

MEDIOS FISICOS APLICADOS A LA TRANSMISION DE DATOS

MEDIOS FISICOS

- ALAMBRICOS. (Ductos o Torres)
- INALAMBRICOS. (Antenas)
- SEÑALES:
 - » ELECTRICAS.
 - » ELECTROMAGNETICAS.
 - » OPTICAS

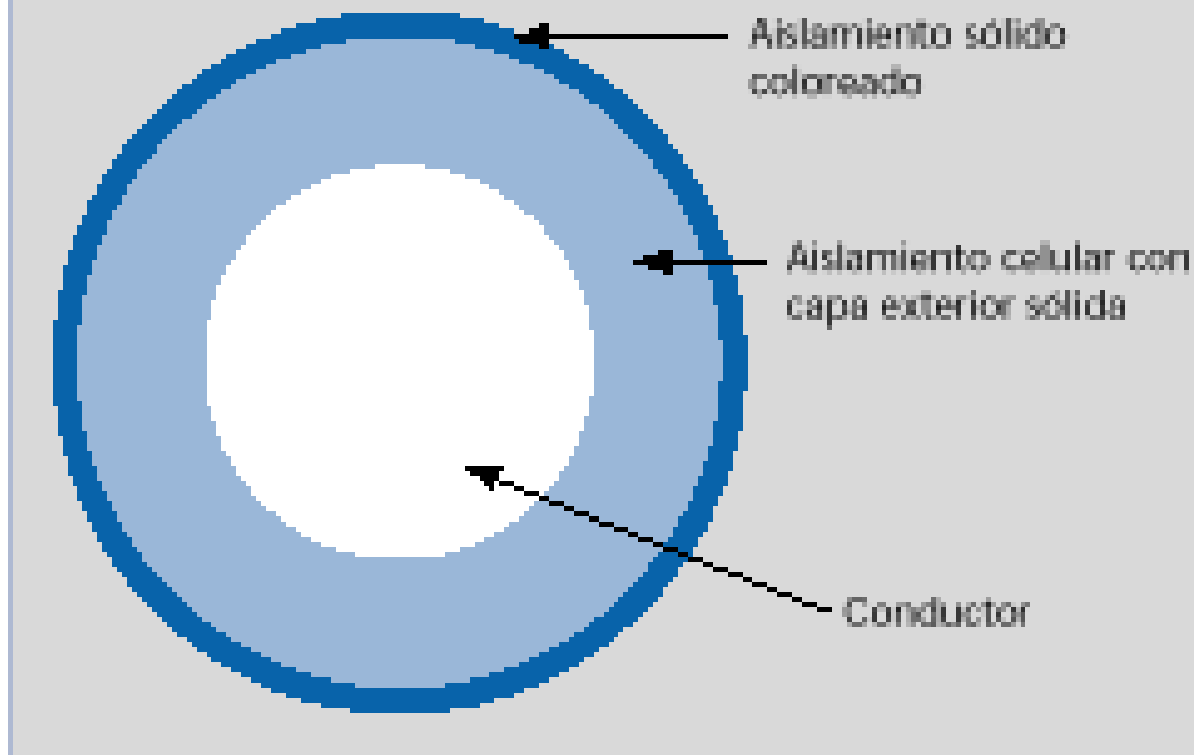
MEDIOS FISICOS

- ALAMBRICOS:
 - Cable Telefonico.
 - Multipar.
 - Coaxil.
 - UTP/STP.
 - Fibra Optica.
 - Cable Submarino.
 - Guia de Onda

MEDIOS FISICOS

- INALAMBRICOS:
 - Satélites.
 - Microondas.
 - Enlaces Radioeléctricos.
 - Láser.

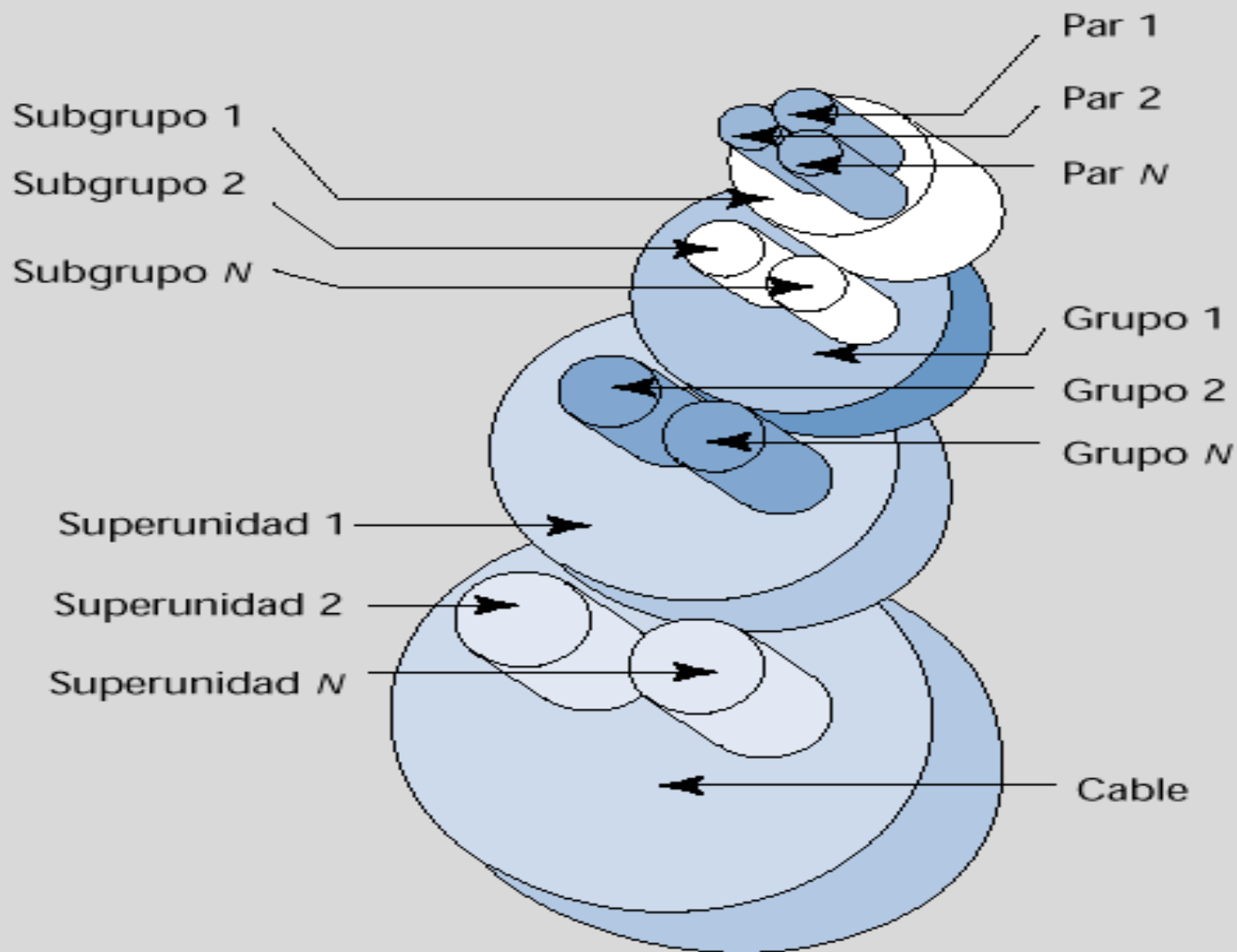
Componentes de un conductor del cable telefónico



