



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES

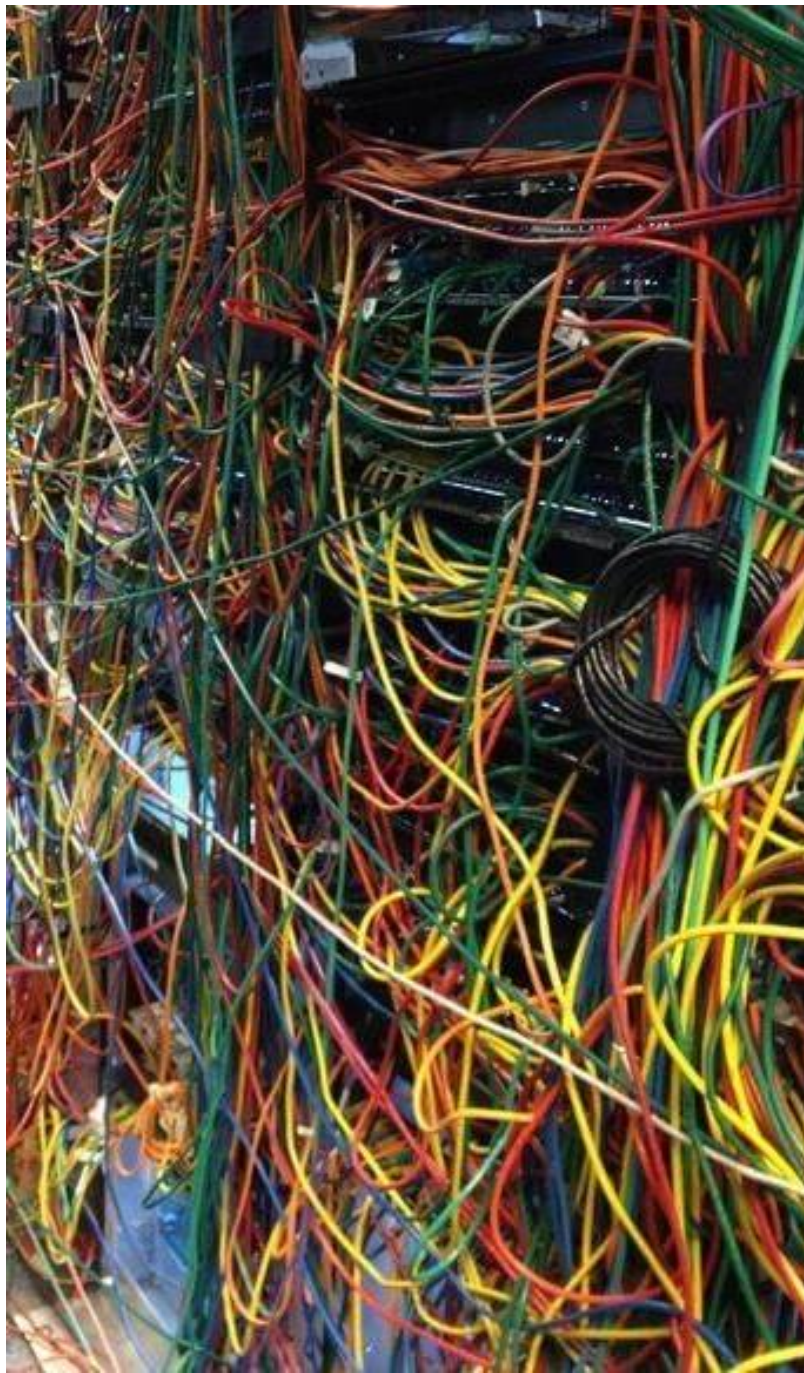
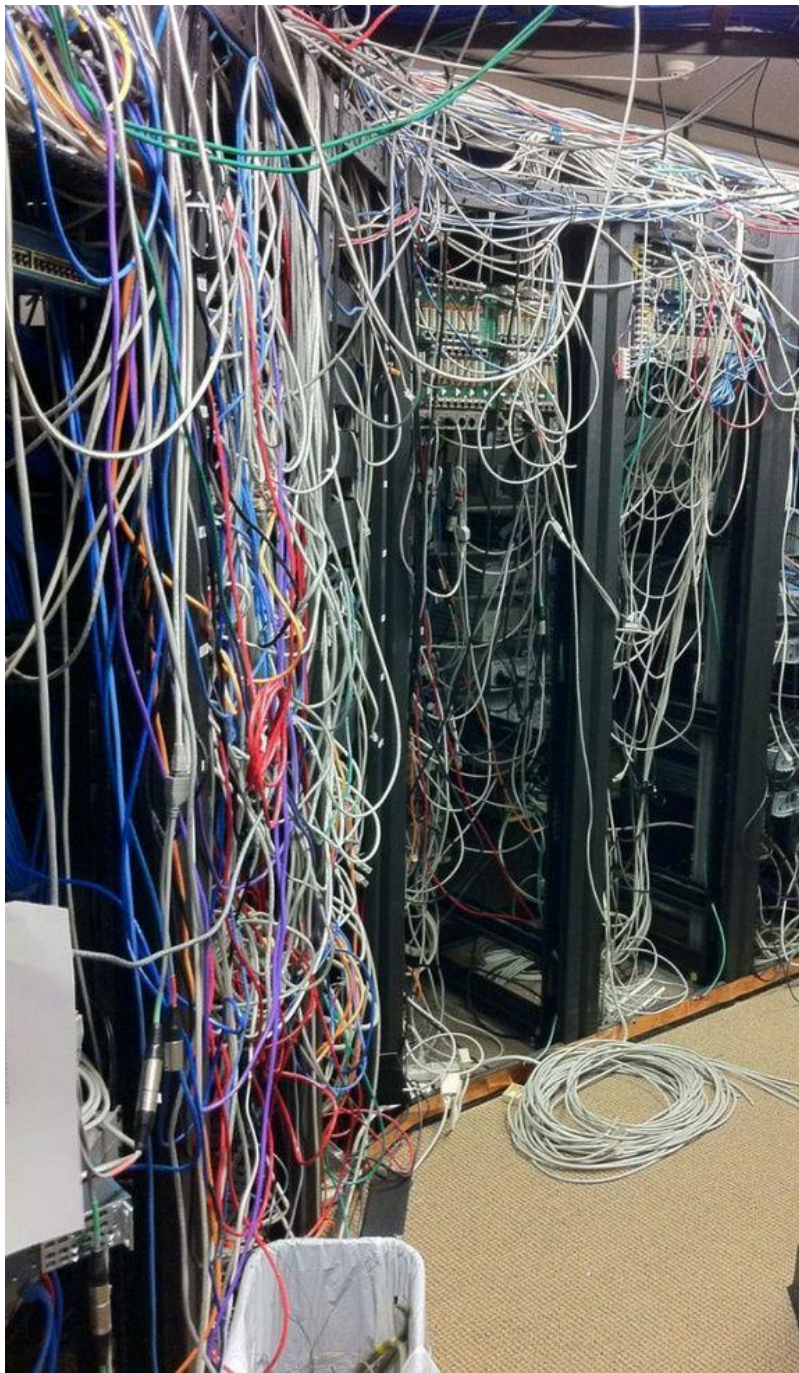


