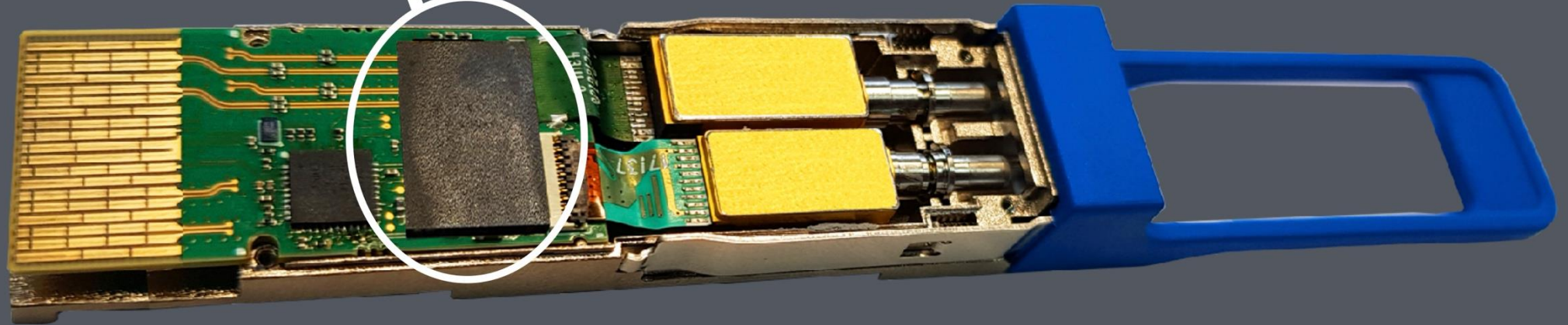
$$\text{BER} = \frac{\text{bits malos}}{\text{Numero total de bits}}$$

POV - Señales



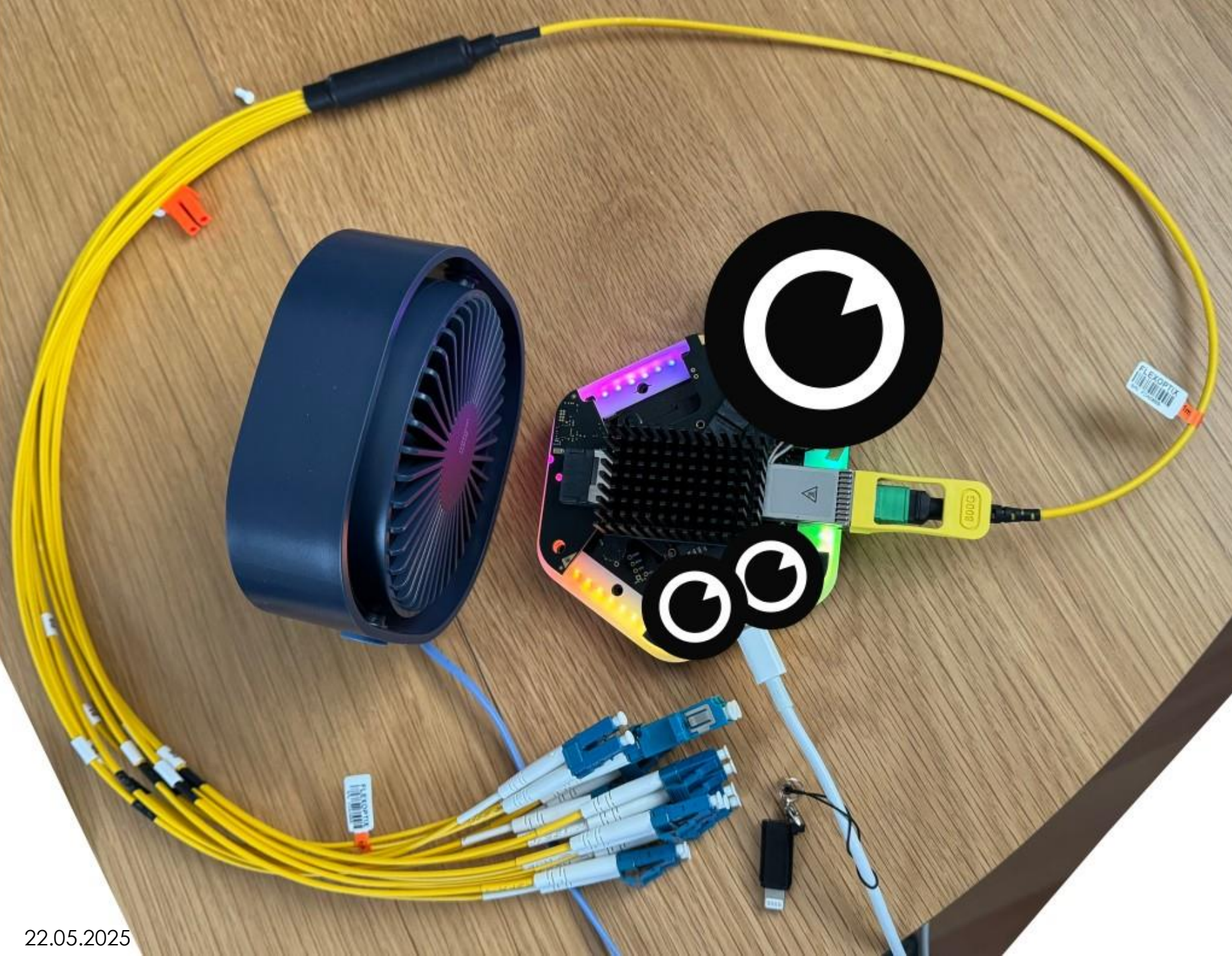
DigitalSignalProcessor

- + FEC
- + BERT
- + OSNR
- + ...



lab setup

FLEXBOX5
con
800G DD,
disipador de
calor y un
ventilador



DUTs* son

1. 100G QSFP28 Single Lambda DR 500m
2. 100G QSFP28 Single Lambda ER 40km
3. 400G QSFP-DD Coherent ZR low power
4. 400G QSFP-DD LR4 10km
5. 400G QSFP112 DR4 500m
6. 800G QSFP-DD DR8 500m

*Device Under Test

Ojo con los atenuadores, si usas cables cortos!

PORQUE: alto riesgo dañar los fotodiodos.

Shopping List:

2. Tambor de cable



10 + 20km G.652.D
@1310nm ≤ 0.35 dB/km

1. Transceptor

100G QSFP28 ER WITH DUAL CDR

40 km, λ 1310 nm, LC-Duplex, Singlemode

Q.13S1HG.40
QSFP28
ER



- ✓ Universal QSFP28 Transceiver
- ✓ Use FLEXBOX to configure to almost any vendor
- ✓ For 100GBASE-ER Ethernet links
- ✓ Integrated Clock-Data-Recovery (CDR)
- ✓ PAM4 modulated signal
- ✓ Supported Data Rates: 106.25 Gbit/s
- ✓ Up to 40 km via Singlemode OS2
- ✓ LC-Duplex Connector

3. Atenuadores



Q.13S1HG.40 cálculo de la atenuación

fiber length + attenuator	cable (0.35 dB/km)	used attenuator
2 meter	about 0 dB	11 dB
10 km	3.5 dB	11 dB
20 km	7 dB	11 dB
30 km	10.5 dB	5 dB
40 km	14 dB	2 dB
50 km	17.5 dB	2 dB

TRANSMIT MIN/MAX PER LANE	4.5 dBm / 7.9 dBm
---------------------------	-------------------

RECEIVER MIN/MAX PER LANE	-14 dBm / -3 dBm (overload) @100G
---------------------------	-----------------------------------

