

FIBRAS ÓPTICAS Y TELECOMUNICACIONES

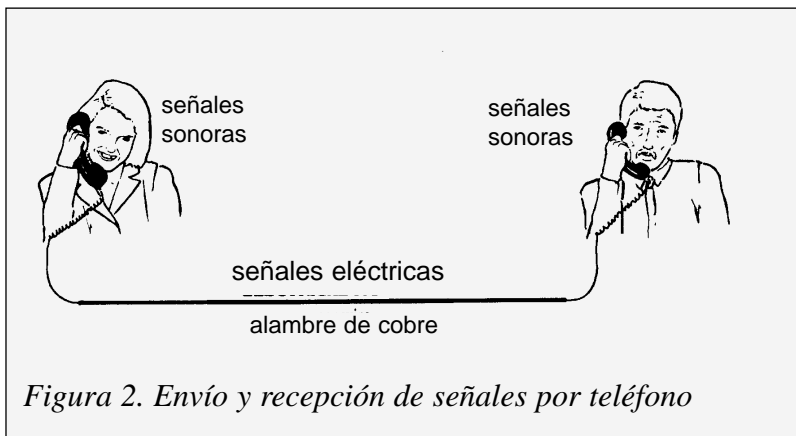
PARTE A. UN POCO DE HISTORIA

Los seres humanos siempre han necesitado comunicarse unos con otros. En un principio sólo podían hacerlo cara a cara, por medio del habla, pero más tarde trataron de buscar otras maneras de comunicación a distancia.

Inicialmente se emplearon mensajeros para llevar las comunicaciones; en el siglo pasado comenzaron a funcionar los primeros servicios postales. Con ellos cualquier persona se puede poner en contacto con personas tan alejadas como desee.

A mediados del siglo pasado se desarrolló el telégrafo eléctrico. Gracias a la corriente eléctrica se pudieron enviar mensajes con el código Morse a grandes distancias, a través de hilos conductores.

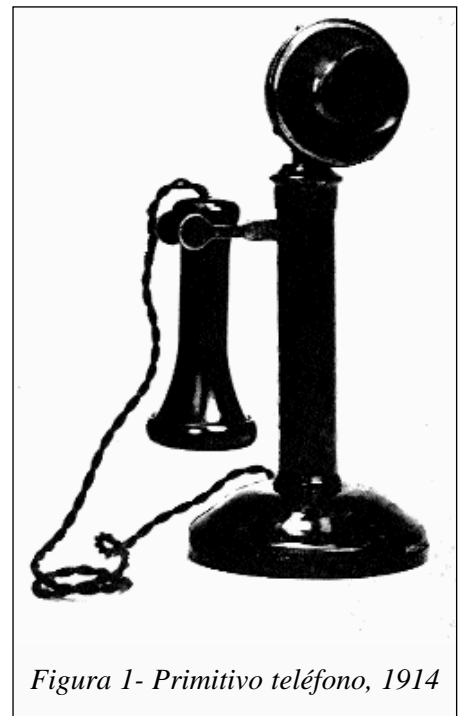
En 1876, Alexander Graham Bell dió a conocer el primer teléfono. Esta nueva invención no sólo significaba que unas personas podían hablar con otras a distancia, sino que, además, tal acontecimiento ocurría en tiempo real, de modo simultáneo. El teléfono fue un gran avance en la tecnología de las telecomunicaciones. Cuando se habla frente al micrófono de un teléfono



Qué vamos a estudiar

En esta Unidad, vamos a estudiar las siguientes cuestiones:

- Parte A.** Un poco de historia.
- Parte B.** Fibras ópticas y comunicaciones.
- Parte C.** ¿Cómo trabajan las fibras ópticas?
- Parte D.** Fabricación de la fibra óptica.
- Parte E.** Aplicaciones de las fibras ópticas.
- Parte F.** Más cuestiones para comentar y discutir.



no, las señales sonoras se convierten en señales eléctricas; éstas llegan hasta el receptor del teléfono a través del hilo de cobre. Aquí se convierten de nuevo en señales sonoras mediante el auricular.