FACULTAD
DE INGENIERÍA
UNaM

PROPAGACIÓN EN MEDIOS GUIADOS

IC323 - Comunicación de Datos

Dr. Ing. Javier Kolodziej (*Profesor Responsable*)
Esp. Ing. Sabrina Pryszczuk (*Profesor JTP*)
Ing. Mathías Iurinic (*Profesor JTP*)



The image features three black Ethernet cables with clear RJ45 connectors, arranged diagonally from the top left towards the bottom right. The background is a dark blue field filled with numerous glowing yellow and white points of light, connected by thin, radiating lines, creating a bokeh effect that suggests a network or fiber optic environment.

**¿Qué es un
medio guiado?**



¿Qué es un medio guiado?

Un camino físico que conduce ondas electromagnéticas de un dispositivo a otro.

La señal queda **dirigida y contenida** por los límites físicos del medio.

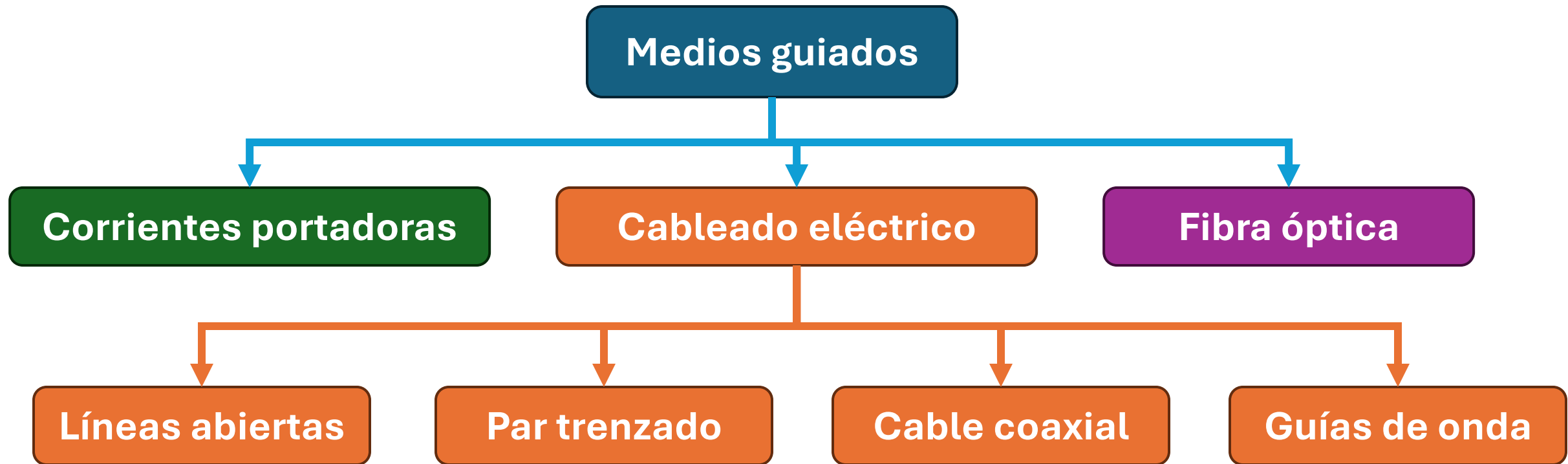
Se busca siempre:

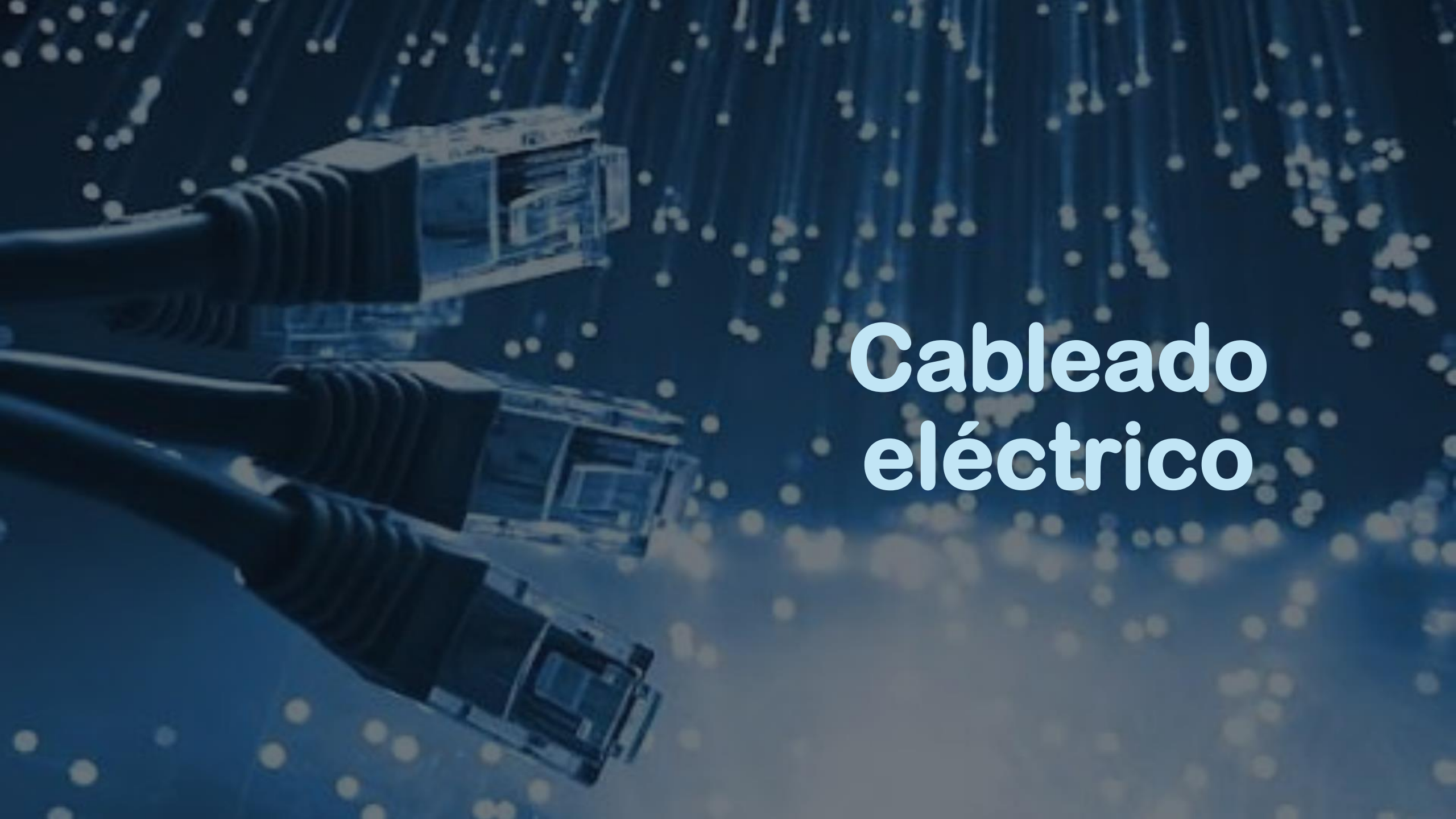
- Mínima atenuación
- Mínima radiación hacia afuera

