Fibra óptica

① FO multimodo de índice escalón:

$n_1 = 1,55$ (índice de refracción del núcleo)

$n_2 = 1,5$ (índice de refracción del manto o cubierta)

- Apertura numérica: $AN = NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1,55^2 - 1,5^2} = 0,3905$
- Ángulo crítico: $n_1 \operatorname{sen} \theta_c = n_2 \operatorname{sen} 90°$

$$\theta_c = \operatorname{arcsen}\left(\frac{n_2}{n_1} \operatorname{sen} 90°\right) = 75,40°$$

- Ángulo máximo de entrada o aceptación:

$NA = n_0 \operatorname{sen} \theta_{ent} \Rightarrow \theta_{ent} = \operatorname{arcsen} NA = 22,98°$; $n_0 = 1$ (aire)

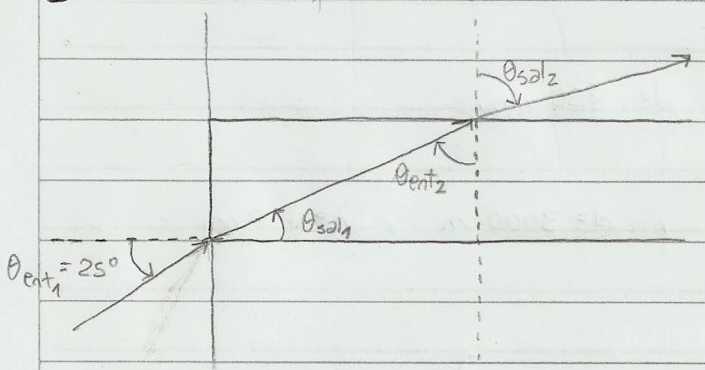
② Haz de luz incidente en núcleo-cubierta $\rightarrow \theta_{ent} = 60°$ (respecto a la normal)

- $\theta_{ent} = 60° < \theta_{crit} = 75,40° \Rightarrow$ se refracta
- $n_1 \operatorname{sen} \theta_{ent} = n_2 \operatorname{sen} \theta_{sal} \Rightarrow \theta_{sal} = \operatorname{arcsen}\left(\frac{n_1}{n_2} \operatorname{sen} \theta_{ent}\right) = 63,49°$

③ Haz de luz incidente en núcleo-cubierta $\rightarrow \theta_{ent} = 90° - 13° = 77°$

- $\theta_{ent} = 77° > \theta_{crit} = 75,40° \Rightarrow$ se refleja
- Cómo el ángulo se refleja, el $\theta_{sal} = \theta_{ent} \Rightarrow \theta_{sal} = 77°$

④ Haz de luz que incide en aire-núcleo $\rightarrow \theta_{ent_1} = 25°$ (respecto a la normal)



- $n_0 \operatorname{sen} \theta_{ent_1} = n_1 \operatorname{sen} \theta_{sal_1}$

$$\theta_{sal_1} = \operatorname{arcsen}\left(\frac{n_0}{n_1} \operatorname{sen} \theta_{ent_1}\right) = 15,82°$$

- $\theta_{ent_2} = 90° - \theta_{sal_1} = 74,18°$

$\theta_{ent_2} < \theta_{crit} \Rightarrow$ se refracta

- $n_1 \operatorname{sen} \theta_{ent_2} = n_2 \operatorname{sen} \theta_{sal_2}$

$$\theta_{sal_2} = \operatorname{arcsen}\left(\frac{n_1}{n_2} \operatorname{sen} \theta_{ent_2}\right) = 83,82°$$

(5) Haz de luz incidente en aire-núcleo → $\theta_{ent_1} = 12°$ (respecto a la normal)

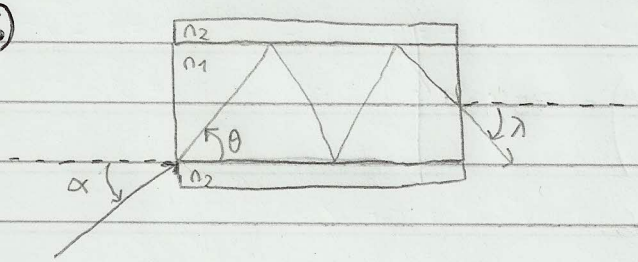
- $n_0 \operatorname{sen} \theta_{ent_1} = n_1 \operatorname{sen} \theta_{sal_1} \Rightarrow \theta_{sal_1} = \operatorname{arcsen}\left(\frac{n_0}{n_1} \operatorname{sen} \theta_{ent_1}\right) = 7{,}71°$

- $\theta_{ent_2} = 90° - \theta_{sal_1} = 82{,}291°$

  $\theta_{ent_2} > \theta_{crit} \Rightarrow$ se refleja (reflexión interna total)

- $\theta_{sal_2} = \theta_{ent_2} \Rightarrow \theta_{sal_2} = 82{,}291°$

(6)



$$\begin{cases} n_0 \operatorname{sen} \alpha = n_1 \operatorname{sen} \theta \\ n_1 \operatorname{sen}(90° - \theta) = n_2 \operatorname{sen} \lambda \end{cases}$$

(7) FO multimodo de índice escalón: $NA = 0{,}275$, $n_1 = 1{,}019\, n_2$

$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

$NA = \sqrt{(1{,}019 n_2)^2 - n_2^2}$

$NA = \sqrt{0{,}038\, n_2^2}$

$NA = 0{,}196\, n_2$

$n_2 = \frac{NA}{0{,}196} = 1{,}404$

$n_1 = (1{,}019)(1{,}404) = 1{,}43$

(8) Velocidad de la luz: $c = 3 \times 10^8$ m/s , $\lambda = 855$ nm $= 855 \times 10^{-9}$ m

- $v = \frac{c}{n_1} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1{,}41745} = 2{,}116 \times 10^8$ m/s

- $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2{,}116 \times 10^8 \text{ m/s}}{855 \times 10^{-9} \text{ m}} = 2{,}4754 \times 10^{14}$ Hz $\Rightarrow f(THz) = \frac{f(Hz)}{10^{12}} = 247{,}54$ THz

(9) FO multimodo estandarizada EIA 492 de 850 nm.