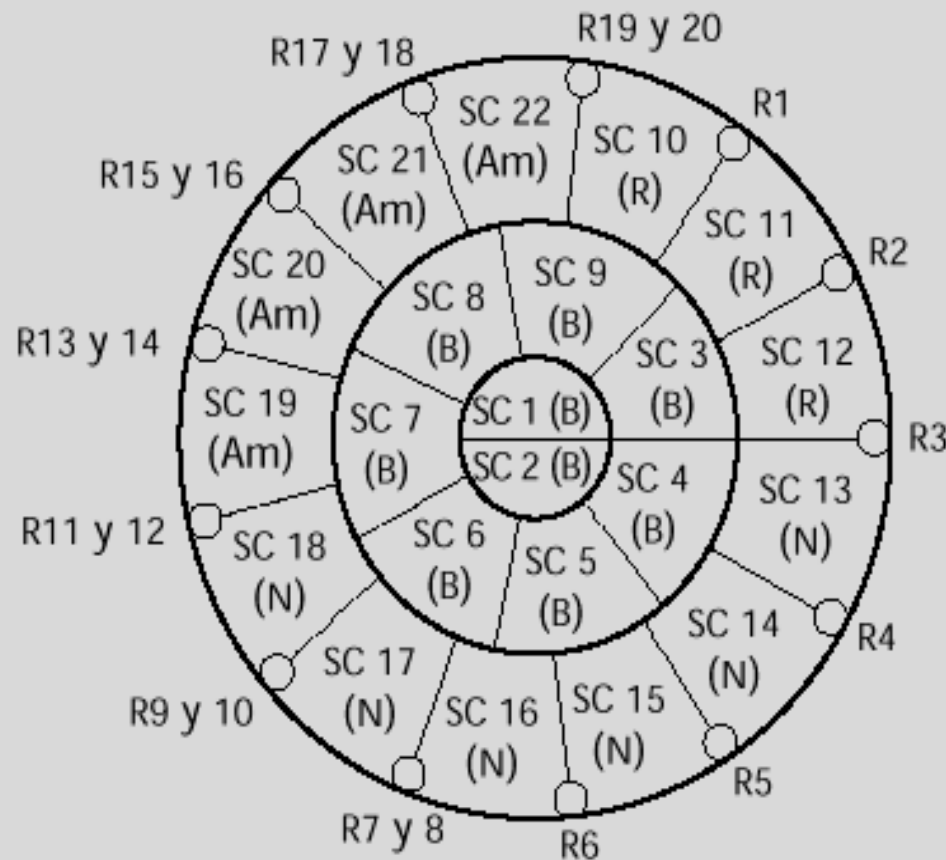
Norma American Wire Gauge (AWG) relación entre calibres y diámetros en mm