A mediados del siglo XX, miles de kilómetros de hilo de cobre transmitían conversaciones a través de todo el mundo. En 1976, nuestro país disponía de 16 teléfonos por cada cien habitantes. En 1992 esa cifra había ascendido a 40. Más adelante verás cómo ha evolucionado este número en los últimos años.

Sin embargo, el hilo de cobre presenta algunos problemas:

- El número de conversaciones que se pueden transmitir es limitado. Si queremos aumentarlo, necesitamos más hilos.
- La señal transportada por hilo de cobre se va debilitando según avanza por él. Eso significa que los cables telefónicos precisan de un "refuerzo" cada 2 o 3 kilómetros, con el fin de amplificar las señales.
- Los hilos de cobre pesan y ocupan mucho espacio en los túneles subterráneos.

P1. ¿En qué se diferenciaría la vida de tu familia si no existiera el teléfono?

P2. Piensa en un negocio o una empresa que tu conozcas. ¿Qué diferencias presentaría si no existiera el teléfono?

PARTE B. FIBRAS ÓPTICAS Y COMUNICACIONES

Las fibras ópticas están reemplazando rápidamente al hilo de cobre como medio de transporte en las telecomunicaciones. En esta Unidad verás el porqué.

La luz ya se había usado con anterioridad para comunicarse. Las señales de los semáforos, faros, lámparas y las señales de humo usadas por los indios de América del Norte, son ejemplos de ello.

El problema principal que plantean esos sistemas, es que la luz viaja en línea recta y si algo se interpone en el camino, ya no es posible ver la señal luminosa.

Las fibras ópticas se empezaron a desarrollar en los años 60, y permiten llevar la luz en el interior de tubos curvos, los cuales se comportan como "canales de luz".

PARTE C. ¿CÓMO TRABAJAN LAS FIBRAS ÓPTICAS?

Cuando nadas bajo el agua, a menudo no puedes ver el cielo. La luz es reflejada hacia abajo por la superficie del agua. Este fenómeno recibe el nombre de reflexión interna total. Su explicación hay que buscarla en el hecho de que el aire y el agua tienen diferentes índices de refracción.

Algo semejante pasa en una fibra óptica: la fibra se fabrica con dos clases diferentes de vidrio. El vidrio del núcleo central está envuelto por un vidrio de revestimiento. Ambos tienen diferentes índices de refracción. La luz viaja a lo largo del vidrio del núcleo central. Cuando los rayos de luz chocan con la superficie límite entre el núcleo y el revestimiento, los rayos se reflejan internamente, hacia adentro del núcleo. Así, la luz "circula" siempre dentro del núcleo, como el agua por una canalización. No importa que la fibra tenga curvas, la luz permanece en la zona central; no obstante, el diámetro de esas curvas no debe superar, para que la luz no se escape, los 100-150 mm.(Figura 3)

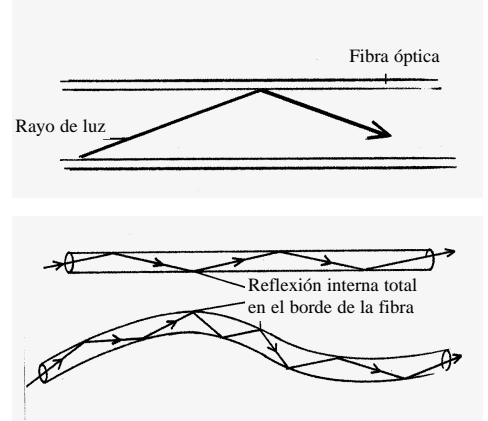


Figura 3. La luz viaja a lo largo del vidrio del núcleo central. Cuando los rayos chocan con la superficie, se produce una reflexión total hacia el interior del núcleo.