$P_{tx} = 0$ dBm , $S_{rx} = -25$ dBm

Bitrate del enlace: 622 o 155 Mbps , $d = 3000$ m , $\lambda = 850$ nm

a) Atenuación: $A = 3{,}2$ dB/km

(3 empalmes)(0,2 dB/empalme) = 0,9 dB

(4 pares de conectores)(0,7 dB/par de conectores) = 2,8 dB

(3 km)(3,2 dB/km) = 9,6 dB

$\Rightarrow P = 13{,}3$ dB

Práctica N° 7

- $P_{tx} - P = P_{rx} \geq S_{rx}$

$0\ dBm - 13,3\ dB = -13,3\ dBm > -25\ dBm \Rightarrow$ es factible: el enlace funcionará

b) Bitrate máximo:

$\frac{500\ Mbps \cdot Km}{3\ Km} = 166,67\ Mbps \Rightarrow$ por la configuración: Bitrate máx = 155 Mbps

c) $1\ eV = 1,6 \times 10^{-19}\ J$, $h = 6,62 \times 10^{-34}\ J/Hz$, $F = 2,4754 \times 10^{14}\ Hz$

- $E_F = h \cdot F = 1,64 \times 10^{-19}\ J$

- $1,6 \times 10^{-19}\ J$ _____ $1\ eV$

$1,64 \times 10^{-19}\ J$ _____ $x \Rightarrow E_F(eV) = 1,025\ eV$

(19) Interface LAN: 10/100/1000 Mbps (configurable)
Interface MAN: 100/1000 Mbps (configurable)

$d = 3500\ m$, 2 empalmes , 4 pares de conectores

(2 empalmes)(0,8 dB/empalme) = 1,6 dB
(4 pares de conectores)(1,2 dB/par de conectores) = 4,8 dB
} $A = 6,4\ dB$

a) Máximo bitrate configurable:

- FO: 62.5/125 de 850 nm

$P = 6,4\ dB + (3,5\ km)(3,2\ dB/km) = 17,6\ dB$

$P_{tx} - P = -4\ dBm - 17,6\ dB = -21,6\ dBm < -17\ dBm \Rightarrow$ No funciona

- FO: 62.5/125 de 1310 nm

$P = 6,4\ dB + (3,5\ km)(0,8\ dB/km) = 9,2\ dB$

$P_{tx} - P = -4\ dBm - 9,2\ dB = -13,2\ dBm > -17\ dBm \Rightarrow$ Funciona

$Bitrate = \frac{500\ Mbps \cdot Km}{3,5\ km} = 142,86\ Mbps \Rightarrow$ Bitrate = 100 Mbps (configurado)

• FO: 50/125 de 1310 nm

P = 6,4 dB + (3,5 Km)(0,82 dB/Km) = 9,27 dB

Ptx - P = -4 dBm - 9,27 dB = -13,27 dBm > -17 dBm ⇒ Funciona

Bitrate = $\frac{600 \text{ Mbps} \cdot \text{Km}}{3,5 \text{ Km}}$ = 171,43 Mbps ⇒ Bitrate = 100 Mbps (configurado)

• FO: 9.3/125 (G.652) de 1310 nm

P = 6,4 dB + (3,5 Km)(1 dB/Km) = 9,9 dB

Ptx - P = 0 dBm - 9,9 dB = -9,9 dBm > -22 dBm ⇒ Funciona

Bitrate = 1000 Mbps (configurado)

Por lo tanto, el máximo bitrate es de 1000 Mbps utilizando FO 9.3/125 (G.652)

b) LAN = 1000 Mbps , FO: 9.3/125 (G.652) , λ = 1310 nm

MAN = 1000 Mbps

c) El máximo bitrate sería de 100 Mbps utilizando cualquiera de las FO multimodos EIA 492 o la G.651 en 1310 nm.

d) 1 Gbps = 1000 Mbps

• FO: EIA 492

1000 Mbps = $\frac{500 \text{ Mbps} \cdot \text{Km}}{d}$ ⇒ $d = \frac{500 \text{ Mbps} \cdot \text{Km}}{1000 \text{ Mbps}}$ = 0,5 Km = 500 m

• FO: G.651

1000 Mbps = $\frac{600 \text{ Mbps} \cdot \text{Km}}{d}$ ⇒ $d = \frac{600 \text{ Mbps} \cdot \text{Km}}{1000 \text{ Mbps}}$ = 0,6 Km = 600 m

• FO = G.652

Ptx - P = Srx ⇒ 0 dBm - 6,4 dB - d(1 dB/Km) = -22 dBm

$d = \frac{-6,4 \text{ dB} + 22 \text{ dBm}}{1 \text{ dB/Km}}$

d = 15,6 Km