Calibres (AWG)	Diámetro (en mm)
19	0,912
22	0,644
24	0,511
26	0,405
28	0,302

Esquema de agrupación de cables



Cable de 2200 pares



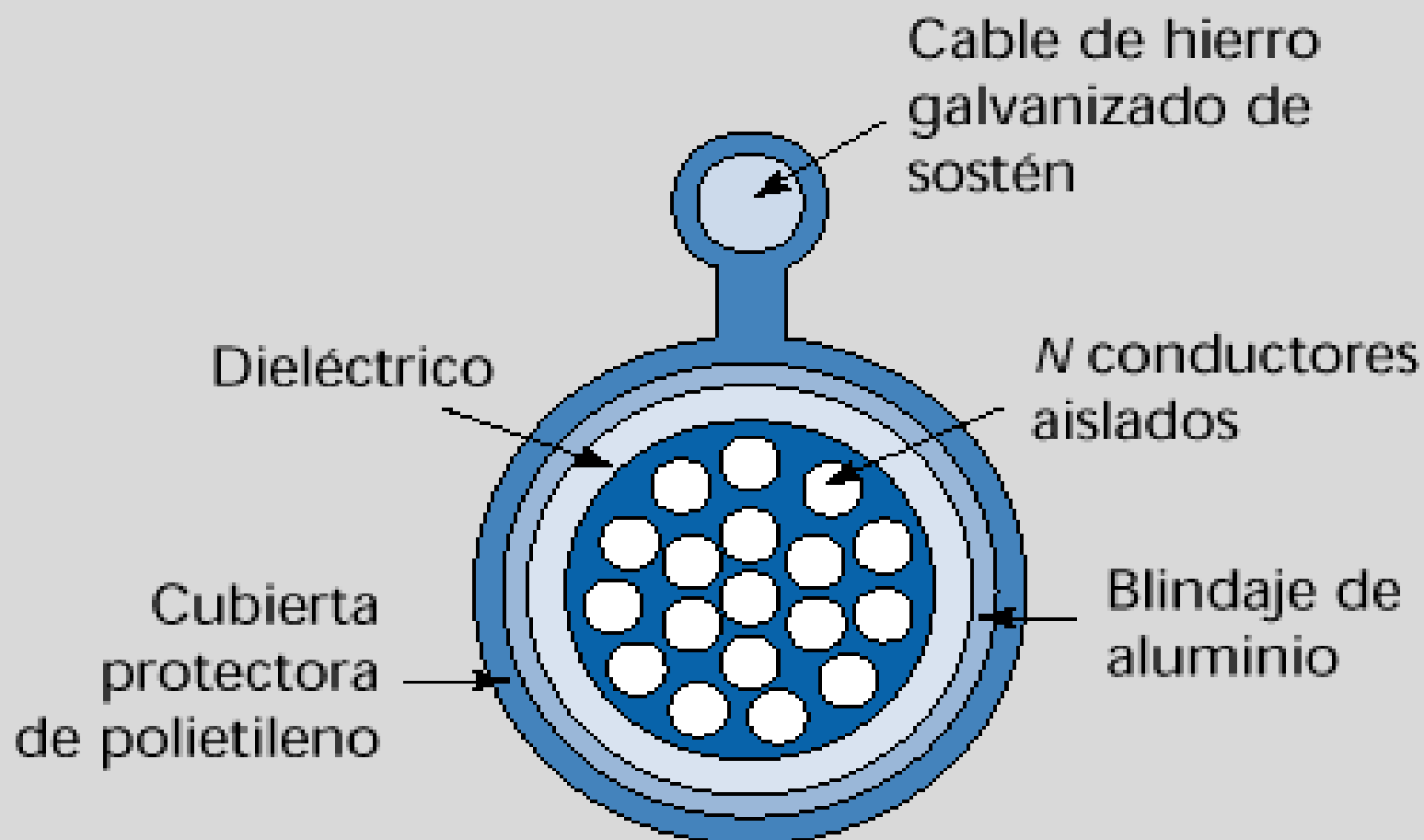
1. Referencias

B: Blanco
N: Negro
R: Rojo
Am: Amarillo

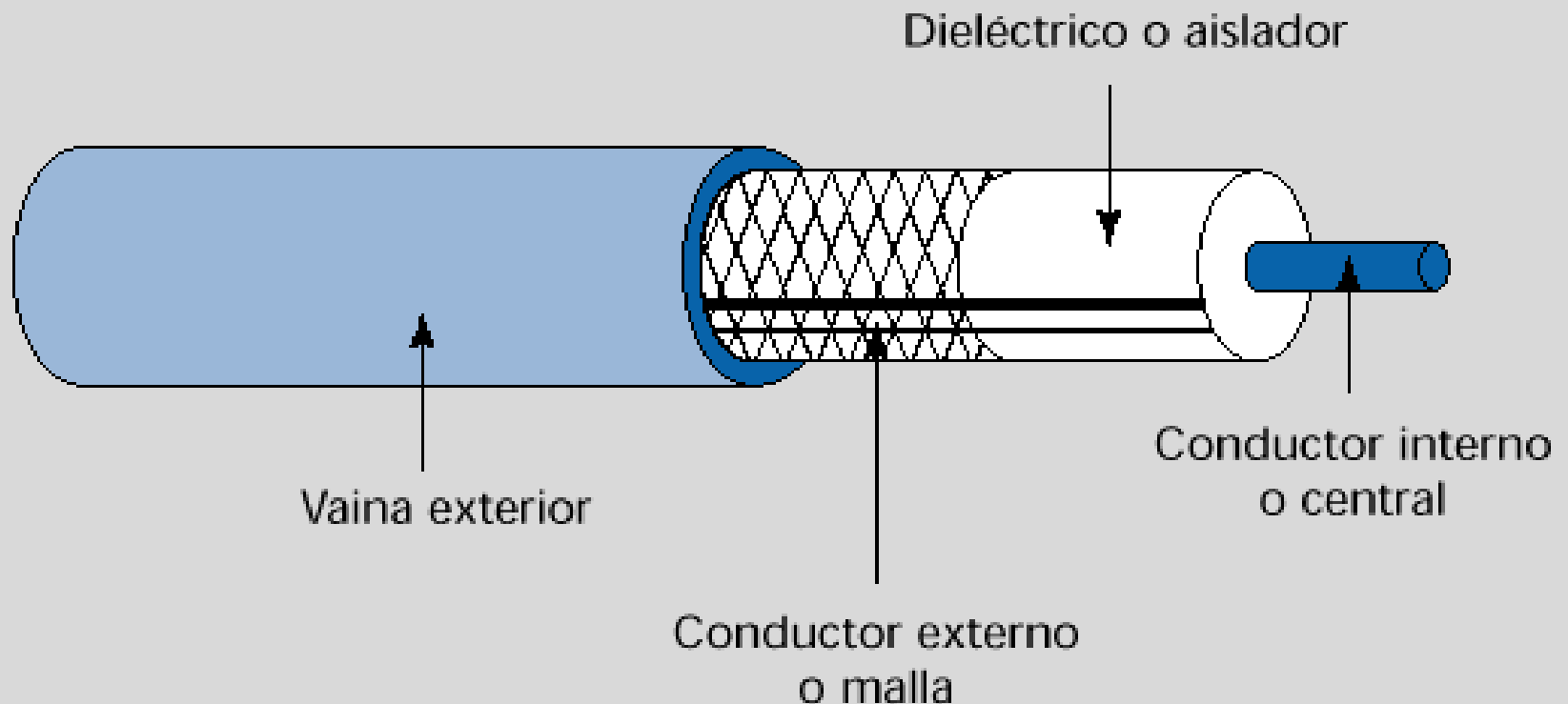
2. Observaciones

- Nota 1: SC1 a SC22 son superunidades de 100 pares cada una.
- Nota 2: R1 a R20 son pares de reserva.
- Nota 3: Entre paréntesis se indican los colores de las ataduras de las superunidades que forman el cable.

Estructura de un cable multipar aéreo

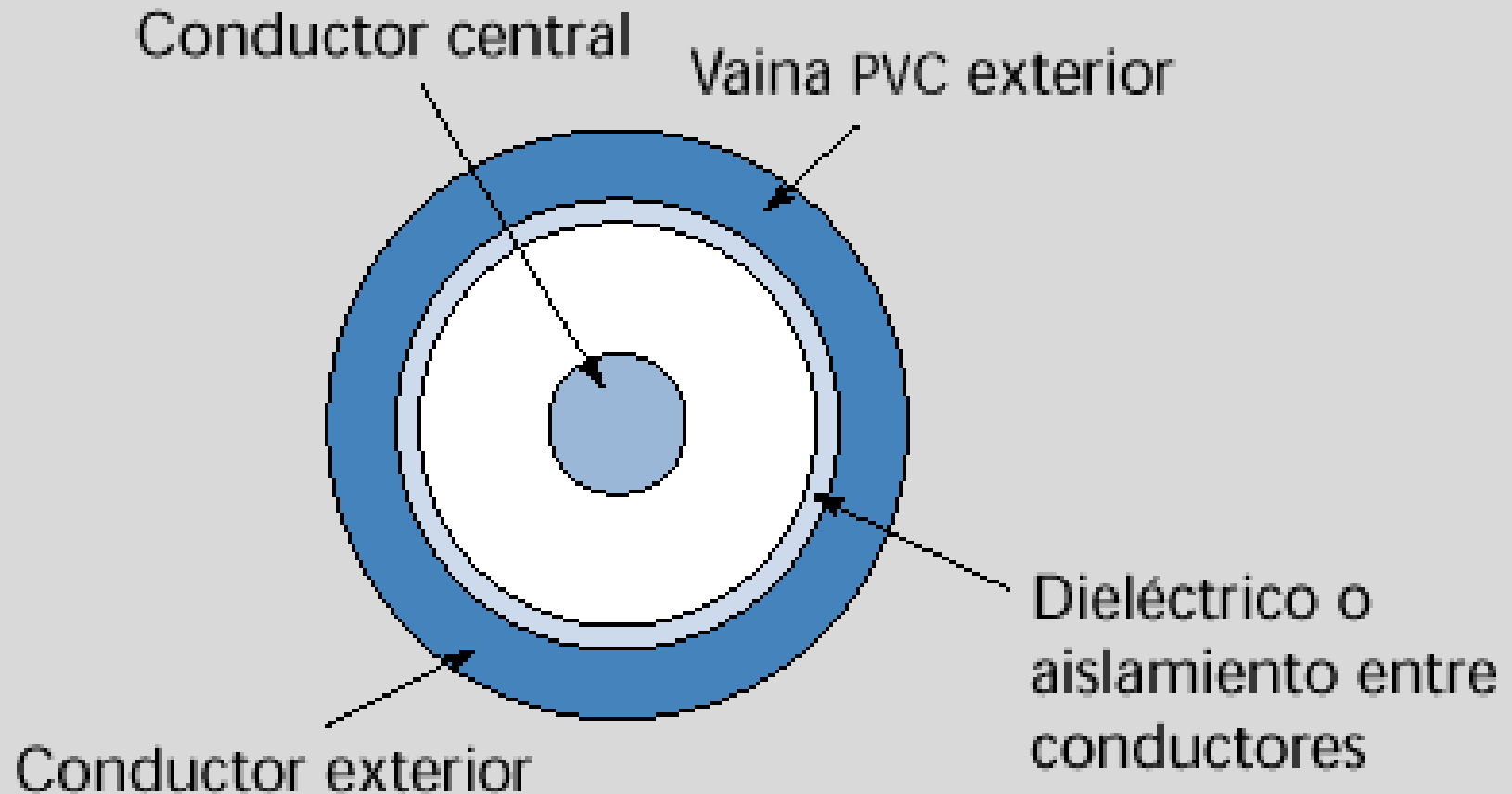


Estructura de la sección de un cable coaxial (cable coaxial de un conductor)



Cable coaxial de un conductor

Corte transversal de un cable coaxial



La **capacidad** y la **inductancia** por unidad de longitud de estos cables se puede calcular por medio de las siguientes expresiones:

$$\text{Capacidad} = \frac{24,16 E}{\log (D/d)} \text{ [pF/m]} \quad (7.1)$$

$$\text{Inductancia} = 0,463 \log (D/d) + 0,522 \cdot 10^{-6} (R/f) \text{ [\mu H/m]} \quad (7.2)$$

donde:

E = constante dieléctrica del material aislante.

D = diámetro del conductor externo.

d = diámetro del conductor interno.

Impedancia característica

La **impedancia característica** de estos cables es un parámetro muy importante. Se puede calcular como la relación entre la **tensión** aplicada y la **corriente** absorbida por un cable de longitud infinita.

Este valor característico de los cables coaxiales está determinado por la relación entre los diámetros de los **conductores interno y externo** y por la **constante dieléctrica del material aislante** que se encuentra entre dichos conductores. La expresión de la impedancia característica es la siguiente:

$$Z_o = \frac{138}{E} \log (D/d)(\text{Ohms}) \quad (7.3)$$

donde:

E = constante dieléctrica del material aislante.