La fibra óptica está protegida por fuera por una capa de material plástico. Es muy delgada, más fina que un cabello humano. En cada cable de fibra se introducen entre 16 y 24 de estas fibras; de este modo, se puede transmitir un mayor número de conversaciones simultáneamente. La Figura 4 muestra la estructura en capas de la fibra.

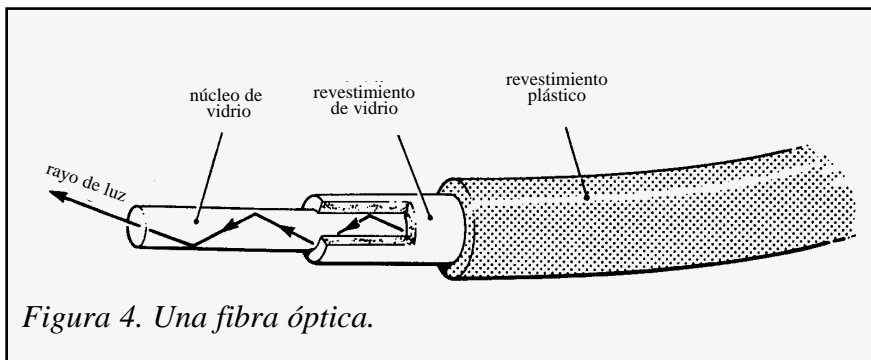


Figura 4. Una fibra óptica.

El vidrio ha de ser muy puro, ya que las impurezas dispersan y absorben la luz. Obtener vidrio puro es una de las cosas más difíciles a la hora de fabricar fibras ópticas. Con un vidrio de pureza adecuada, la luz láser puede viajar más de 100 km a lo largo de la fibra sin perder nada de intensidad (frente a los 2 o 3 km de los hilos de cobre). El vidrio utilizado en las fibras

ópticas es tan puro que puede verse a través de un bloque de dicho vidrio de un kilómetro de espesor. En los vidrios ordinarios, sin embargo, no se aprecia nada tras un bloque de un metro de espesor.

PARTE D. FABRICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

El principio básico de la fabricación de la fibra óptica, consiste en el estiramiento de una primera fibra de vidrio a partir de una varilla de vidrio de un diámetro mucho mayor, la cual se calienta hasta el reblandecimiento.

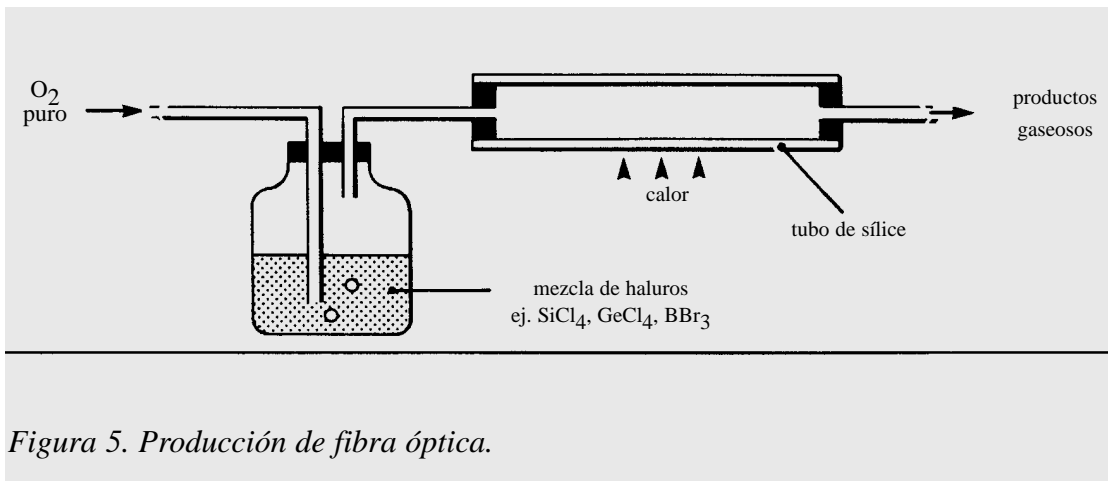
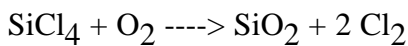


Figura 5. Producción de fibra óptica.