3 grandes familias:

Corrientes portadoras · Cableado eléctrico · Fibra óptica

Clasificación general



The image features three black Ethernet cables with clear RJ45 connectors, arranged diagonally from the top left towards the bottom right. The background is a dark blue field filled with numerous glowing yellow and white points of light, connected by thin, radiating lines, creating a sense of a complex, high-speed network or data flow.

Cableado eléctrico

Líneas abiertas

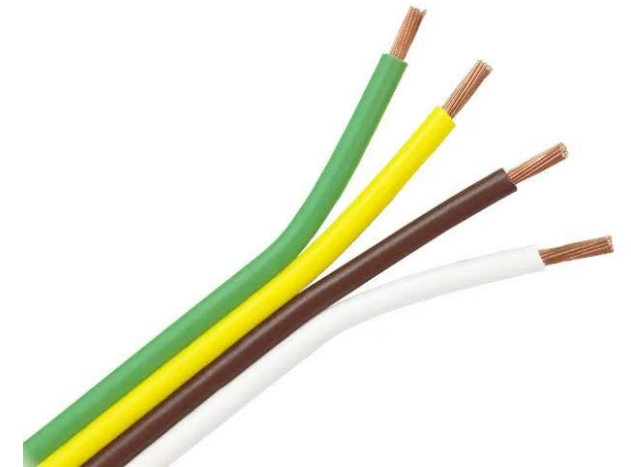
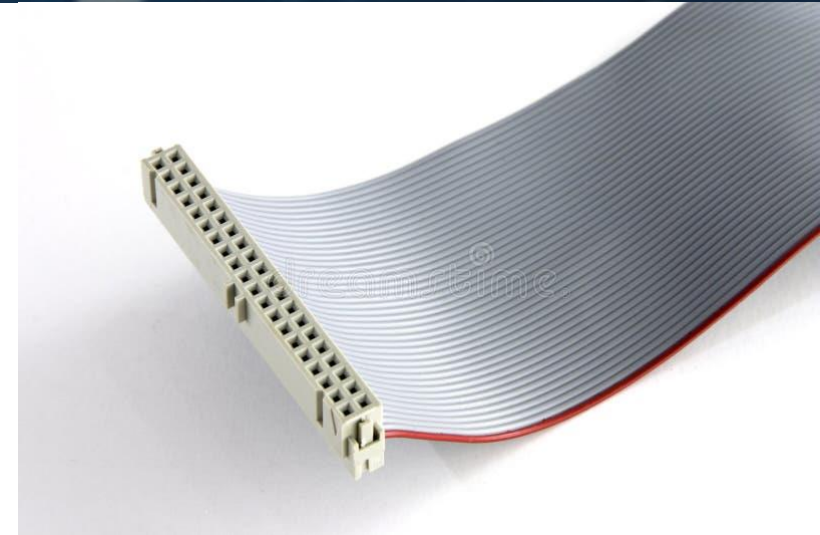
Cables monofilares dispuestos **derechos, uno junto a otro**, sin ninguna protección

Aplicaciones (hoy en desuso):

- Cable telefónico clásico
- Conexión módem-computadora
- Cable IDE de disco duro

Límite: $< 50 \text{ m} \cdot < 20 \text{ Kbps}$

Problema: máxima exposición a diafonía y EMI



Par trenzado ¿Por qué retorcemos dos cables?

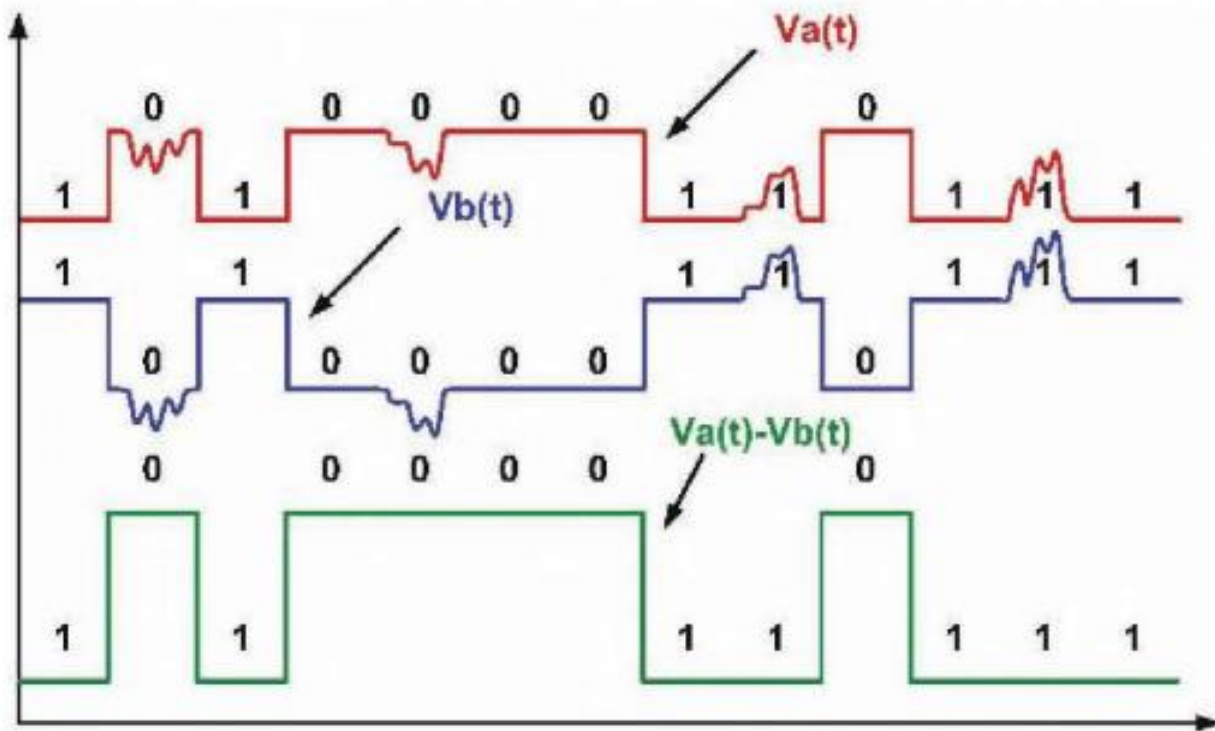


Dos cables eléctricos **trenzados** para reducir EMI y diafonía

¿Dónde aparece?