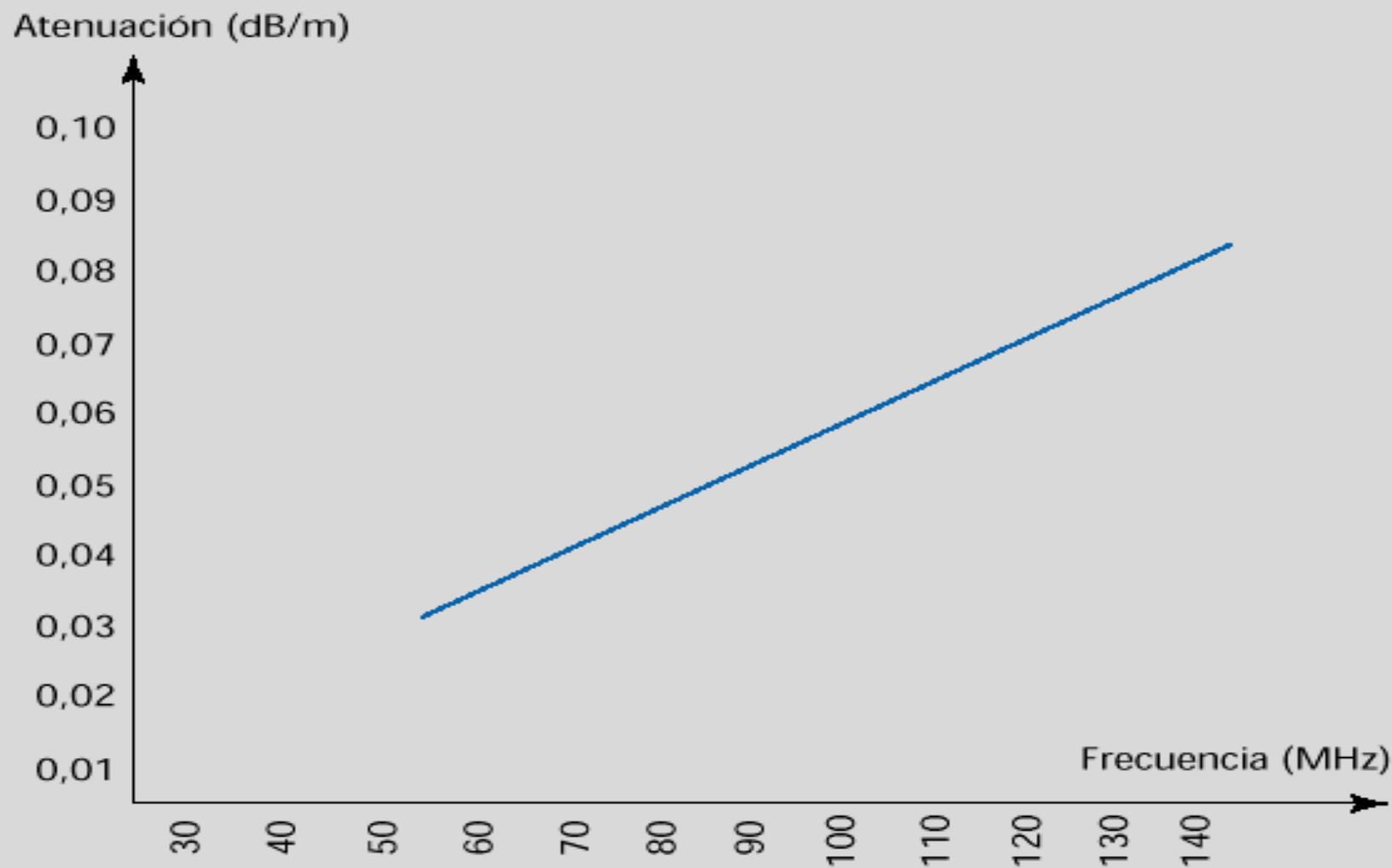
D = diámetro del conductor externo (medido en pulgadas).

d = diámetro del conductor interno (medido en pulgadas).

Características de cables coaxiales de 50 ohms

Coaxial tipo	Eléctricas				Operativas					
	Impedancia $Z_o = [\Omega] \pm 2$	Capacidad C [pF/m]	Velocidad de propagación $v_o = [\%]$	Tensión máxima $U_{m\acute{a}x} = [kV]$	Atenuación a 20 °C $\alpha = [dB/100\text{ m}]$					
					10	50	100	200	400	1000
RG174 A/U	50	101	66	1,5	12,8	23	29,2	39,4	61	98,4
RG122 /U	50	101	66	1,9	5,9	14,2	23	36,1	56	95,2
RG58 C/U	50	101	66	1,9	4,9	12	17	26	38	65
RFA223/U	50	101	66	1,9	4,3	10	14	20	29	45
RG 223/U	50	101	66	1,9	3,9	9,5	15,8	23	33	54,2
RG 213/U	50	101	66	5	2	4,9	7	10,5	15,5	26
RG 9 B/U	50	101	66	5	2,2	5,4	7,6	11,5	17,5	30
RG 21 4/U	50	101	66	5	2,2	5,4	7,6	10,9	17	28,9
RG 21 8/U	50	101	66	11	0,75	1,8	3	4,6	7	12
RG 177/U	50	101	66	11	0,78	1,8	3,1	4,6	7,9	14,5

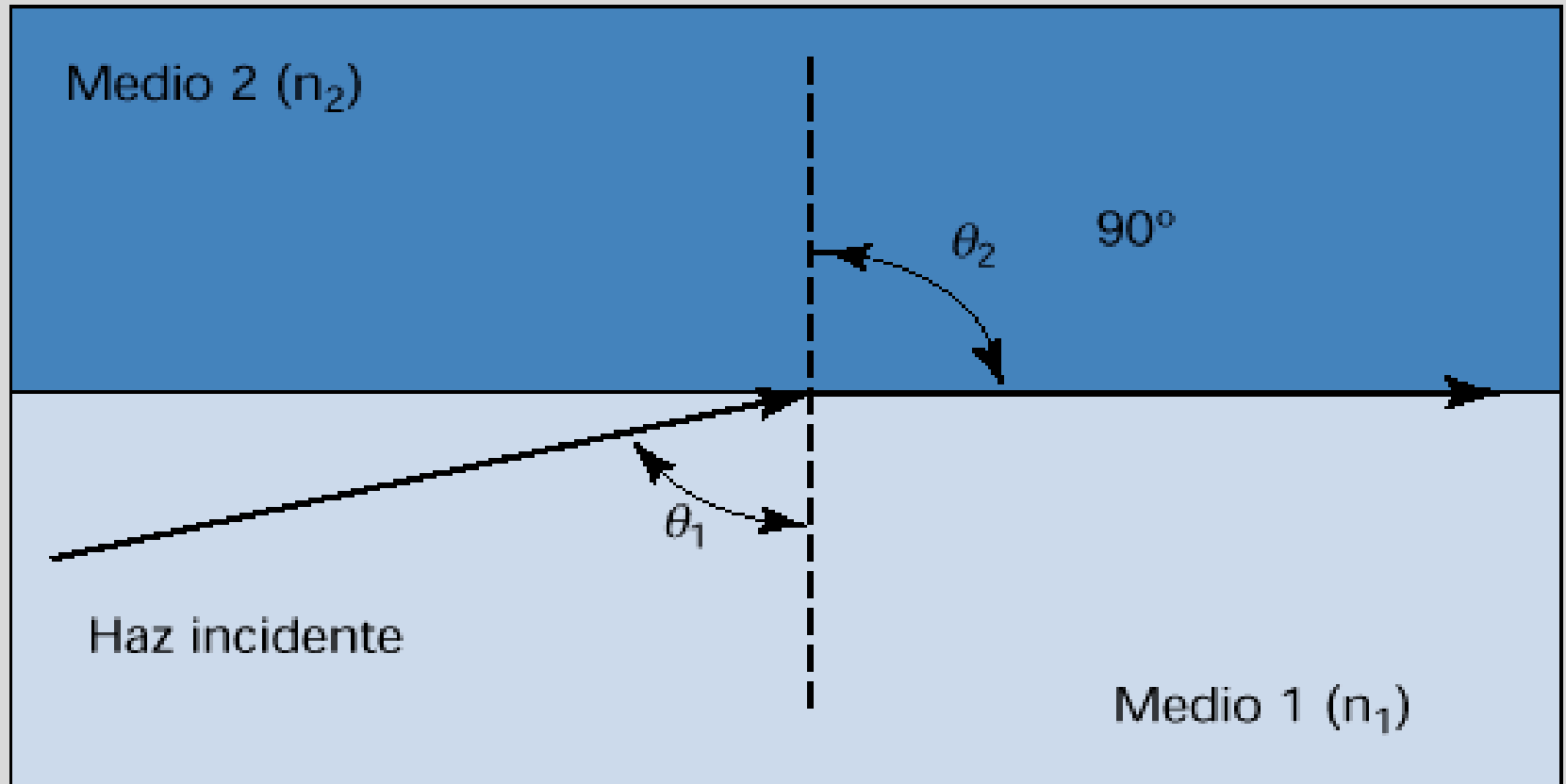
Atenuación en función de la frecuencia para tipo RG 218/U