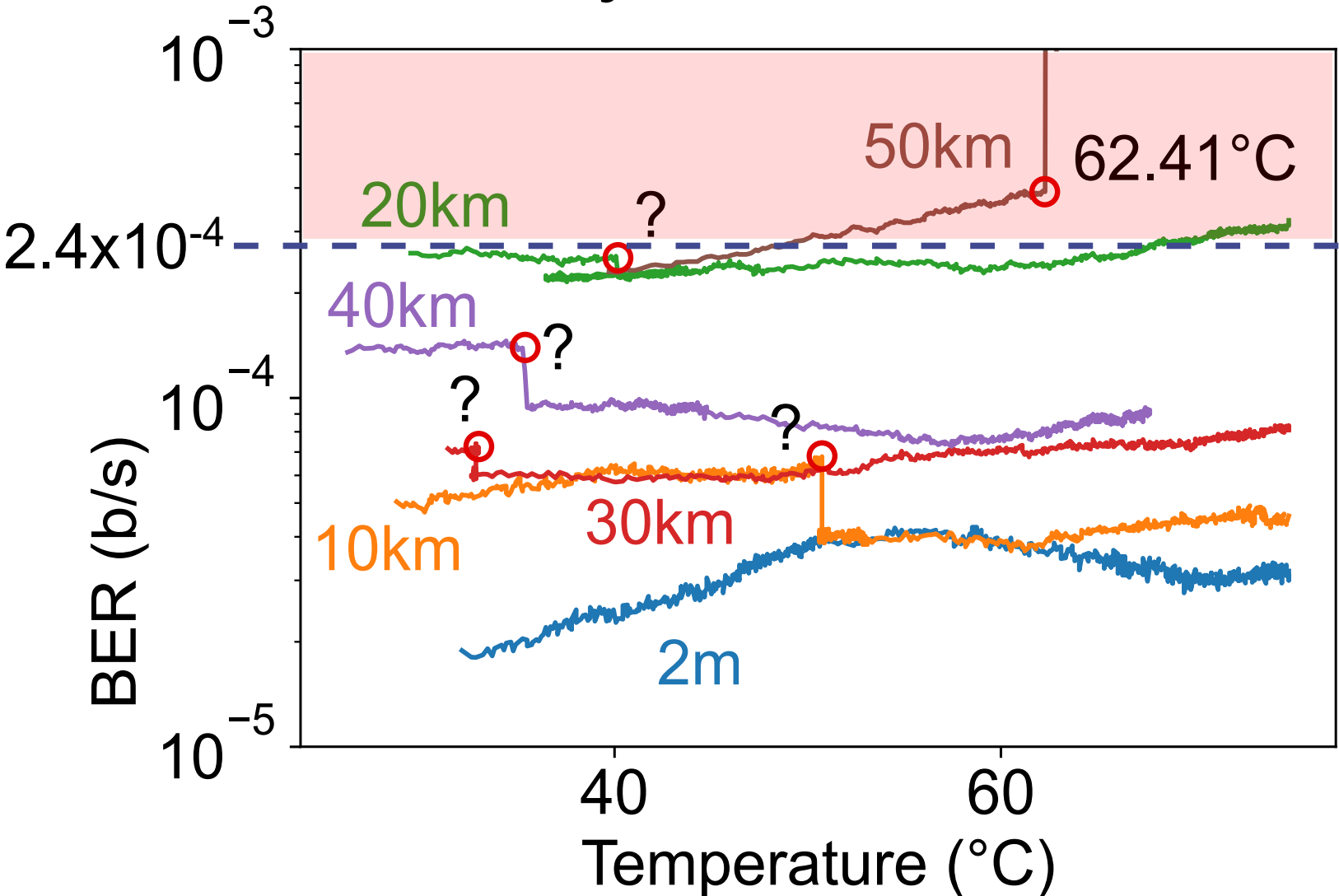
WAVELENGTH TX (TYPICAL)	1310 nm
-------------------------	---------

WAVELENGTH TX (RANGE)	1308.1 - 1310.2 nm
-----------------------	--------------------

WAVELENGTH RX (TYPICAL)	1310 nm
-------------------------	---------

Al menos **11dB** es necesario para evitar daños

100G BER y atenuación



longitud + attenuador	Intensidad d TX (dBm)	Intensidad RX (dBm)
2 m 11 dB	+ 4.8	- 7.1
10 km 11 dB	+ 4.8	- 10.0
20 km 11 dB	+ 4.8	- 13.4
30 km 5 dB	+ 4.8	- 11.9
40 km 2 dB	+ 4.8	- 11.1
50 km 2 dB	+ 4.8	- 14.6

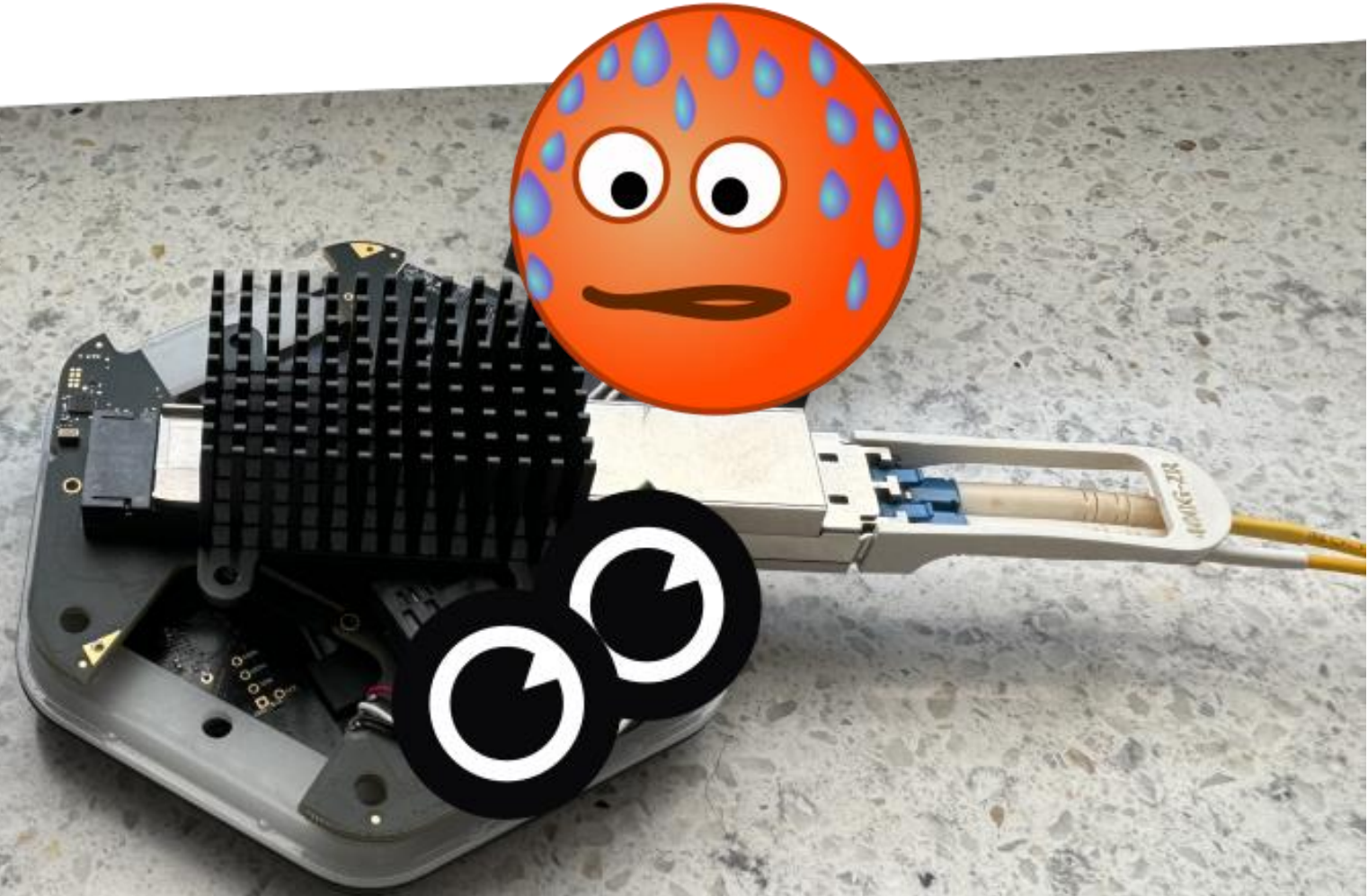
Discutiendo el valor BER de máx. 2.4×10^{-4} b/s