- Telefonía (bucle de abonado)
- Redes LAN: 4 pares trenzados
- Redes industriales: RS-485, PROFIBUS, CAN
- Domótica (KNX) · HDMI

Comunicación diferencial



$$V_{\text{información}}(t) = V_a(t) - V_b(t)$$

Con ruido en el ambiente:

$$V_a' = V_a(t) + N(t)$$

$$V_b' = V_b(t) + N(t)$$

$$V_a' - V_b' = V_a(t) - V_b(t)$$

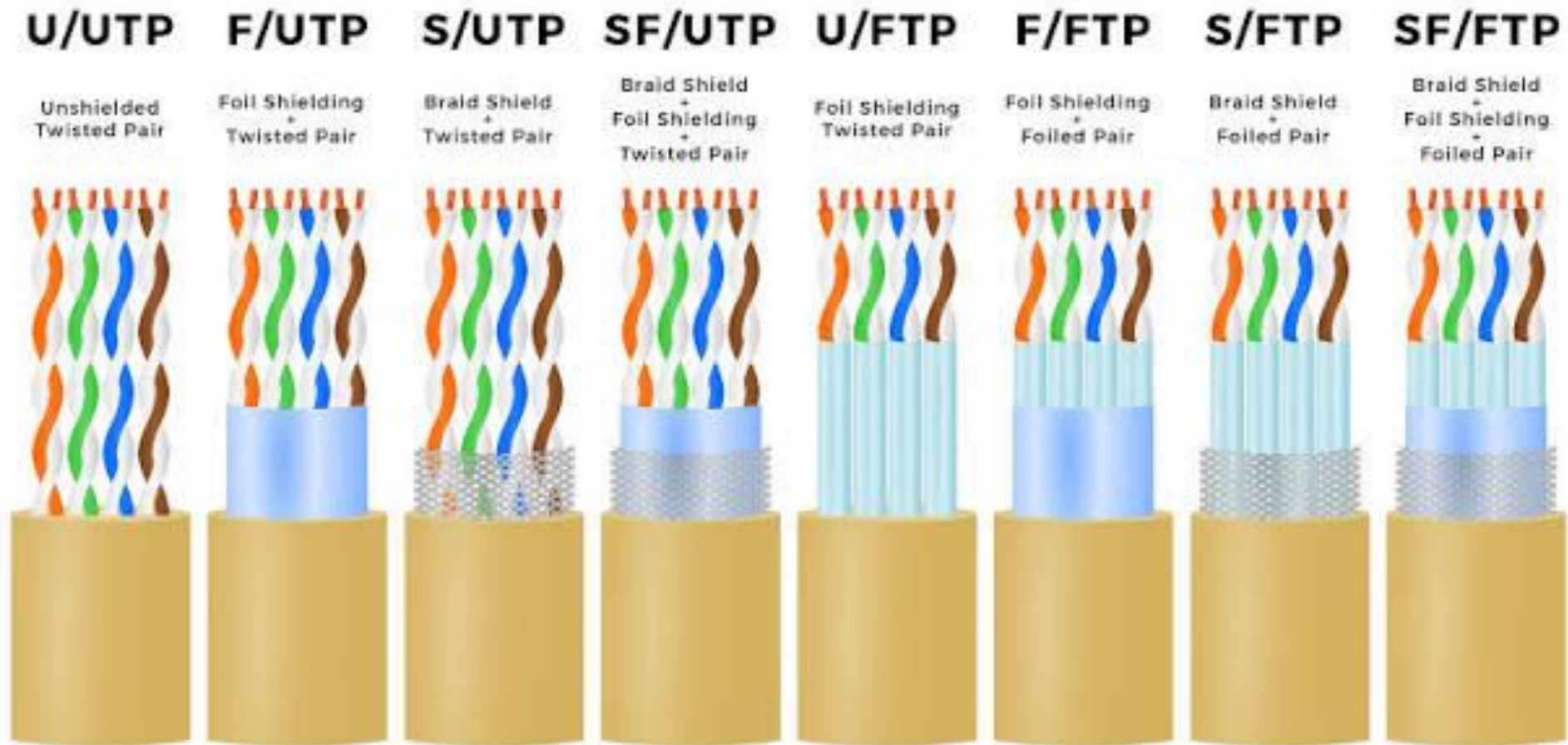
El ruido se cancela solo.

Categorías de par trenzado

Categoría	Estado hoy	Velocidad	Frecuencia
Cat 1-2	Obsoletas (voz, Token Ring)	≤ 4 Mbps	≤ 4 MHz
Cat 3-4	Obsoletas (10BASE-T)	10-20 Mbps	16-20 MHz
Cat 5	En desuso, sin apantallar	100 Mbps	100 MHz
Cat 6	Estándar hoy en LAN	hasta 1-10 Gbps*	250 MHz
Cat 6e	Buena calidad, +50 m	hasta 10 Gbps	500 MHz
Cat 7/7a	Datacenters, blindado	10-40 Gbps	2000 MHz

**La velocidad práctica depende de la distancia: a 100 m rinde 1 Gbps garantizado; a distancias más cortas puede llegar a 10 Gbps.*