Velocidad de propagación en cables coaxiales

Cable coaxial con material dieléctrico	Tiempo de retardo (n seg/Ft)	Velocidad (%)
Polietileno sólido	1,54	65,9
Polietileno espumoso	1,27	80,0
Polietileno y aire	1,15–1,21	84 a 88
Teflón sólido	1,46	69,4
Elastipar	1,50	66
Teflón expandido	1,27	85

Refracción con ángulo máximo



θ_1 : ángulo de incidencia
 θ_2 : ángulo de refracción

$$\phi_2 = 90^\circ$$

$$\text{sen } \phi_2 = 1 \text{ (máximo)}$$

$$n_1 \text{ sen } \phi_1 = n_2$$

De donde,

$$\text{sen } \phi_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

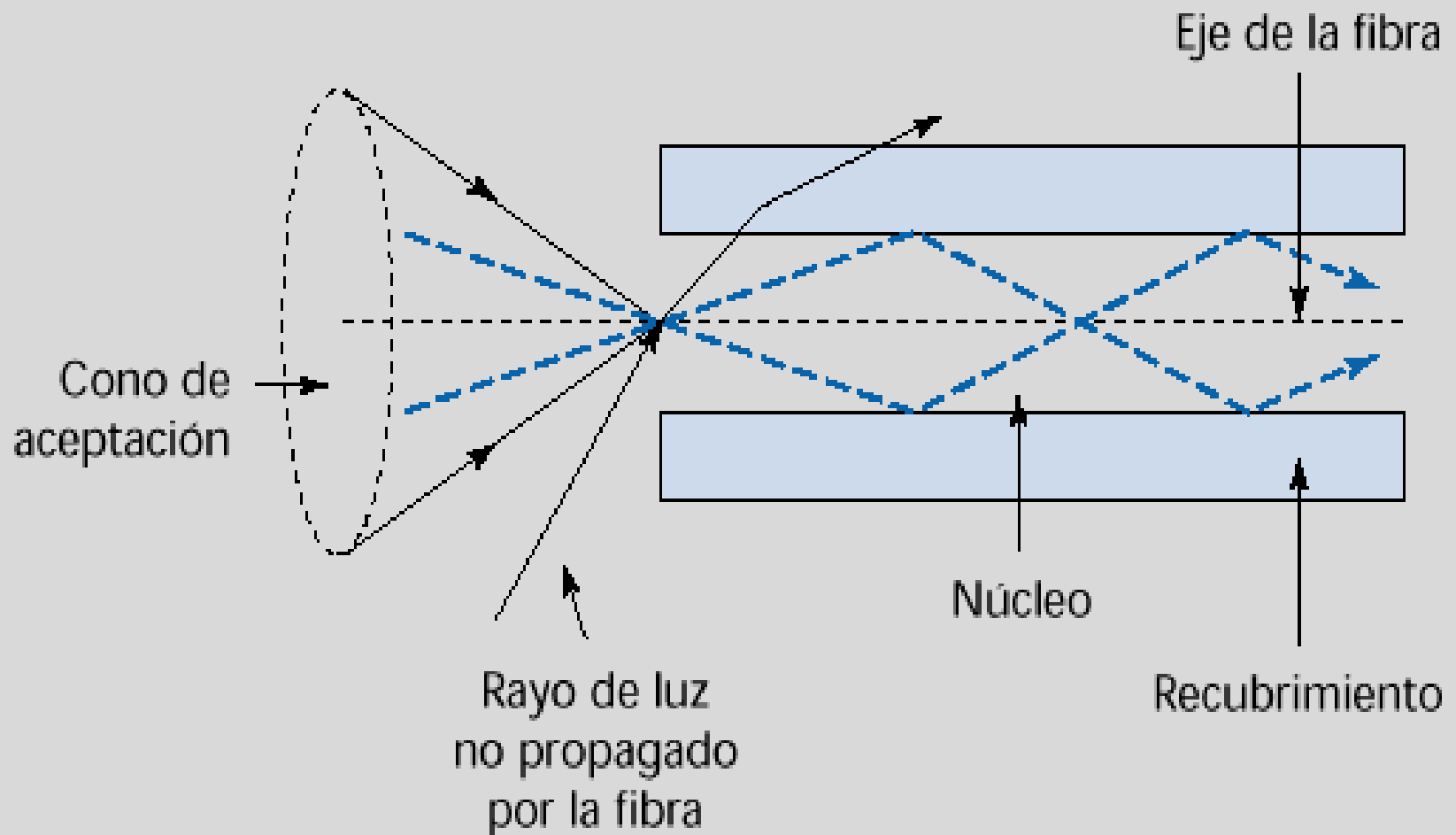
Como resulta,

$$1 > \text{sen } \phi_1 > 0$$

debe ser necesariamente,

$$n_1 > n_2$$

Cono de aceptación



El cono de aceptación define un **ángulo de apertura**, Φ , que resulta ser función de los índices de refracción del núcleo y del revestimiento. Dicho ángulo es el formado por la dirección del núcleo de la fibra y una cualquiera de las generatrices del cono de aceptación. Su valor es

$$\Phi = \arcsen \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (7.12)$$

A su vez, el seno del ángulo de apertura se denomina **número de apertura**, NA, es decir,