- Valor PreFEC:

$$BER = \frac{N_e}{B \Delta T}$$

- Asumir que $N_e = 100$ errores, $B = 100$ Gbps y $BER = 1.0 \times 10^{-12}$ b/s
 - El gating time ΔT serán aprox. 16 min
 - Pero con $BER = 2.4 \times 10^{-4}$ b/s obtendrás $\Delta T = \underline{\underline{4 \mu s}}$!

lab setup con ventilador (400G DD ZR)



Disipador tomado de un viejo Cisco 800

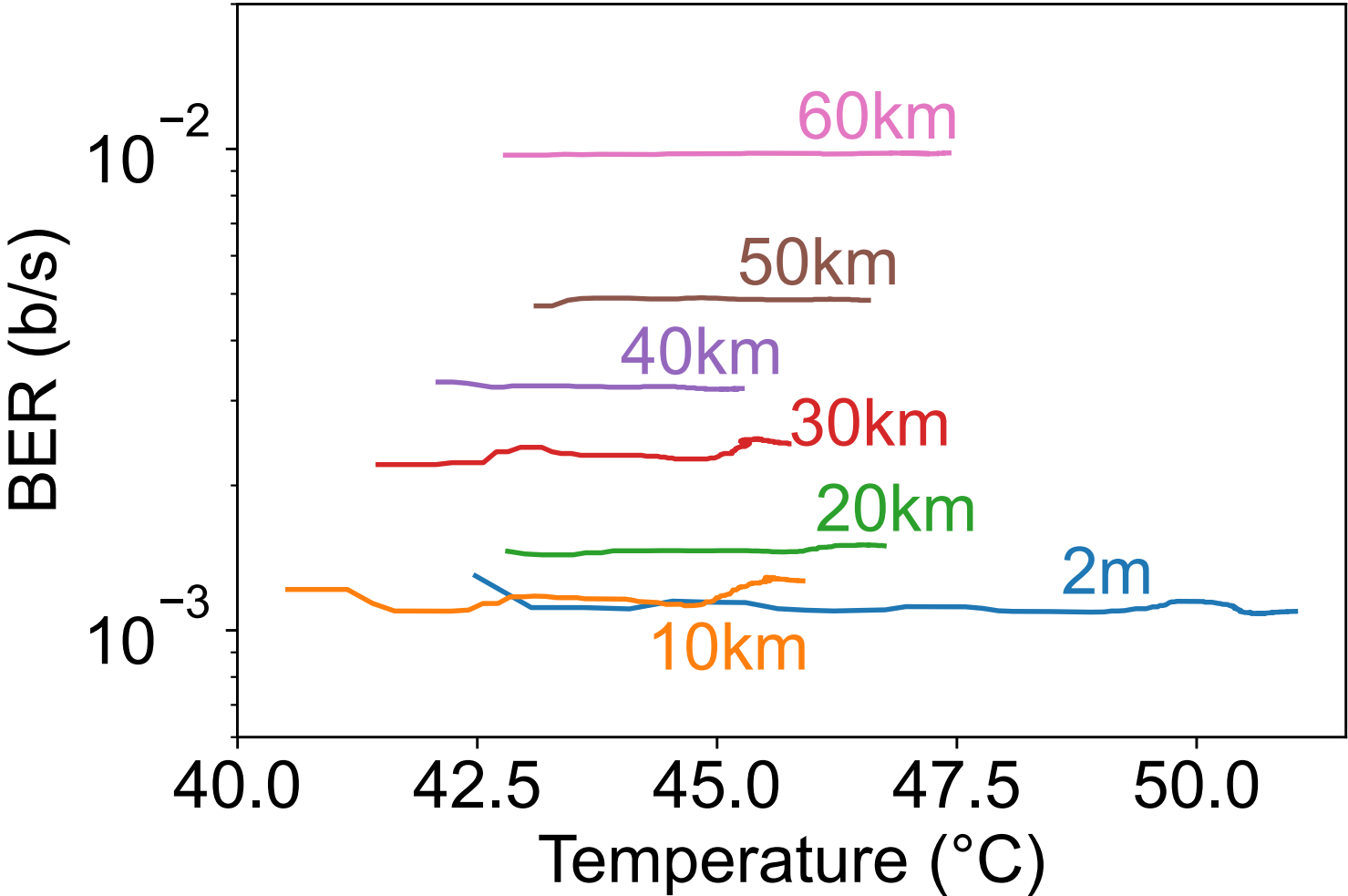
source: [14]

désvan

Separación detallada



El DD coherente con ventilación



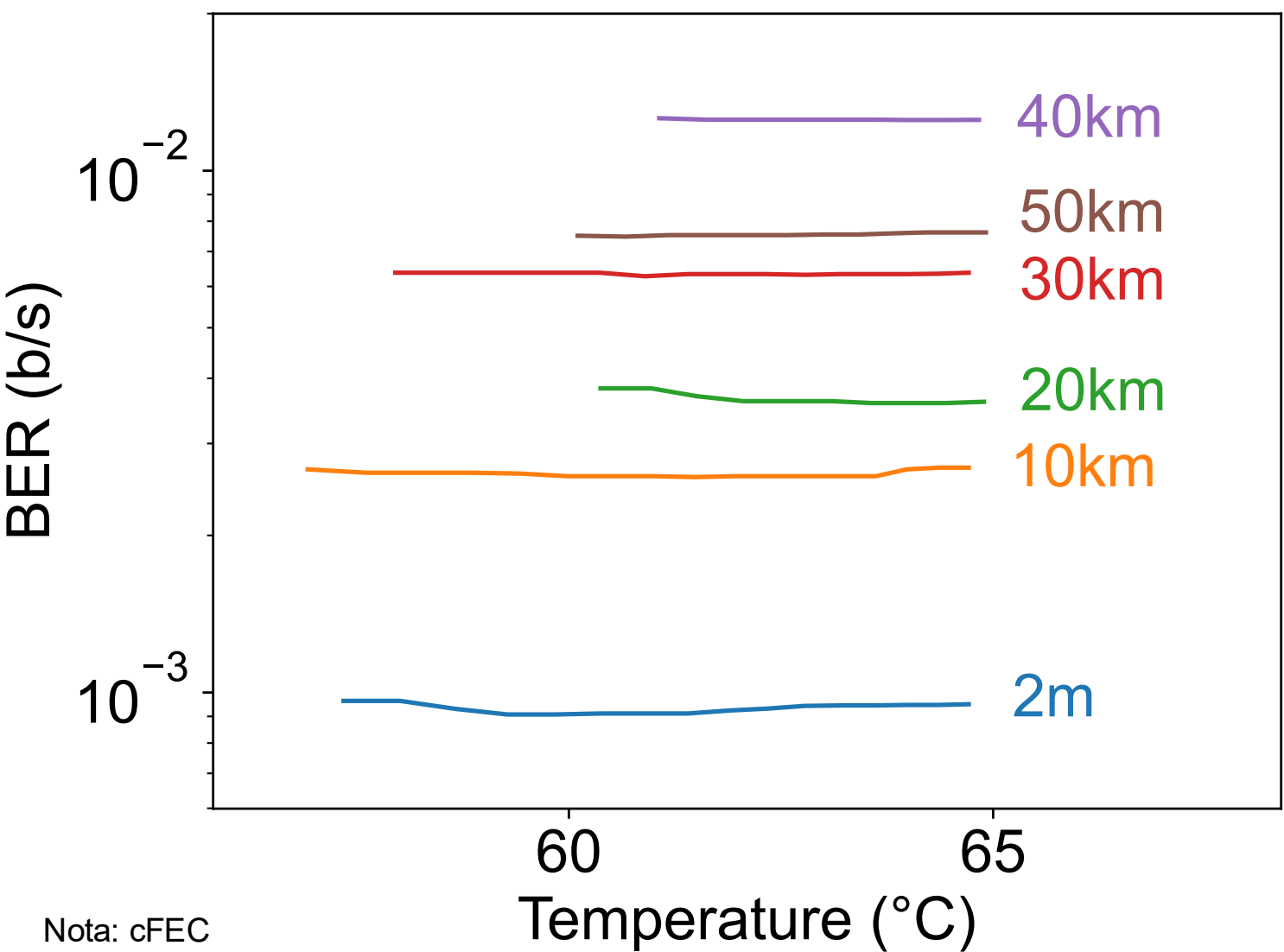
Note: cFEC

Longitud	Intensidad TX (dBm)	Intensidad RX (dBm)
2 m	-10.0	-10.2
10 km	-10.0	-11.7
20 km	-10.0	-13.1
30 km	-10.0	-14.9
40 km	-10.0	-16.7
50 km	-10.0	-18.5
60 km	-10.0	-20.9