Tipos de par trenzado



Cable coaxial: otra forma de resolver el mismo problema

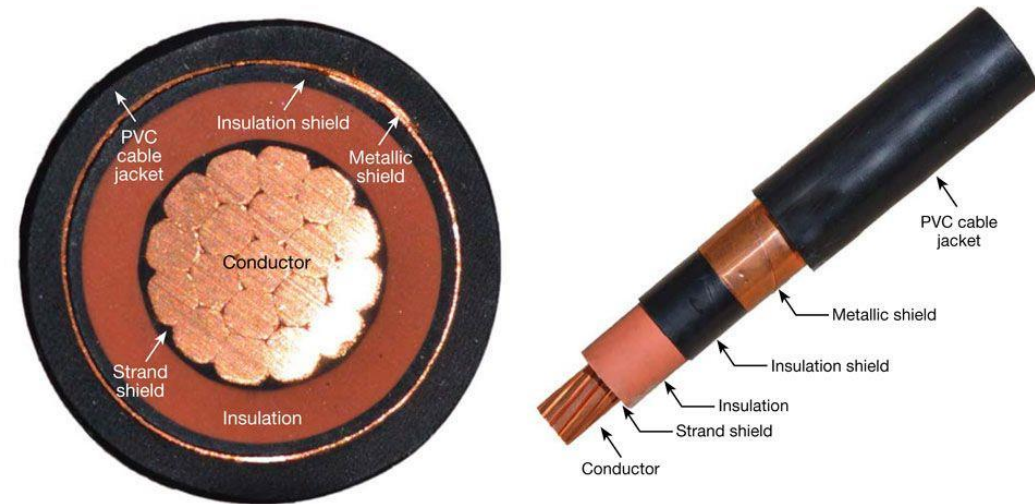
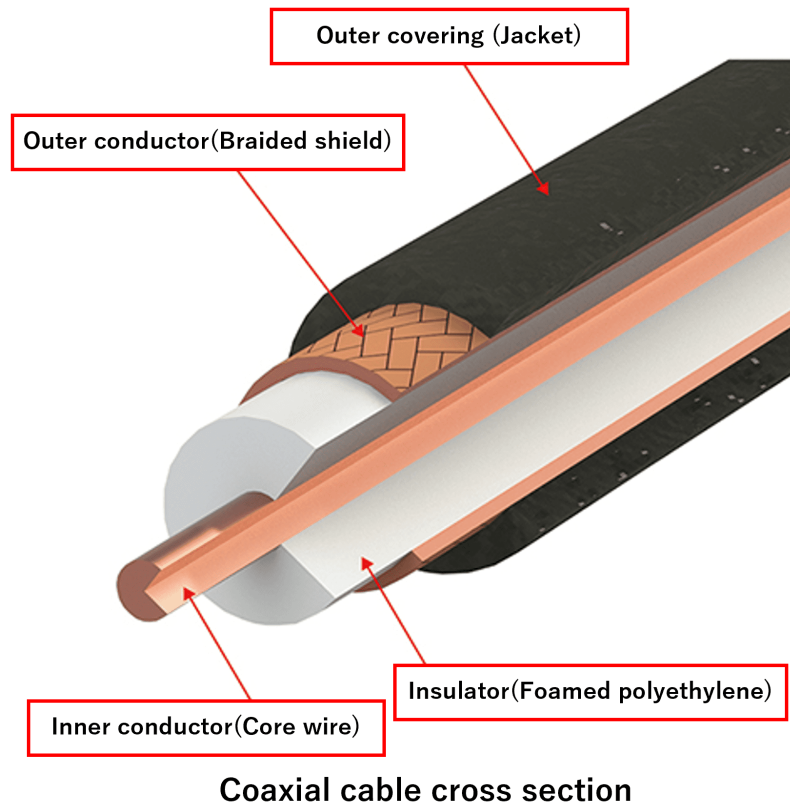


Figure 3 The six layers that make up a single-conductor Type MV cable are shown here in cross-section and side views.

Núcleo (conductor vivo) → dieléctrico → malla/blindaje
→ funda exterior

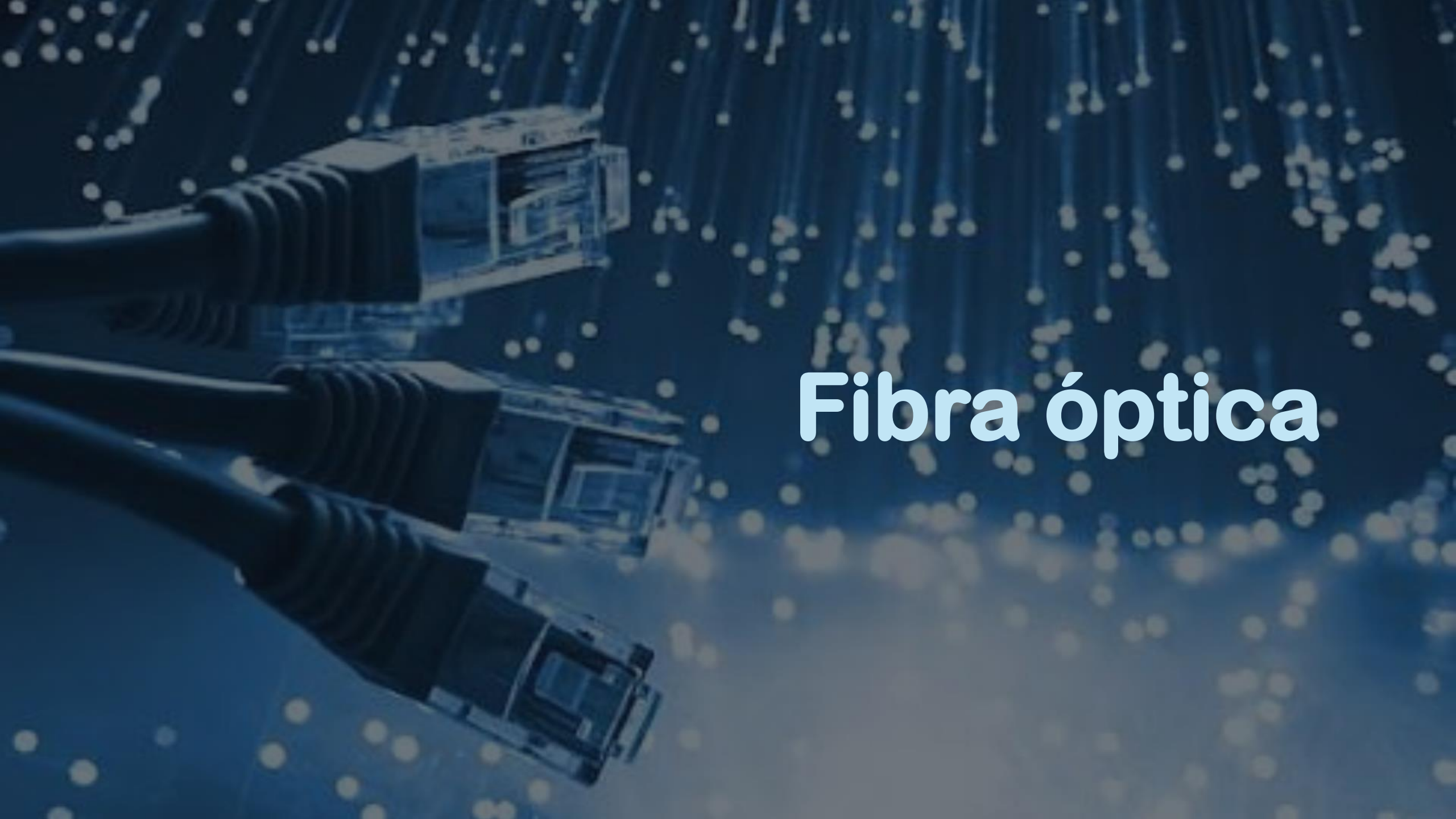
Todo **concéntrico**: de ahí el nombre "coaxial"

Medio **no balanceado**: el blindaje va a tierra

Usos típicos: TV/CATV · CCTV · cable-módem · antena-transmisor

Coaxial vs. par trenzado: ¿cuándo uso cada uno?