$$NA = \sen \Phi \quad (7.13)$$

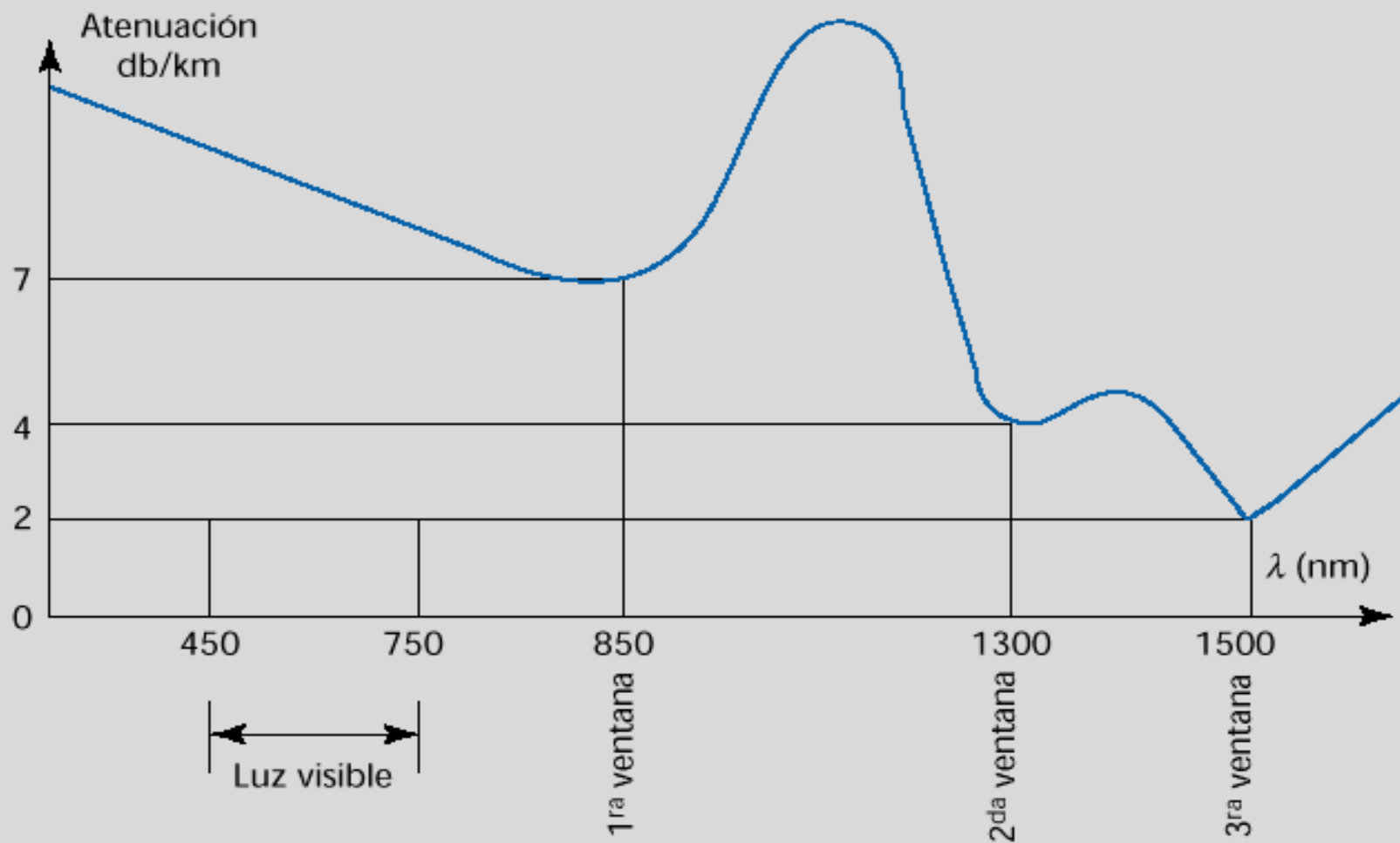
De donde resulta,

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (7.14)$$

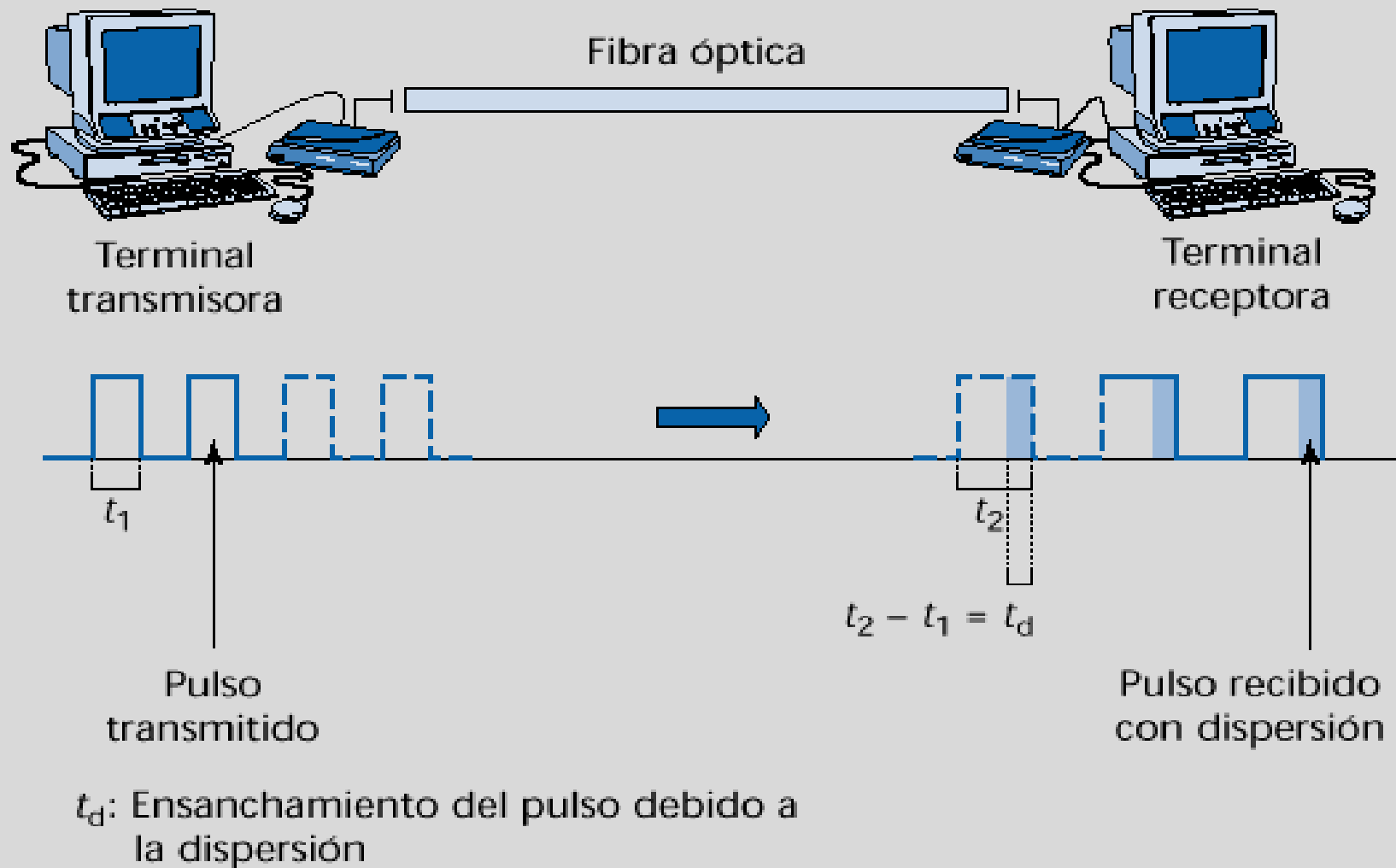
Se puede observar que el **cono de aceptación** es función de los **índices de refracción** de los materiales con que está construida la fibra.

Atenuación en función de la longitud de onda

Atenuación [dB/km] y longitud de onda [nm]



Dispersión del pulso de luz



Para calcular el ancho de banda se utiliza la siguiente expresión práctica:

$$\Delta f_1 = \frac{0,44}{\delta t} \quad (7.17)$$

donde:

Δf_1 = Ancho de banda, en GHz por kilómetros.

δt = Dispersión en nanosegundos del pulso a un kilómetro de distancia del punto de emisión.

A su vez, la dispersión se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\delta t = \sqrt{t_2^2 - t_1^2} \quad (7.18)$$

donde:

t_2 = Ancho del pulso de llegada al receptor en nanosegundos situado a 1 km del transmisor.

t_1 = Ancho del pulso de salida del transmisor en nanosegundos.

Calcular el ancho de banda en **GHz/km**, sabiendo que cuando en el transmisor se genera un pulso de 1,1 nanosegundos, en el receptor se obtiene uno de 1,5 nanosegundos.