OIF BER Intervalo:
 1.5×10^{-4} to 1.3×10^{-2}

Source [13]

El DD coherente sin ventilación



Longitud	Intensidad TX (dBm)	Intensidad RX (dBm)
2 m	-10.0	-9.2
10 km	-10.0	-11.6
20 km	-10.0	-13.3
30 km	-10.0	-15.0
40 km	-10.0	-16.7
50 km	-10.0	-18.6

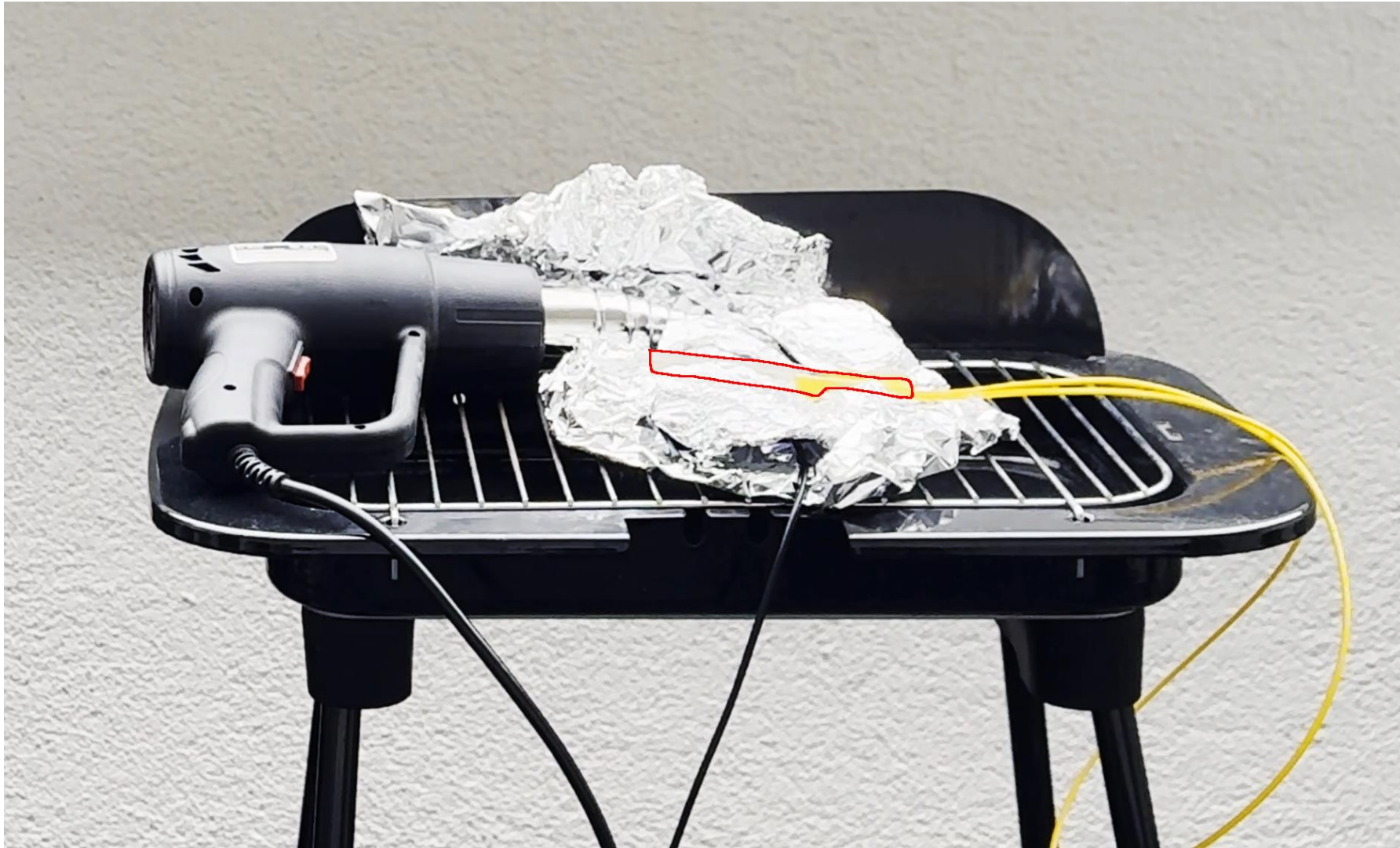
OIF BER Intervalo:
1.0x10⁻⁴ to 1.0x10⁻²

¿Y qué pasa si lo calentamos hasta $\sim 120^{\circ}\text{C}$?



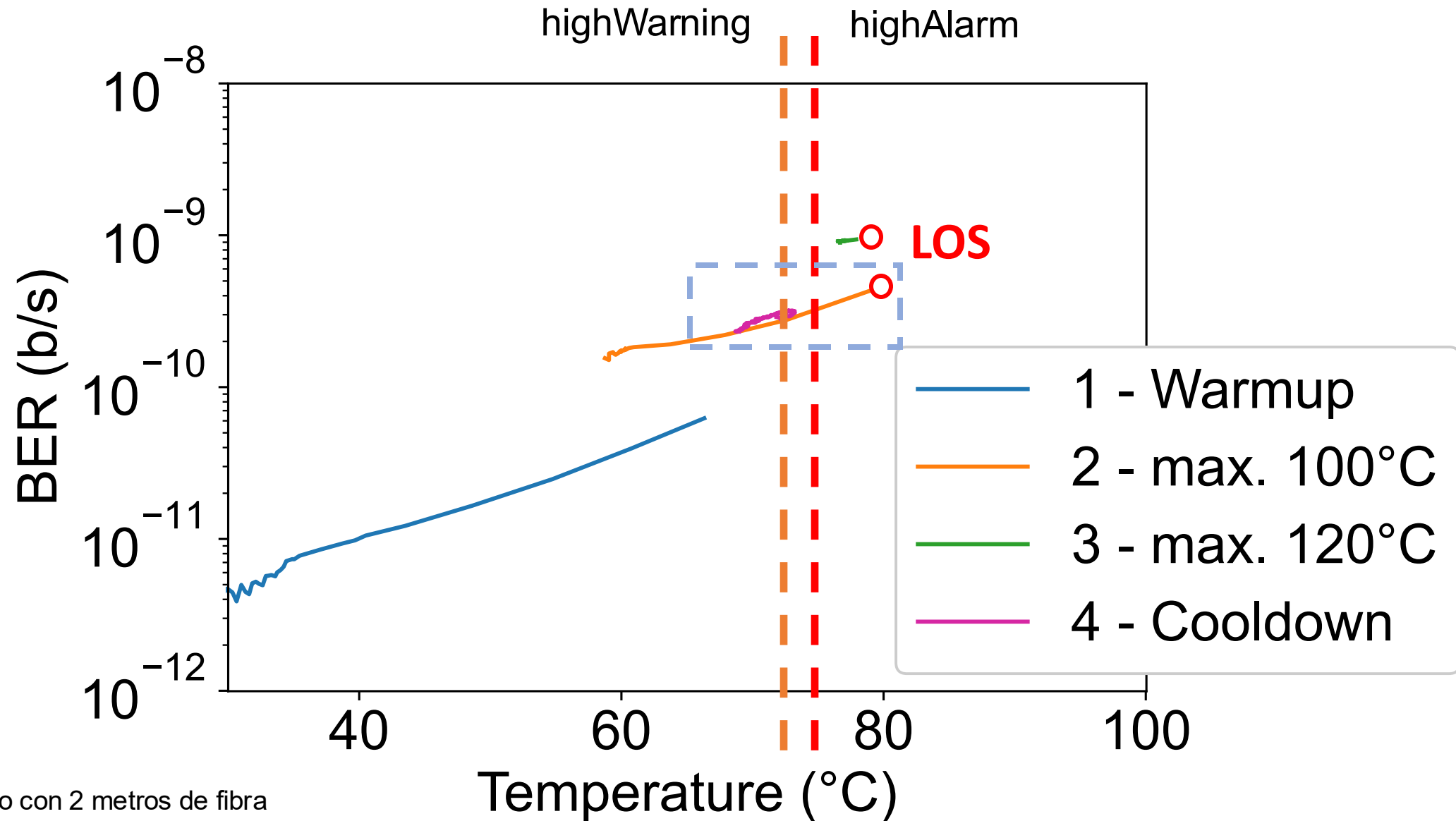
Nota: Ejemplo con 2 metros de fibra

¿Y qué pasa si lo calentamos hasta $\sim 120^{\circ}\text{C}$?