Tipo de cableado	Velocidad	Distancia máxima	Costo
Par trenzado (Cat 5)	10–100 Mbps	100 m	Bajo
Coaxial fino	10 Mbps	200 m	Bajo
Coaxial grueso	10 Mbps	500 m	Alto
<i>Fibra óptica</i>	<i>+2 Gbps</i>	<i>2 km</i>	<i>Alto</i>

The background of the image features a dark blue gradient. On the left side, three black fiber optic cables are shown, each with a clear plastic connector. The cables are arranged diagonally, with the top one being the most prominent. The background is filled with numerous vertical lines of light, each ending in a small, bright yellow or white dot, creating a sense of data flow or light transmission. The overall aesthetic is high-tech and digital.

Fibra óptica

Fibra óptica

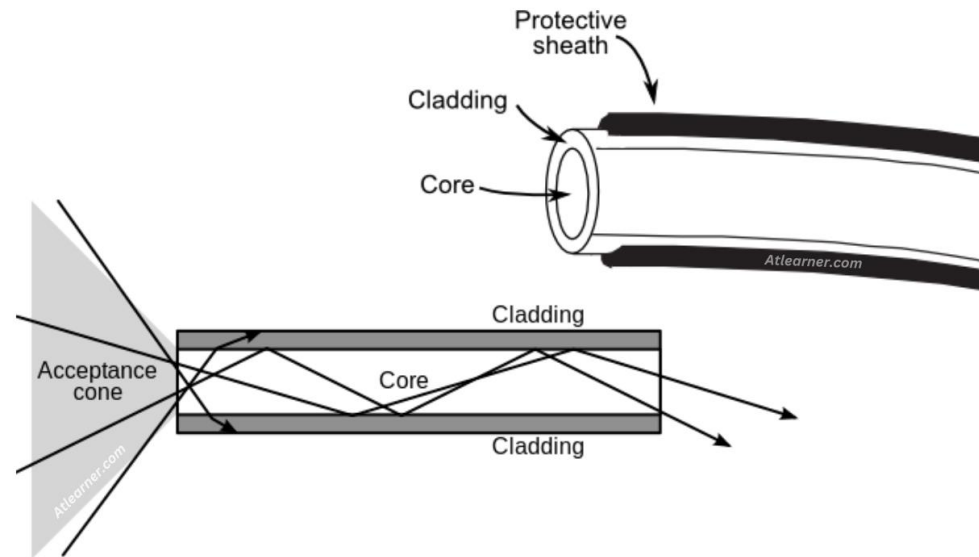
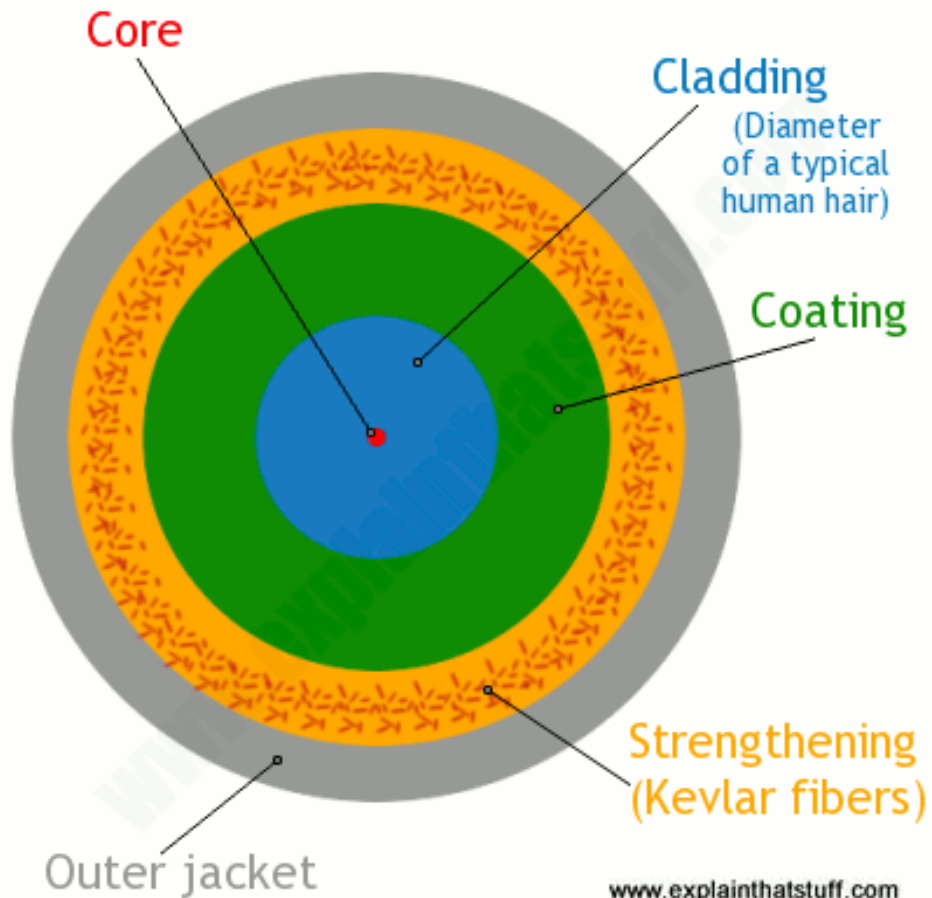


La señal deja de ser electricidad y pasa a ser un **haz de luz**

Se propaga por **sucesivas reflexiones** dentro del cable (reflexión total interna)