Esta varilla ha de ser de un vidrio extremadamente puro. Un método de fabricación consiste en formar el vidrio dentro de un tubo de sílice. El vidrio se obtiene "in situ" por reacción entre un haluro de silicio y oxígeno; por ejemplo:



Si se varía la composición de la mezcla de haluros, se modifica también la composición del vidrio, con lo que se obtienen vidrios de diferentes índices de refracción. Para reducir la contaminación y las impurezas del vidrio al mínimo, conviene utilizar productos químicos extremadamente puros y preparar el vidrio dentro del tubo.

E. APLICACIONES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

Uso de las fibras ópticas en los teléfonos

Hoy en día, las fibras ópticas sustituyen a los hilos de cobre en el transporte de las conversaciones telefónicas.

Las señales acústicas se transmiten como impulsos de luz. Las señales sonoras del interlocutor se transforman, en primer lugar, en señales eléctricas en un micrófono ordinario de teléfono. Entonces, las señales eléctricas se convierten en señales luminosas en un convertidor. Al otro lado de la línea, el receptor vuelve a transformar las señales luminosas en eléctricas. Estas señales operan en el auricular del teléfono de modo ordinario.

Las señales viajan a lo largo de la fibra óptica en forma de impulsos (o destellos) de luz láser. La fuente de luz láser se enciende y apaga muy rápidamente. Los impulsos de luz forman un código binario que se decodifica en el receptor.

Dado que la luz láser tiene una frecuencia muy elevada, es posible enviar gran cantidad de señales diferentes al mismo tiempo. Esto significa que una fibra óptica permite el transporte de miles de conversaciones telefónicas a la vez. Además, las señales mantienen su potencia tras largas distancias. Con las fibras ópticas, los amplificadores sólo se necesitan cada 30 kilómetros o más. El tamaño de una fibra óptica es mucho más pequeño que el de un hilo de cobre que cumpla la misma tarea. A diferencia de los hilos de cobre, en las fibras ópticas no hay interferencias procedentes de otras señales eléctricas.

Otra ventaja de las fibras ópticas es que las materias primas que se emplean para fabricar el vidrio, son abundantes, al contrario de lo que sucede con el cobre.

Con todas estas ventajas, se está sustituyendo el hilo de cobre por la fibra óptica. Las fibras se agrupan en cables y se colocan bajo tierra. Toda la red telefónica entre ciudades, así como los anillos de las mismas, se han tendido con fibra óptica. En Zaragoza, por ejemplo, está en proyecto la instalación de un anillo periférico con 256 fibras en cada cable, lo que supondrá una longitud de cable de algo más del doble del perímetro de la ciudad. Con ello mejorarán notablemente las comunicaciones. La previsión es que este tipo de instalación llegue hasta las manzanas de casas (agrupaciones de varios edificios), manteniéndose, de momento, el hilo de cobre desde

P3. ¿Qué función cumple cada uno de los elementos siguientes en un sistema de comunicación por fibra óptica?

- a) el transmisor.
- b) el receptor.
- c) el láser.
- d) la propia fibra óptica.

P4. No parece que haya mucha diferencia si hablas con un teléfono que funciona con hilos de cobre o con otro que lo hace con fibra óptica. Sin embargo, ¿cuáles crees que son las ventajas, para los ingenieros de telecomunicaciones, de la fibra óptica frente a los hilos de cobre en las redes telefónicas?

la manzana hasta nuestro teléfono.