Nota: Ejemplo con 2 metros de fibra

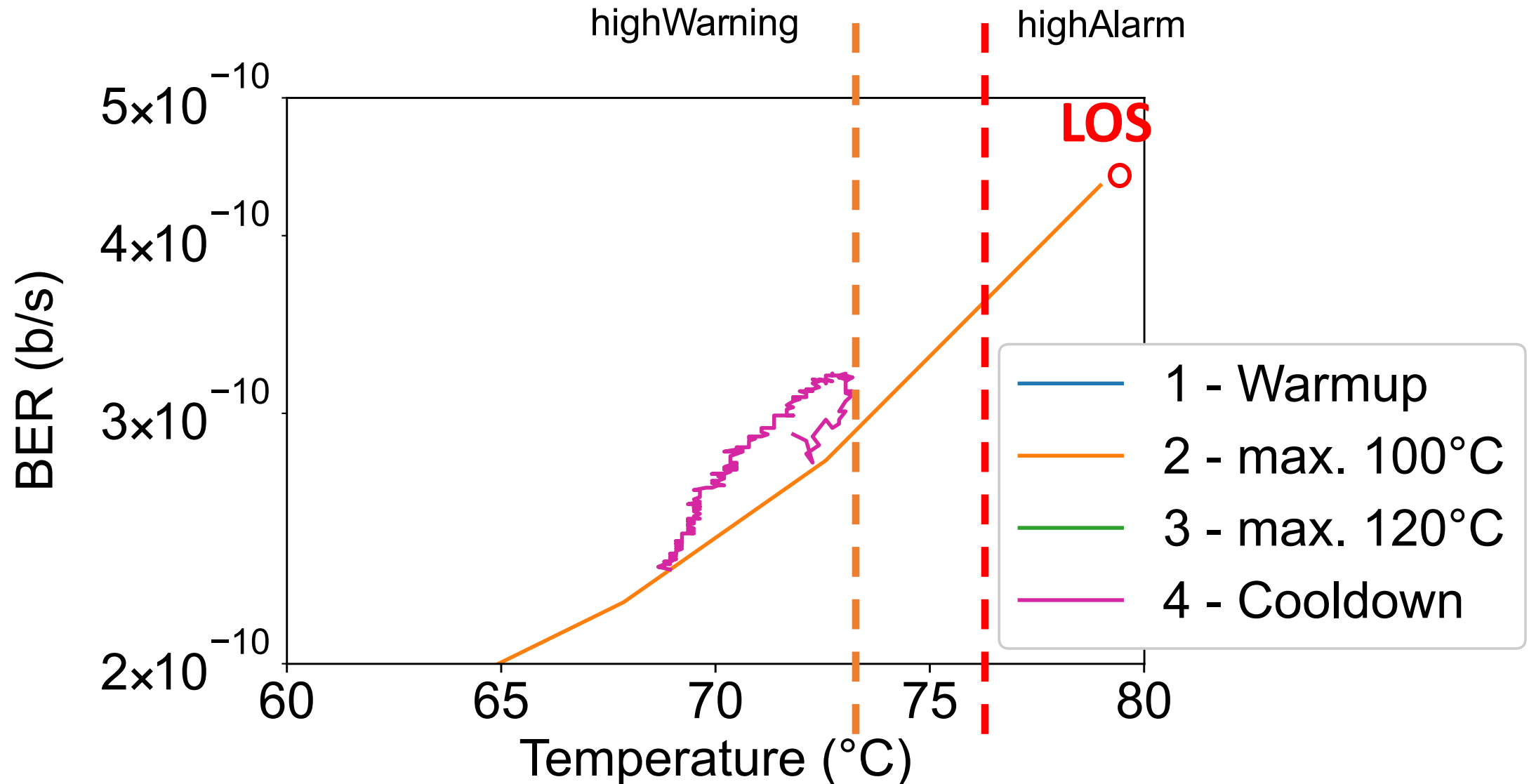
¿Y qué pasa si lo calentamos hasta ~120°C?



Nota: Ejemplo con 2 metros de fibra

source: [15]

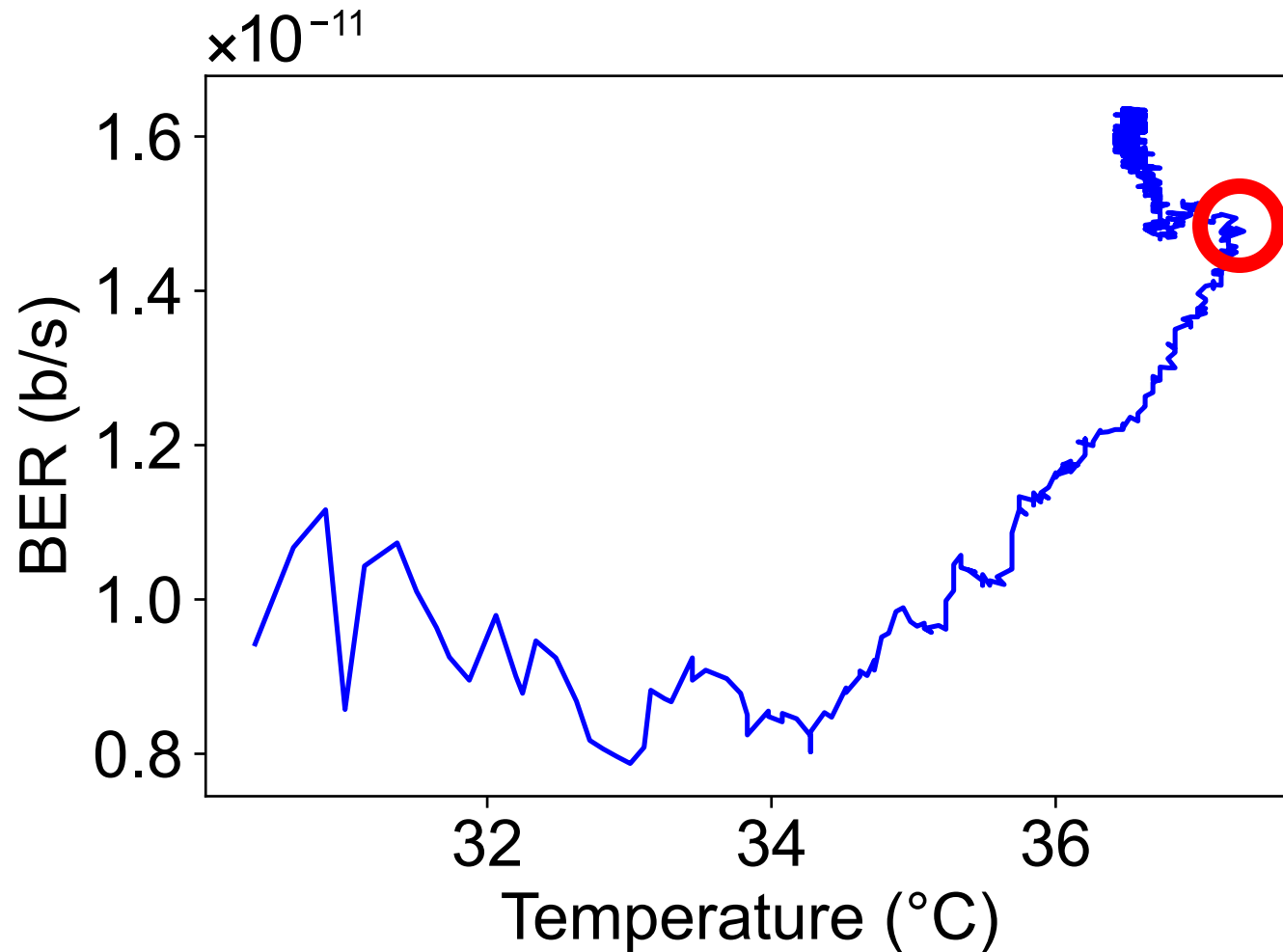
¿Y qué pasa si lo calentamos hasta ~120°C ?