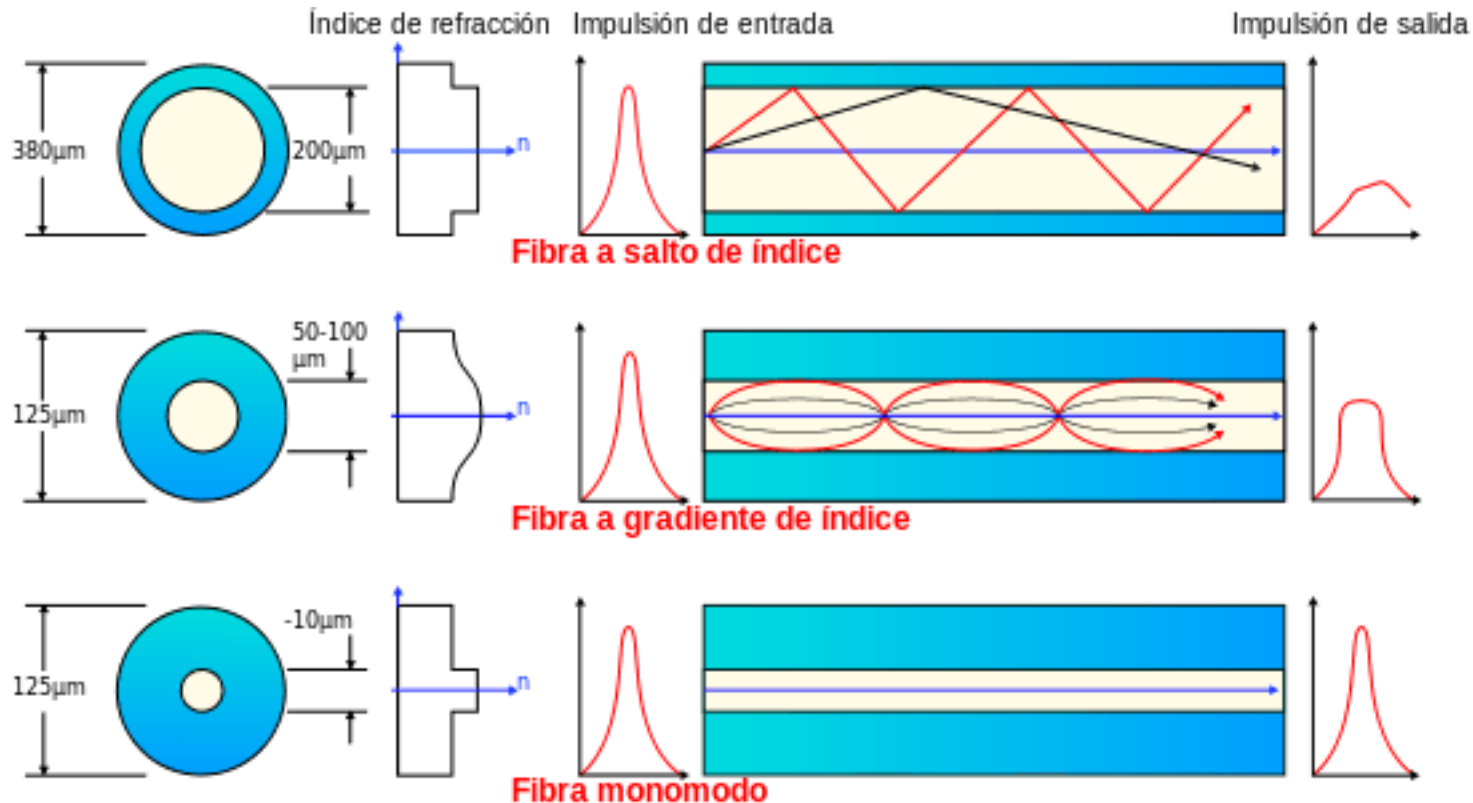
Consecuencia directa: sin corriente eléctrica → **inmune a EMI**

Estructura interna de la fibra



- **Núcleo:** conduce la señal luminosa
- **Revestimiento (cladding):** índice de refracción **menor** al núcleo → confina el haz
- **Cubierta:** protección mecánica

Monomodo vs. Multimodo



- La **fibra monomodo** es aquella donde la luz sigue **una sola trayectoria** de propagación dentro de la fibra o **modo**.
- La **fibra multimodo** es aquella que admite que la luz siga **múltiples trayectorias** de propagación.

Monomodo vs. Multimodo

	Multimodo	Monomodo
Núcleo	50 – 62,5 μm	9 μm
Cómo viaja la luz	Por varios caminos a la vez	Por un solo camino
Distancia	hasta ~2 km	decenas de km
Fuente	LED - barata	Láser - cara

Por qué el multimodo no llega lejos

Si la luz viaja por varios caminos, unos rayos llegan antes que otros.
Un pulso que salió angosto **llega ensanchado**. → *dispersión modal*

Es el mismo problema del flanco redondeado, con otra causa.

En planta se justifica cuando hay: distancia · ruido severo · necesidad de aislar eléctricamente

¿Cómo distingo un cable monomodo de un cable multimodo?

Los cables de fibra (como todos) siguen unos estándares. Estos también dictan unos colores para la cubierta (y los conectores) de la fibra óptica.

Fiber Type	Single Mode	Single Mode	Multimode	Multimode	Multimode	Multimode	Multimode
Fiber Grade	OS1	OS2	OM1	OM2	OM3	OM4	OM5
Fiber Core Size	8 – 10.5µm (9µm common)	8 – 10.5µm (9µm common)	62.5µm	50µm	50µm	50µm	50µm
Standard Jacket Color	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Aqua	Aqua	Lime Green



¿Qué fibra uso?

Monomodo	Multimodo
Fibra más barata	Fibra más cara
Distancias de más de 60 km	Distancia hasta 2 km
Electrónica más cara	Electrónica más barata
Usos: WAN, MAN, campus	Usos: LAN, SAN, <i>datacenters</i>
Instalación más cara	Instalación más barata
Las terminaciones son más complicadas al ser de diámetro más pequeño.	Las terminaciones son más sencillas al ser el diámetro más grande.

¿Por qué no usamos fibra para todo?

	Par trenzado	Coaxial	Fibra
Inmunidad a EMI	Media (blindaje)	Buena	Total
Costo instalación	Bajo	Medio	Alto
Empalme/reparación	Fácil	Fácil	Requiere equipo especial
Alimenta dispositivos (PoE)	Sí	No	No