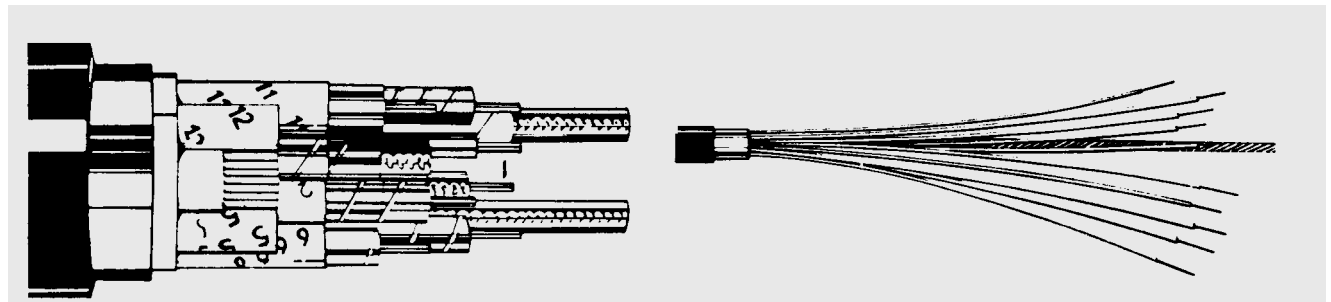


Figura 6. Cable telefónico de cobre con capacidad para 10.000 llamadas

Cable telefónico de fibra óptica con capacidad para 10.000 llamadas.

¿Qué otras aplicaciones tienen las fibras ópticas?

Las fibras ópticas tienen muchas otras aplicaciones además de la telefonía.

Por ejemplo, en medicina, las fibras ópticas se pueden usar como "canales de luz" para ver el interior del cuerpo de los pacientes (endoscopia). Un haz de fibras ópticas, dentro de un tubo flexible, se introduce en el estómago o los pulmones, a través de las vías naturales. El cirujano puede inspeccionar los órganos sin tener que abrir el cuerpo del paciente. (Figura 7)

En el campo de la televisión, las fibras ópticas permiten la distribución de señales por cable, los enlaces cámara-estudio, las teleconferencias y los sistemas de seguridad.

También en el campo de la informática tiene grandes ventajas: enlaces entre computadoras, entre éstas y los periféricos, y los enlaces internos de material informático.

Su empleo en el control de procedimientos e instrumentación es asimismo importante, centrándose en los controles de centrales nucleares y el trabajo en medios deflagrantes, y en la instrumentación y control de muchos procesos industriales.

Dentro del área militar, supone un gran desarrollo de las comunicaciones tácticas.

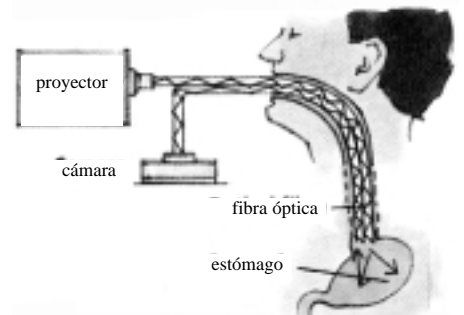


Figura 7. Un haz de fibras ópticas, se introducen en el estómago del paciente

P5. Las fibras ópticas se utilizan para unir ordenadores entre sí. ¿Cómo tiene lugar esto?

PARTE F. MÁS CUESTIONES PARA CONTESTAR Y DISCUTIR

Estas actividades se pueden realizar en pequeños grupos.