Nota: Ejemplo con 2 metro de fibra

source: [15]

¿Qué pasa con el BER, si mantengo la temperatura constante?

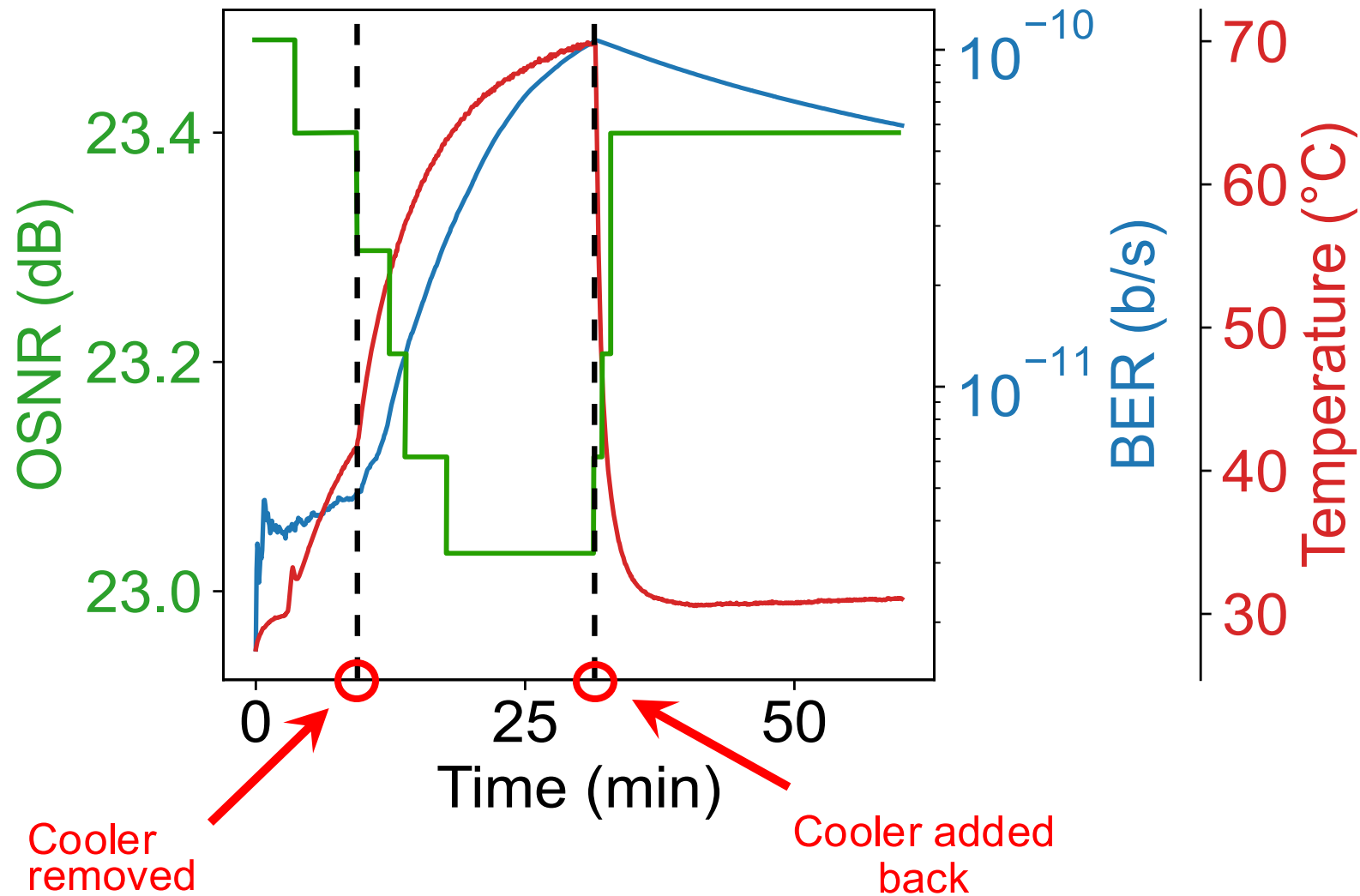


Alcanzando
37.0 °C
despues de
4 min.

Ejemplo con Q.13S1HG.05, 2m de cable y un ventilador con disipador de calor.
El experimento completo corrió por una hora.

Note: KP4 FEC

¿Es posible recuperar el BER inicial?



¡10 veces peor!