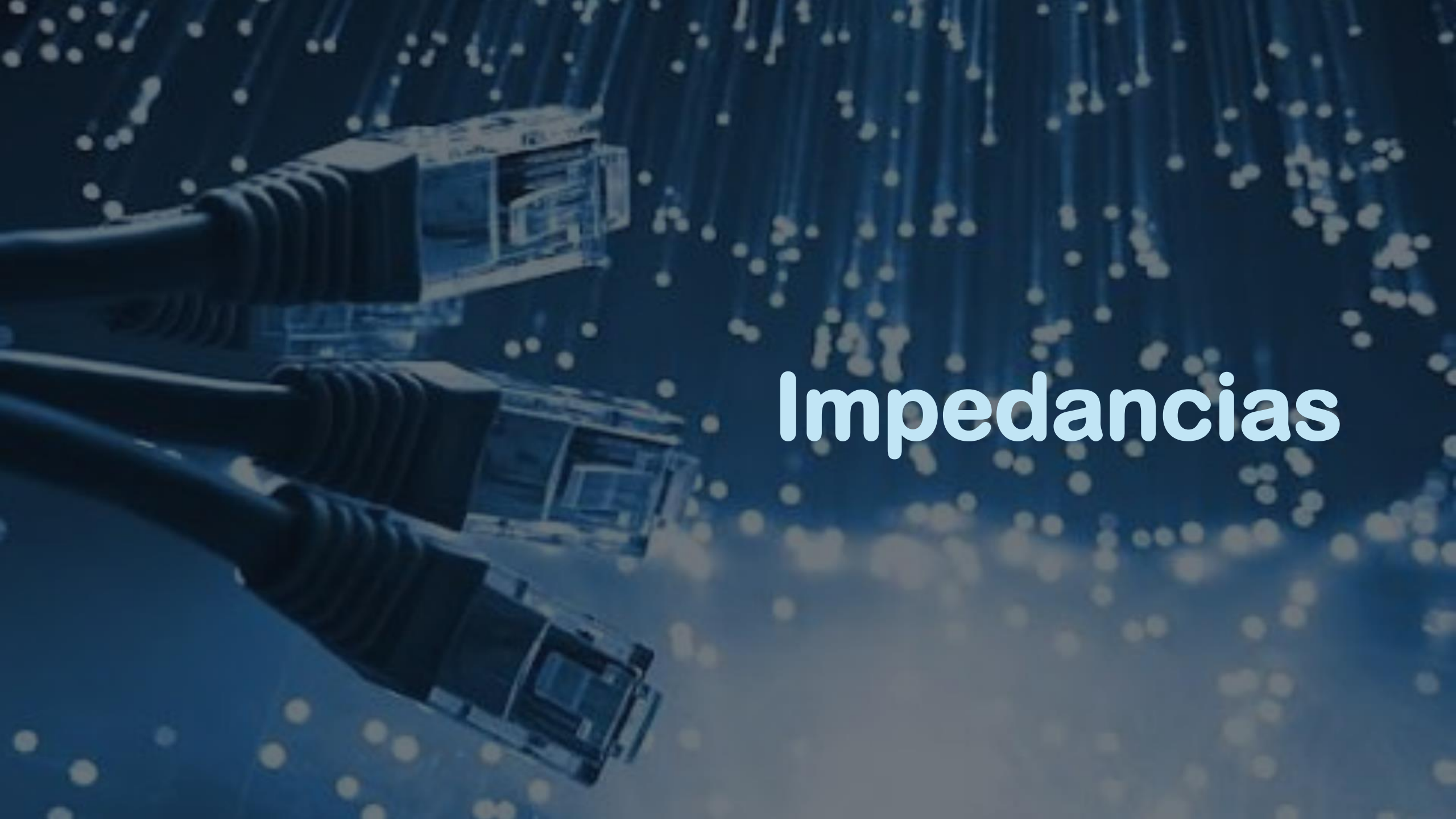
Actividad

¿Dónde entran HDMI y USB?

- ¿A qué familia pertenecen: par trenzado, coaxial u otra?
- Si son par trenzado: ¿UTP, STP, FTP...? Justifiquen.
- Pista: piensen en todo lo que vimos hoy sobre EMI, diafonía y blindaje.

La respuesta está en la impedancia

Estándar	Impedancia (Ω)	Familia
Ethernet Cat.5	100	Par trenzado
USB	90	Par trenzado (blindado)
HDMI	95	Par trenzado (blindado)
DisplayPort	100	Par trenzado
DVI	95	Par trenzado
VGA	75	<i>(coaxial, es analógico)</i>
Overhead power line	400	-



Impedancias

La tubería que revienta



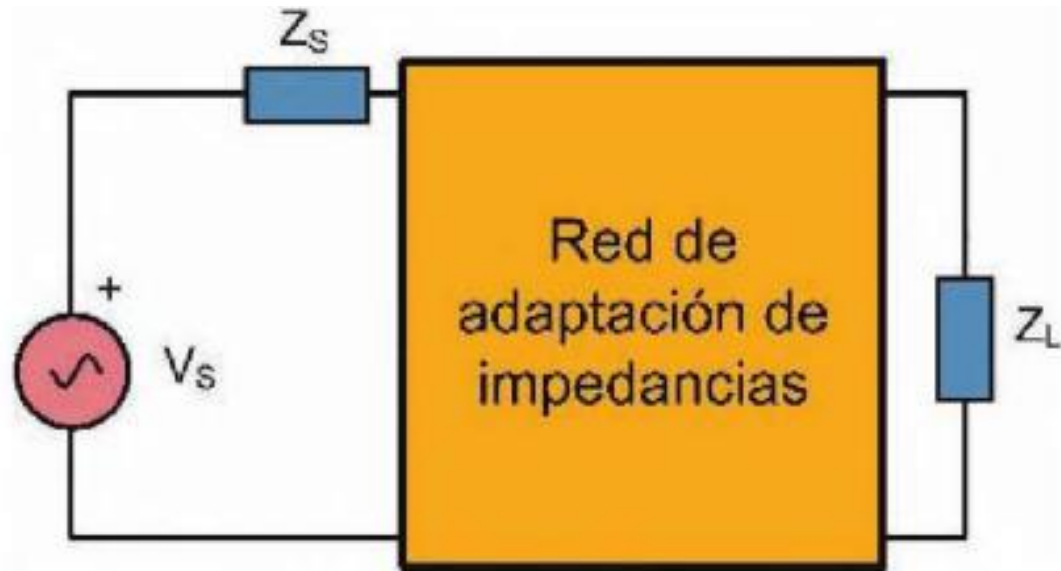
Cambio brusco de diámetro → parte del agua **rebota** hacia atrás

Si el bloqueo es total → **todo** rebota → sube la presión en el origen

Fenómeno real: "golpe de ariete" (puede reventar cañerías)

En un cable: cambio brusco de impedancia → parte de la potencia **se refleja** hacia la fuente

Adaptación de impedancias



Objetivo: máxima transferencia de **potencia** (o de tensión, según el caso)

Condición de máxima transferencia de potencia:

$$Z_L = Z_S^* \quad \begin{cases} |Z_L| = |Z_S| \\ \theta_L = -\theta_S \end{cases}$$

*(complejas conjugadas, en cables reales, casi siempre resistivo puro $\rightarrow$ simplemente $Z_L = Z_S$)

Impedancia característica del coaxial y ROE

Valores estandarizados: **50, 75 y 93 Ω** , según la aplicación

- **75 Ω** → mínima atenuación (video, CATV, TV)
- **50 Ω** → máxima potencia soportada (datos, antenas, transmisores)

No depende de la frecuencia ni de la longitud del cable

ROE (relación de ondas estacionarias) = mide qué tan desadaptada está la carga:

$$ROE = \frac{Z_L}{Z_0}$$

Mini-problema

Conectan por error un cable coaxial de **75 Ω** (el de la antena de TV) a un equipo de radio con salida de **50 Ω** .

- ¿Hay adaptación de impedancias?
- Calculen la ROE.
- ¿Es grave?

(regla práctica: ROE < 1,5 excelente · < 2 aceptable · > 3 zona de riesgo)

$$ROE = \frac{Z_L}{Z_0}$$