- P6.** A menudo nuevas tecnologías sustituyen a otras antiguas, del mismo modo que las fibras ópticas han desplazado a los hilos de cobre. Las nuevas tecnologías frecuentemente afectan a la vida de las personas. Elige dos de los ejemplos de nuevas tecnologías que a continuación se proponen, y contesta, para cada una de ellas, a las cuestiones que se formulan después.
- Las calculadoras electrónicas.
 - Las cintas de vídeo.
 - Los microordenadores.
 - Los relojes digitales.
- ¿A qué antigua tecnología, si se ha dado el caso, ha desplazado?
 - ¿Por qué se ha sustituido la antigua tecnología?
 - ¿Qué efecto ha tenido en nuestras vidas?
- P7.** En su momento, las siguientes tecnologías fueron consideradas como nuevas tecnologías. ¿A qué tecnologías sustituyeron?
- Máquina de vapor.
 - La imprenta.
 - Las tejas.
 - La luz eléctrica.
 - El bolígrafo.
- P8.** Además de las fibras ópticas, ¿qué otros avances tecnológicos crees que tendrán lugar en el futuro de las comunicaciones?
- P9.** Las fibras ópticas son un ejemplo de nueva tecnología. Cuando los teléfonos se inventaron, supusieron un nuevo avance tecnológico. Sugiere razones para explicar por qué:
- Los teléfonos no se inventaron antes de 1876.
 - Las fibras ópticas no se desarrollaron hasta los años 60.
- P10.** La Figura 8 y la Tabla 1 muestran la evolución de los indicadores de la red telefónica española en los últimos años.



Figura 8. Evolución del número de teléfonos móviles en los últimos años.

Año	Líneas por 100 habitantes	Teléfonos móviles por 100 habitantes	Grado de digitalización de la red	Miles de km de fibra óptica
1992	39,67	0,46	36,37	-----
1993	40,63	0,66	41,40	24.857
1994	40,67	1,05	47,79	29.339
1995	41,12	2,41	56,75	36.041
1996	41,54	7,63	67,42	43.086
1997	41,69	11,27	80,84	47.030

Tabla 1. Indicadores de la red telefónica española.

- a) Comenta las cifras de la Tabla 1.
- b) El incremento en el número de teléfonos móviles ha sido, como se observa en la Figura 6, espectacular en los últimos años, mientras que el de teléfonos fijos ha permanecido prácticamente constante. En tu opinión, ¿qué ventajas presenta la telefonía móvil frente a la fija? ¿Cómo crees que evolucionarán estas cifras en el futuro?

P11. Para saber más, puedes buscar información en la dirección de Internet: 200.21.203.130/redes/fibra

FIBRAS ÓPTICAS Y TELECOMUNICACIONES

Contenidos científicos:

Abundancia y reservas de metales, y problemas asociados con su progresivo agotamiento.

Conexiones con bloques de contenidos en el Currículum de Ciencias:

La energía.
Las personas y la salud

Tiempo de realización:

2 períodos o más, dependiendo del número de problemas abordados.

SUMARIO

Esta Unidad trata sobre la fibra óptica y sus aplicaciones, fundamentalmente en el mundo de las telecomunicaciones.

ACTIVIDADES PARA LOS ESTUDIANTES

Esta Unidad se encuentra dividida en seis grandes apartados

Parte A. Un poco de historia.

Parte B. Fibras ópticas y comunicaciones.

Parte C. ¿Cómo trabajan las fibras ópticas?

Parte D. Fabricación de la fibra óptica.

Parte E. Aplicaciones de las fibras ópticas.

Parte F. Más cuestiones para contestar y discutir.

OBJETIVOS

- Complementar el tema de la luz y de la reflexión interna.
- Desarrollar el conocimiento del pasado, presente y futuro de las comunicaciones y su importancia.
- Reflexionar sobre la importancia de la tecnología de las fibras ópticas en el mundo de las telecomunicaciones.
- Dar a conocer los efectos de las nuevas tecnologías en la sociedad.
- Proporcionar oportunidades para practicar destrezas, tales como la lectura, la comprensión y la comunicación.

USO Y ADAPTACION DE LA UNIDAD

Dirigido a: Alumnos de Enseñanza Secundaria con edades comprendidas entre 12 y 16 años. Este tema de pujante actualidad complementa los estudios sobre la luz, la reflexión interna, el índice de refracción y las ondas

Necesidades: Las hojas de trabajo para el alumno. Convendría disponer de algunas muestras de fibra óptica (ver "otros recursos"). Acceso a Internet en el Centro.