Calculemos δt :

$$\delta t = \sqrt{(1,5)^2 - (1,1)^2}$$

$$\delta t = \sqrt{1,04}$$

$$\delta t = 1,0198 \text{ nanosegundos}$$

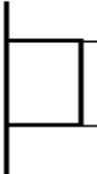
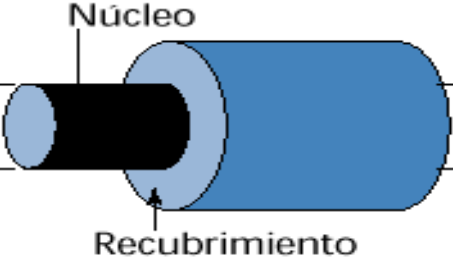



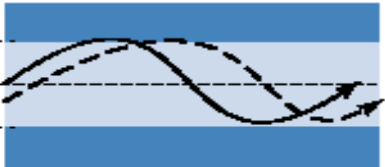

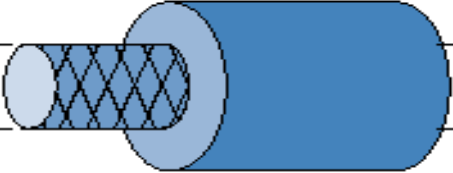

Luego, el ancho de banda resultará

$$\Delta f_1 = \frac{0,44}{1,0198}$$

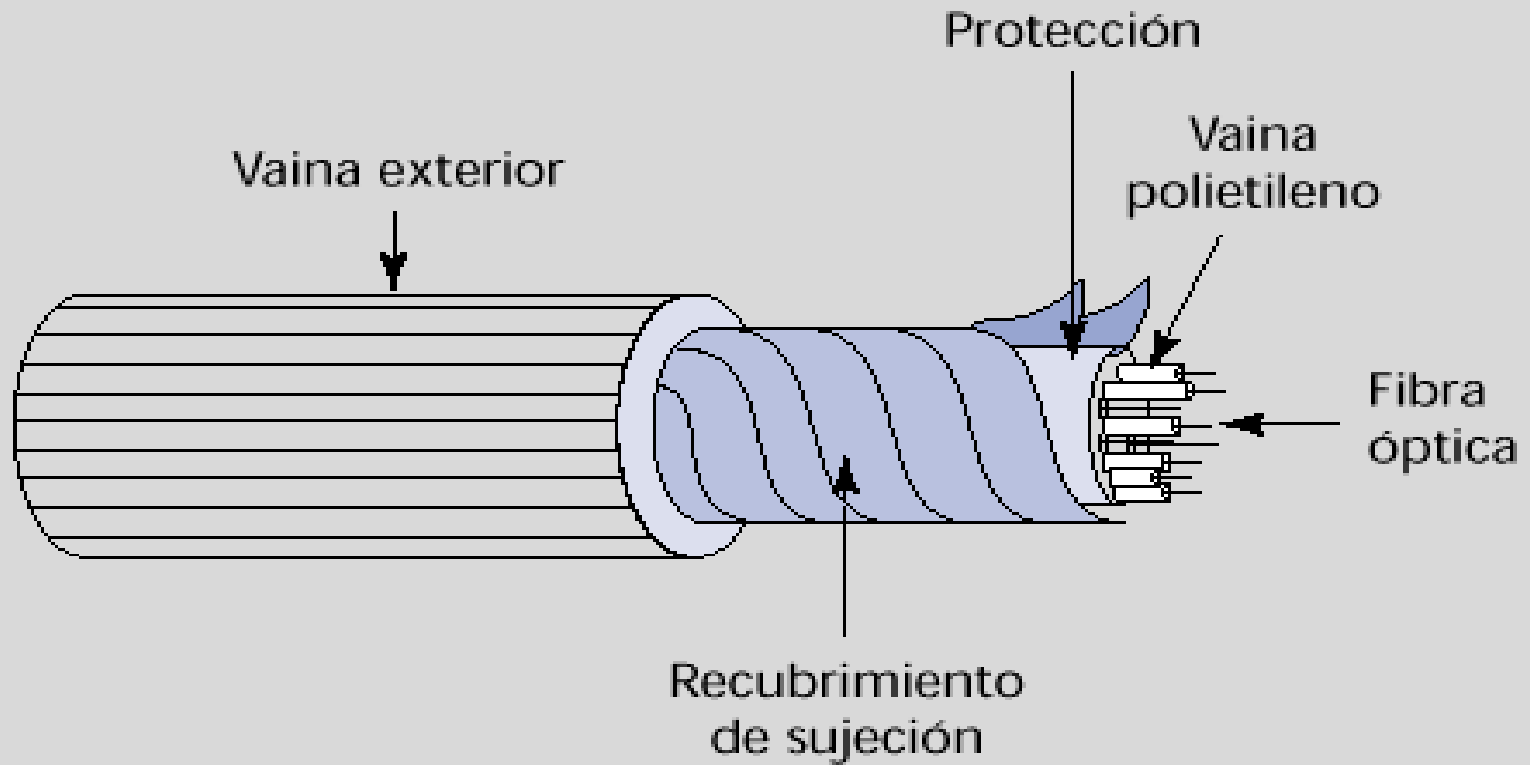
$$\Delta f_1 = 0,43145 \text{ GHz} \cdot \text{km}$$

$$\Delta f_1 = 431,45 \text{ MHz} \cdot \text{km}$$

Características de las fibras ópticas

	Variación del índice de refracción	Estructura de la fibra	Modos de propagación
MULTIMODO Índice escalón			
MULTIMODO Índice gradual			
MONOMODO			

Cable óptico multifibra



Pérdidas por dispersión modal

Esta pérdida es normalmente la de mayor importancia. Se presenta en las fibras multimodo a causa de la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz (modos), dado que cada uno de ellos toma diferentes caminos y por lo tanto llegan en diferentes instantes.

Esto origina que en el extremo receptor el pulso se ensanche respecto del ancho con el que fue generado en el extremo transmisor. En consecuencia, la pérdida de amplitud del pulso transmitido origina un ensanchamiento en el pulso recibido, obviamente de menor amplitud.

Pérdidas por dispersión cromática

Se producen en los casos en que el emisor no genera **luz monocromática**, como es el caso del **LED**, cuyas características se analizarán oportunamente.

Tal como se indicó anteriormente, el **índice de refracción** depende de la **longitud de onda** y, por lo tanto, al emitirse desde una fuente cromática diferentes longitudes de onda, éstas viajarán a velocidades diferentes y producirán en el receptor un ensanchamiento del pulso, y, consecuentemente, una disminución de su amplitud. Cabe destacar que estas pérdidas son mucho menores que las producidas por la **dispersión modal**.

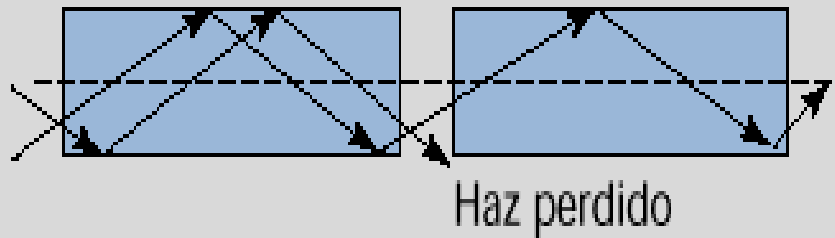
Pérdidas por absorción y radiación

Estas pérdidas son las producidas por la forma en que se construyen las fibras ópticas. En particular, las pérdidas por absorción se producen por las impurezas que es necesario incorporar al **silicio**² para obtener índices de refracción diferentes entre el núcleo y el recubrimiento. Estas impurezas absorben la luz y la transforman en calor.