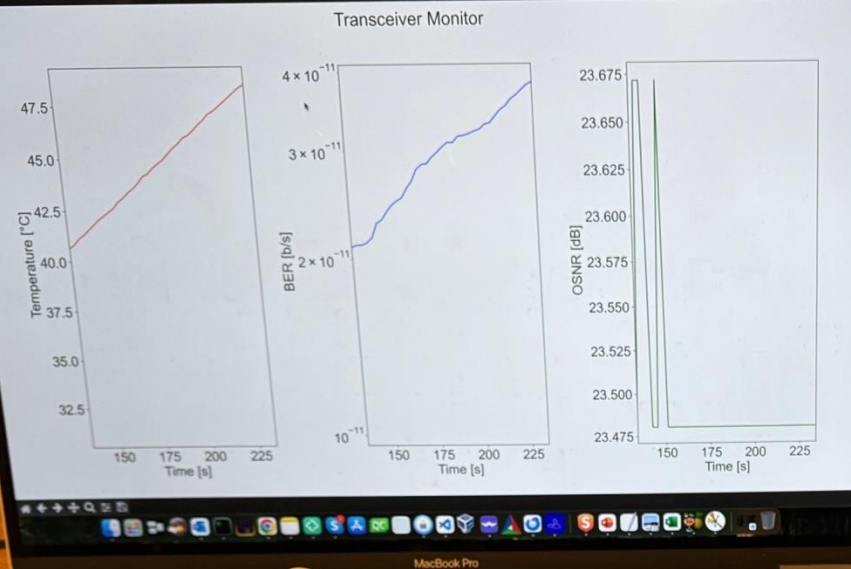
Demo vivo

mi python

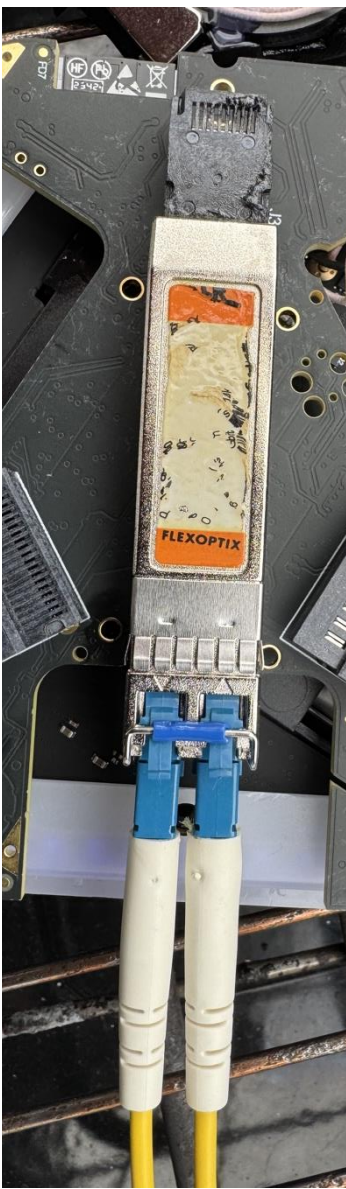
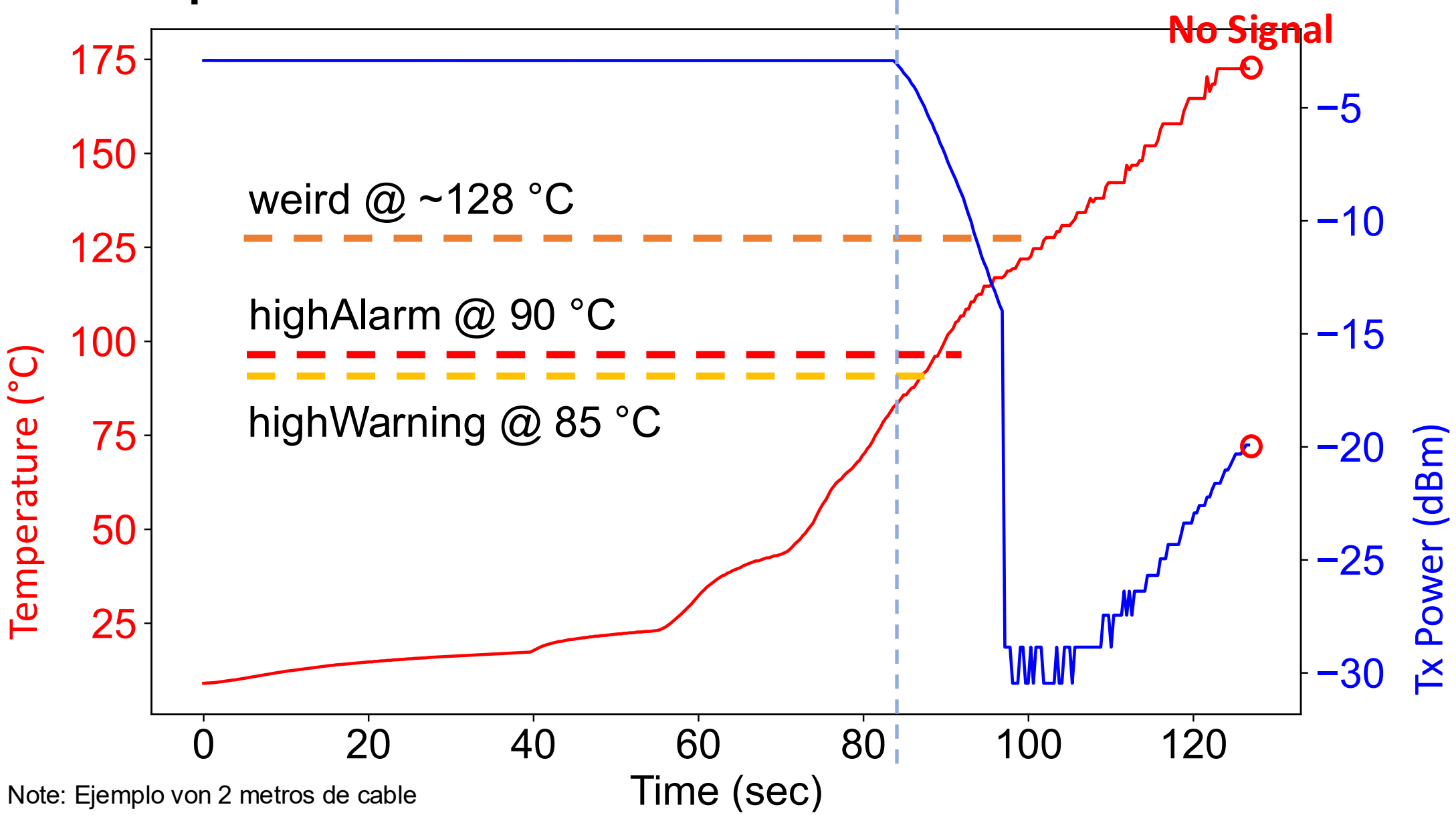
QSFP28 DR