NOTAS DEL PROFESOR

- C3.** a) Transformar las señales acústicas en pulsos de luz.
 b) Transformar la información que conduce la fibra óptica en señales eléctricas y, posteriormente, en señales acústicas.
 c) Es la fuente de luz.
 d) Es el canal de transmisión de la luz.
- C4.** Algunas de las ventajas de la fibra óptica son:
- a) Menores pérdidas de la intensidad de la señal, con lo que se pueden espaciar más los estímulos de amplificación y, por tanto, los repetidores pueden estar mucho más separados. Además, tiene el más bajo tanto por ciento de error de transmisión.
 - b) La posibilidad de transmitir un gran número de conversaciones simultáneas, miles en el caso de la fibra óptica sencilla, en comparación con decenas en el caso de un simple cable de cobre.
 - c) La velocidad de transmisión es más rápida ya sea en forma de datos, voz o sonido. En una red de fibra óptica se puede superar las 2,5 gigabits/s frente que a los 155 megabits/s en el caso del cable.
 - d) Total inmunidad a interferencias de origen electromagnético y de radio frecuencias. Así, es inmune al ruido causado por las ondas electromagnéticas producidas por otros cables cercanos.
 - e) Totalmente dieléctricas.
 - f) Menor tamaño y peso.
 - g) Las fibras ópticas están hechas con materias primas prácticamente inagotables y potencialmente más baratas que el hilo de cobre. El desarrollo tecnológico ha permitido abaratar el precio de la fibra; como ejemplo ilustrativo, basta el dato de las 380.000 pts. por cada km de fibra en 1982 frente a las 6.000 pts. por km en la actualidad. Las ventajas que ofrece la fibra óptica, autofinancian su costo, en comparación con otras posibilidades.
 - h) Resistentes a la corrosión, al fuego y a ataques químicos.
- Entre los inconvenientes se pueden destacar:
- a) Es un medio caro si no se aprovechan correctamente sus ventajas.
 - b) Pérdida de acoplamiento y dificultad en aplicaciones de campo por el pequeño tamaño de la fibra.
 - c) Difícil mantenimiento y reparación.
- C8.** Las posibilidades que aquí se pueden mencionar incluyen la comunicación por satélite, cuyo desarrollo ya está en marcha; los videoteléfonos, que combinan las comunicaciones visual y oral; el correo electrónico, con el que los mensajes llegan a un terminal de ordenador a través de la red de telecomunicaciones. Puede ser interesante discutir si las telecomunicaciones pueden inducir cambios en las costumbres de viaje, que más gente trabaje en casa y que aumente el uso de las videoconferencias.
- C9.** Por descontado, muchos factores influyen en la marcha y ritmo del desarrollo tecnológico, entre los que están:
- a) Las necesidades de la sociedad (los teléfonos hubieran tenido una importancia limitada en la sociedad medieval, incluso si se hubiera tenido la posibilidad tecnológica; en cambio, cubrieron una necesidad en el siglo pasado).
 - b) El estado del conocimiento científico en cada momento (ciertamente, los teléfonos no se pudieron desarrollar antes de los descubrimientos relacionados con la electricidad).
 - c) El estado del conocimiento tecnológico y la capacidad para llevarlo a término (sin las destrezas tecnológicas no se hubieran podido fabricar fibras de pureza y precisión adecuadas para las telecomunicaciones), aunque los principios científicos estuvieran claramente establecidos.

Como cuestión interesante, el mismo Alexander Graham Bell patentó un artificio para la comunicación con luz, que denominó fotófono, en 1880. Bell enfocaba la luz (del Sol, de una lámpara o hasta de una vela) en un rayo que hacía pasar a través de una rueda giratoria, que "interrumpía" o modulaba la radiación luminosa. El transmisor consistía en un micrófono de diafragma conectado a ese modulador. El receptor utilizado era de selenio, sensible a la luz, y convertía la luz modulada en señales eléctricas. Obviamente el fotófono de Bell tenía muchas limitaciones, como son la necesidad de una luz muy intensa y un medio continuo y transparente a la luz.