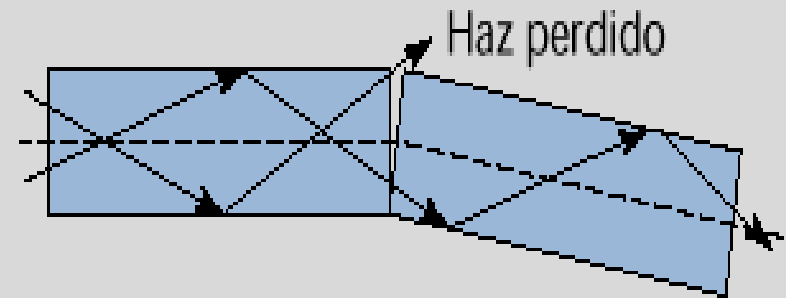
A su vez, al construir las fibras, se producen siempre imperfecciones tales como pequeños dobleces, discontinuidades, etc., que originan radiaciones indeseadas que disminuyen la potencia al final de toda la transmisión.

Distintas pérdidas por acoplamientos

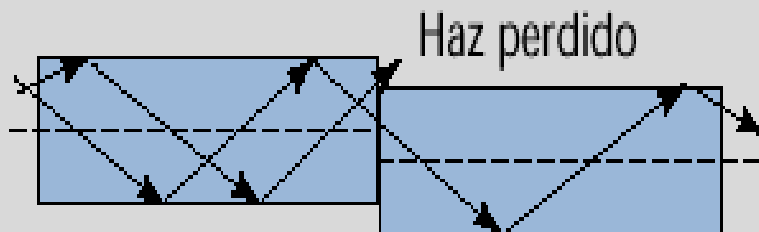
Pérdida por excesiva
separación de las fibras



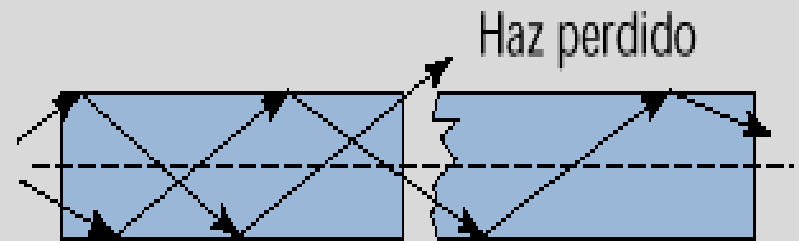
Pérdida por desplazamiento angular



Pérdida por desplazamiento axial



Pérdida por pulido incorrecto de
una fibra óptica



Pérdidas por dispersión de Rayleigh

En la construcción de las fibras ópticas se trabaja el silicio en un estado entre el **líquido** y **sólido**, comúnmente denominado **estado plástico**, intermedio entre los dos primeros. Al solidificarse el estado plástico, se producen inevitablemente **irregularidades submicroscópicas** que permanecen en el material. Al incidir un rayo de luz en estas irregularidades se produce un fenómeno indeseado de **difracción**, que se denomina **pérdidas de Rayleigh** en honor de este importante investigador, que fue el primero en estudiar estos fenómenos en forma genérica.

Sistema opto electrónico

Combinación de los diversos componentes necesarios para formar un sistema de comunicación que utiliza fibras ópticas como medio de transmisión.



Sistema optoelectrónico

Componentes Transmisores y Receptores

LED: acrónimo de Light Emitted Diode.

LASER: acrónimo de Light Amplification Stimulated Emission Radiation.

APD: acrónimo de Avalanche Photo Diode.

PIN: acrónimo de Photo Detector.

PIN/FET: acrónimo de Photo Detector/Field Effect Transistor.

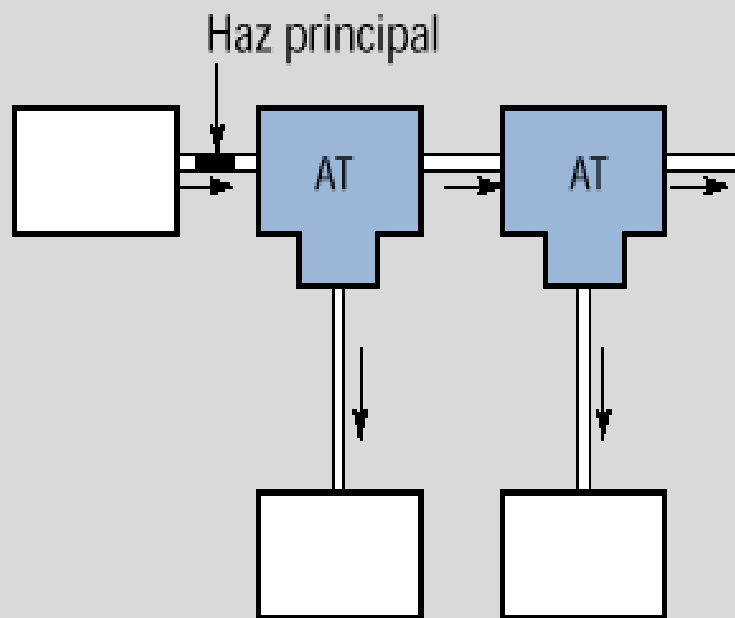
Elementos accesorios en una instalación optoelectrónica

Además del transmisor, del receptor y de la fibra óptica, las instalaciones optoelectrónicas necesitarán, en general, los siguientes elementos accesorios:

- Repetidores.
- Empalmes.
- Conectores.
- Acopladores.

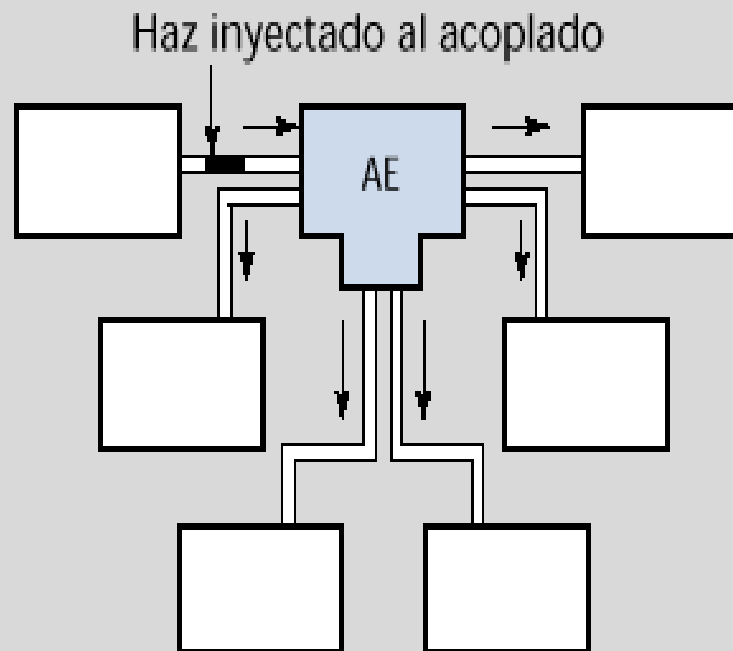
Acopladores T y estrella

ACOPLADOR T



AT: Acoplador T

ACOPLADOR ESTRELLA



AE: Acoplador estrella

Bandas de frecuencias empleadas en las comunicaciones

Banda de frecuencia	Designación	Longitud de onda	Uso de comunicaciones
300 kHz-3 MHz	MF	1 km-100 m	Radiodifusión AM
3 MHz-30 MHz	HF	100 m-10 m	Onda corta (radioaficionados)
30 MHz-300 MHz	VHF	10 m-1 m	TV, Radio FM Radiollamadas
300 MHz-3 GHz	UHF	1 m-10 cm	Microondas, TV
3 GHz-30 GHz	SHF	10 cm-1 cm	Microondas, Satélite