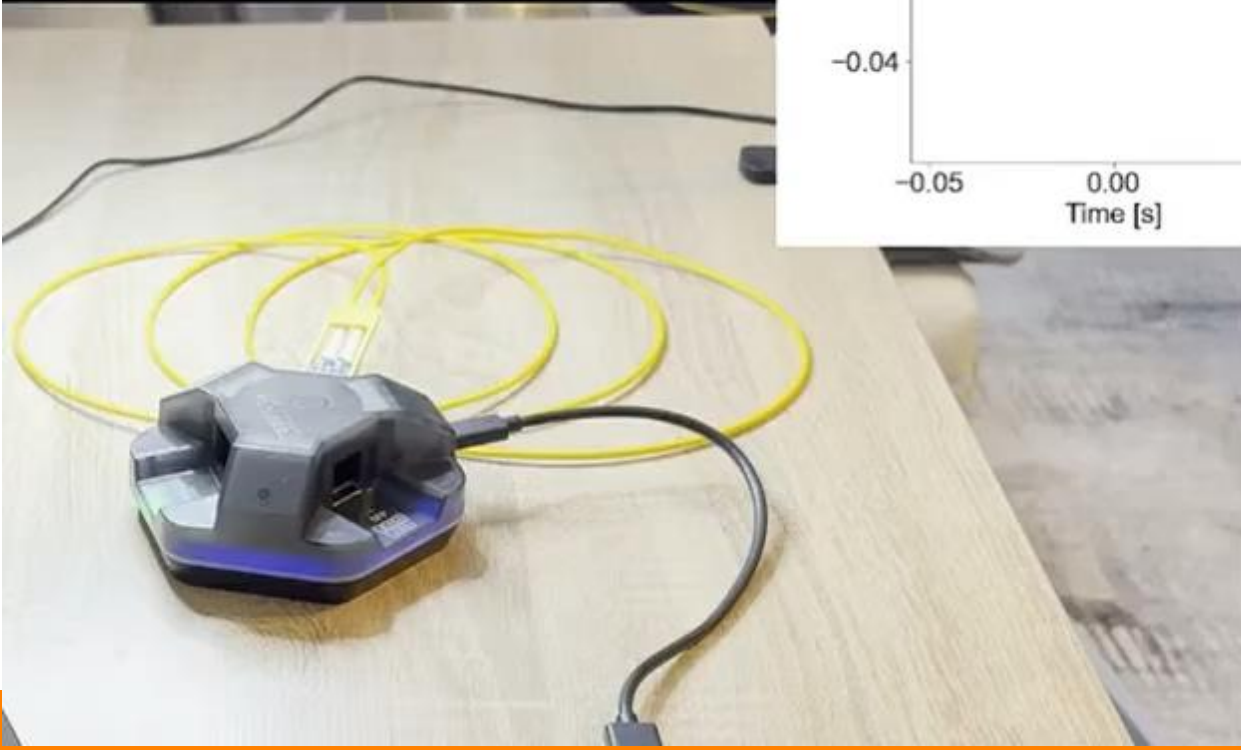
flexbox5

2m
jumper

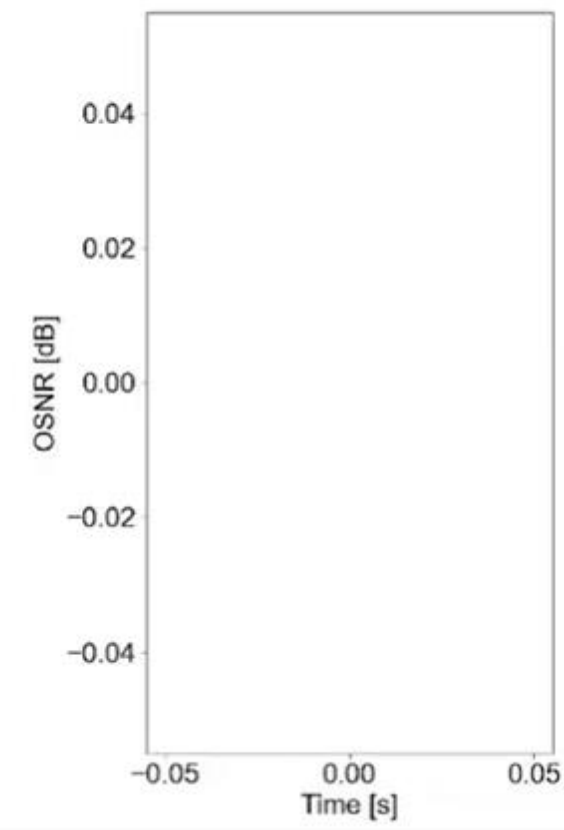
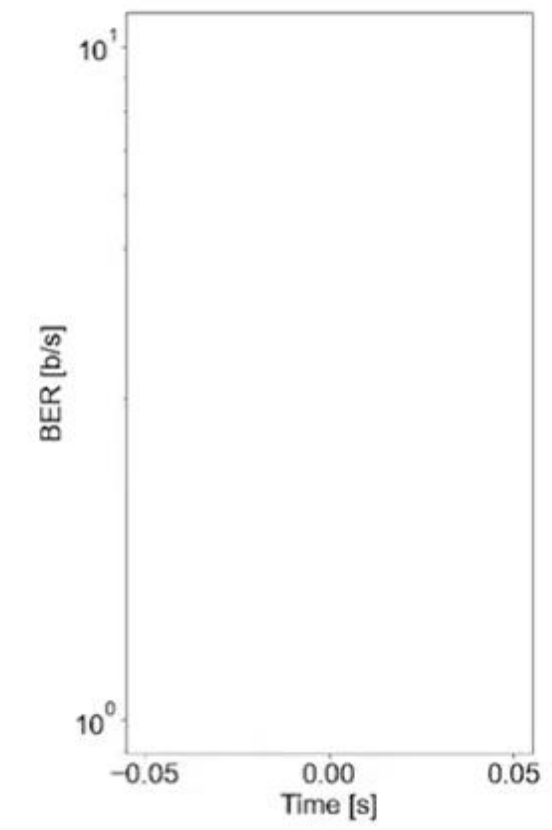
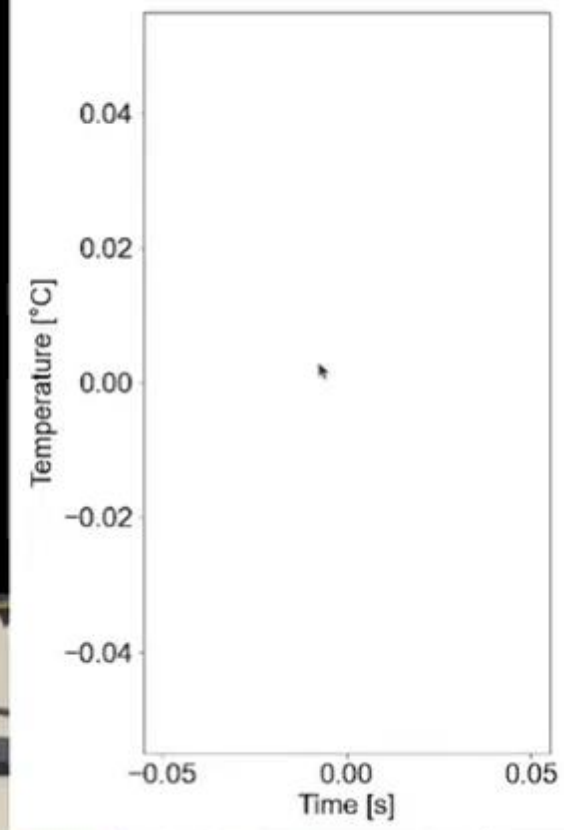


Comportamiento con SFP+ hasta ~250°C





Transceiver Monitor



- El BER con trancceptores de detección directa (DDT, gris) depende tanto de temperatura como la longitud de fibra
- Ojo: El BER medido en realidad es un promedio móvil
- No hay tanto margen entre LOS y High Alarm
- Transceptores coherentes benefician más de las diferentes propiedades de luz, pero también requieren un DSP con más propiedades -> Recuperación de la señal
- El cambio de temperatura no afecta tanto el BER en caso de transceptores coherentes. La influencia viene principalmente de la longitud
- Los valores BER especificados están definidos en IEEE802.3df para estas diapositivas. Para DDT: Si tu BER está en buen rango OSNR no será tu enemigo

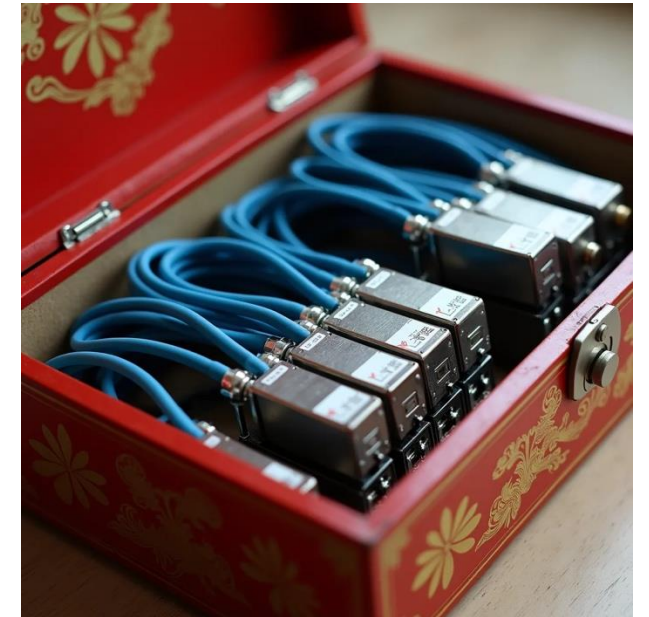
take aways



FLUX AI: "Chinese take away box from a restaurant filled with noodles" !!!

- El BER con trancceptores de detección directa (DDT, gris) depende tanto de temperatura como la longitud de fibra
- Ojo: El BER medido en realidad es un promedio móvil
- No hay tanto margen entre LOS y High Alarm
- Transceptores coherentes benefician más de las diferentes propiedades de luz, pero también requieren un DSP con más propiedades -> Recuperación de la señal
- El cambio de temperatura no afecta tanto el BER en caso de transceptores coherentes. La influencia viene principalmente de la longitud
- Los valores BER especificados están definidos en IEEE802.3df para estas diapositivas. Para DDT: Si tu BER está en buen rango OSNR no será tu enemigo

take aways



FLUX AI: "Chinese restaurant take away box filled with transceivers" !!!

Muchas gracias



thomas.weible@flexoptix.net
gerhard.stein@flexoptix.net

Literatura:

1. SFF-8024, SFF Module Management Reference Code Tables, Rev. 4.10, November 24th of 2022
2. Rotary optical encoder model, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Encoder.jpg> by Rrudzik (accessed Mar. 2024)
3. Everything You Need to Know About Complex Optical Modulation, Keysight (accessed Nov. 2024)
4. Fibre Sensing with and for Optical Networks, Ezra Ip et al., ECOC 2024 (Sept. 2024)
5. First Field Demonstration of Hollow-Core Fibre Supporting
6. Distributed Acoustic Sensing and DWDM Transmission, Ezra Ip et al., ECOC 2024 (Sept 2024)
7. Acoustic Sensing with Correlation and Coherent Detection using an Integrated Coherent Transceiver, André Sandmann et al., ADTRAN-ADVA (May 2023)
8. Fiber Optic Communications, Gerd Keiser, ISBN 978-981-33-4667-3 (Newton Center, MA 2021)
9. Understanding EVM, Paul Denisowki, Rhode&Schwarz, https://cdn.rohde-schwarz.com.cn/pws/dl_downloads/premiumdownloads/premium_dl_pdm_downloads/3683_8038_52/Understanding-EVM_wp_en_3683-8038-52_v0100.pdf, Version 01.00 (accessed Nov 2024)
10. Understanding FEC and Its Implementation in Cisco Optics, <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/transceiver-modules/implementation-optics-wp.html>, (May 13, 2022)
11. IEEE Standard for Ethernet, Amendment 3: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 100 Gb/s, 200 Gb/s, and 400 Gb/s Operation over Optical Fiber Using 100 Gb/s Signaling, (802.3db-2022)
12. IEEE Standard for Ethernet, Amendment 9: Media Access Control Parameters for 800 Gb/s and Physical Layers and Management Parameters for 400 Gb/s and 800 Gb/s Operation, (802.3df-2024)
13. OIF-400ZR-02.0, Implementation Agreement 400ZR, www.oiforum.com (November 3, 2022)
14. Smiley from the sMirC-series. Hot, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SMirC-hot.svg>
15. Common Management Interface Specification 5, (CMIS) (November 2021)
16. Electrical Interface Optic Type Data rate FEC Standard Clause, Cisco (November 2024)