- C10.** La tabla muestra, por un lado, la evolución en el grado de digitalización de la red, acompañado del aumento en el número de miles de kilómetros de fibra óptica instalados y, por otro, dos tendencias contrapuestas: la constancia en el número de teléfonos fijos y el aumento espectacular en la tasa de teléfonos móviles. Éstos tienen como ventajas el permitir la comunicación en cualquier lugar y la manejabilidad, dado su reducido tamaño. Las cifras permiten señalar que el aumento en el número de móviles ha venido de la mano de una mejora en las prestaciones de los mismos, así como de una rebaja sustancial en el precio de los teléfonos y de las llamadas realizadas desde ellos. Esto es el resultado de una mayor competencia entre las compañías del sector. Las perspectivas indican que el crecimiento en el número de móviles por habitante continuará su tendencia al alza y que la telefonía que mantendrá sus cifras prácticamente constantes.

Las llamadas realizadas a través del teléfono móvil llegan a una estación receptora y a partir de allí la transmisión se realiza a través de la red de fibra óptica. Por tanto, el aumento en el número de teléfonos

móviles supone un incremento en la necesidad de fibra óptica.

Notas para el Profesor sobre la transmisión simultánea de conversaciones telefónicas

Algunos alumnos pueden estar interesados por saber cómo se pueden transmitir simultáneamente múltiples conversaciones y cómo lo hace posible el uso de las fibras ópticas. Las notas siguientes pueden ayudar a comprenderlo.

Para entender una conversación no se necesita escuchar la señal todo el tiempo. Si se toman las muestras de amplitud de una señal eléctrica cada 125 microsegundos, entonces se recibe suficiente información para que el receptor pueda reconstruir la conversación original. Cada una de esas señales dura no más de 3 microsegundos y se han podido enviar señales cortas de hasta 39.000 conversaciones una detrás de otra. Colocando unos silencios adecuados entre las señales para evitar confusiones, se pueden transmitir normalmente alrededor de 32.000 conversaciones separadas.

Las amplitudes de las muestras se convierten a la forma binaria y se transmiten como impulsos "encendido-apagado". El código digital reduce el problema de la distorsión, inevitable, y la pérdida de intensidad a lo largo del recorrido. El receptor puede reconocer un impulso débil como un "uno" y tomar otro como un "cero" y así poder restaurar la señal. El sistema digital, llamado "Pulse Code Modulation" (Código de modulación por impulsos) se usa en muchas líneas interurbanas y en todas las conexiones con fibras ópticas.

Para aumentar el número de conversaciones simultáneas transmitidas por un enlace, con el código los impulsos binarios se pueden reunir entre sí. Así, el medio de transmisión (por ejemplo, un cable) ha de ser capaz de transmitir frecuencias elevadas, sin distorsión, a lo largo de él.

Con un cable coaxial y microondas se pueden transportar frecuencias de hasta 100 MHz, pero la fibra óptica es aún mejor, ya que transmite luz a frecuencias de 10¹⁴ MHz.

En la actualidad el láser y sus detectores no pueden trabajar con frecuencias por encima de los 500 MHz (lo cual ya es mucho mejor que el cable coaxial), pero en el futuro los avances tecnológicos permitirán utilizar la enorme capacidad potencial de las fibras ópticas.

Para saber más

- La fabricación de fibra óptica sólo se lleva a cabo en unas pocas empresas en Inglaterra y EEUU. Sin embargo, en Aragón hay empresas dedicadas a la transformación y aplicación de fibra óptica (cableado, conectores y otros elementos necesarios en la transmisión de información a través de la fibra óptica).

Como ejemplos podemos citar:

- Fibercom S.A.: conectores, elementos variados, instalaciones.
- O.F.C.: cable de fibra óptica.
- Intelnet S.A.: equipos de comunicaciones, comunicación de red local, fibra multimodo.
- Cables de Comunicaciones S.A.: cable de cobre, cable de fibra óptica, conectores.
- Visitas a Centrales locales.