Las Comunicaciones Opticas : Reto del Presente*

Desde hace años, no se puede decir que la luz se propague exclusivamente en línea recta. Un rayo curvo y flexible de impulsos luminosos puede propagarse a velocidades vertiginosas bajo tierra y el mar, por recovecos urbanos y parques empresariales o por el interior de edificios inteligentes. La palabra clave en las telecomunicaciones de los años 90 es la fibra óptica.

Los sistemas de comunicaciones ópticas se llevan usando más de 20 años, pero sólo hace pocos se han revelado por su eficacia-coste, como una tecnología viable que ha revolucionado la industria y la realidad de las telecomunicaciones. Los sistemas de ondas luminosas atraviesan hoy día naciones, continentes y océanos, formando una inmensa y tupida red que rodea el mundo, enlazando persona con persona en dondequiera que se hallen.

Los avances en la tecnología optrónica y de la fibra óptica se encuentran plenamente consolidados y han ido adquiriendo cada vez mayor importancia en el mundo de las telecomunicaciones en pleno desarrollo. Por su gran capacidad de transporte de información, la fibra óptica se usa no sólo para transmisión de voz y datos, sino para la transmisión de imágenes luminosas a larga distancia con una alta fidelidad. Por su gran seguridad se considera indispensable en los sistemas terrestres de comunicaciones militares y en el planeamiento de los sistemas de mando y control, así como alternativa, fácilmente asequible y comercialmente disponible, de las comunicaciones por satélite a larga distancia.

Hoy día la fibra óptica está siendo utilizada por las principales compañías telefónicas del mundo y su uso se ha generalizado en compañías eléctricas, ferroviarias y en el campo de la Defensa, tanto en los sistemas de telemando, señalización y control, como en los sistemas de telemedicina, guiado de misiles, sensores submarinos, teléfonos ópticos, y transferencia de datos en buques y aviones.

Para adquirir un nivel de competitividad aceptable, la estrategia de las grandes empresas tiene que incrementar estas nuevas tecnologías no sólo con la implantación de potentes y eficaces redes de información a alta velocidad, sino también asimilar los nuevos desarrollos con impacto en las telecomunicaciones del futuro. Por muchas razones, el transporte de la información de los sistemas comerciales y militares deben planearse conjuntamente para una economía de escalas en los medios de comunicación nacionales, máxime en tiempos de presupuestos de Defensa restringidos.

---

* De: Revista General de Marina, Madrid, España, Diciembre de 1992

Tecnología básica de las telecomunicaciones ópticas

Muchos son los avances conseguidos en estos últimos años que han hecho que sean cada vez más crecientes las aplicaciones del portador óptico sobre los medios convencionales, despertándose un gran interés por esta tecnología, que ofrece beneficios significativos.

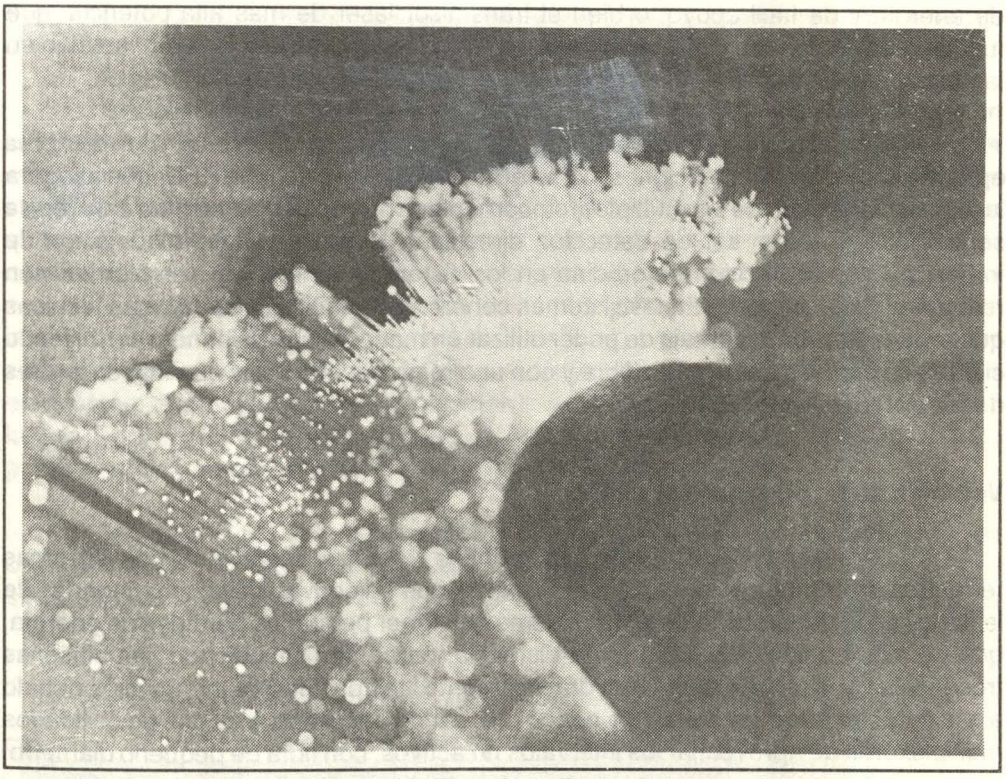
La fibra óptica es una tanza de silicio con un diámetro menor que el alma de un pelo, por el que se transmite la luz con muy poca pérdida de energía y con una dispersión controlada. Las longitudes de onda que se emplean en la fibra óptica para la transmisión de la luz están en una región del espectro comprendida entre el infrarrojo lejano y cercano, en ventanas propicias a las telecomunicaciones, donde muestra un mínimo de pérdida de potencia.

Un sistema óptico completo consta de una fuente de información transmisora y un terminal receptor, con los correspondientes convertidores electro-ópticos y opto-electrónico, conectado por cable de fibra óptica. La elevada fiabilidad y la reducción de precios de los elementos claves, fundamentalmente del cable de fibras y del láser semiconductor, han sido los factores claves que han fomentado el uso masivo de los sistemas ópticos.

En su forma más simple, los rayos de luz se propagan mediante sucesivas reflexiones a través de la fibra en el sistema multimodo, siendo factores determinantes la longitud de onda y el diámetro del núcleo de la fibra. Existe un diámetro máximo por debajo del cual aparece un único modo de transmisión, recibiendo entonces el nombre de fibra monomodo. Este tipo de fibra presenta claras ventajas respecto a la multimodo, ya que posee menor dispersión y atenuación, pudiéndose alcanzar mayores longitudes y velocidades de transmisión. Por contra, su menor diámetro - del orden de las 9 micras frente a las 50 del multimodo - obliga a utilizar emisoras que sean capaces de concentrar toda la luz en esa finísima fibra.

El principal factor que diferencia los tipos de fibra es la atenuación, estrechamente ligada a la longitud de onda. Según la que se utilice, aparecen tres ventanas de transmisión en las cuales el silicio presenta una menor atenuación. La primera, se encuentra alrededor de los 850 nm. y es la más utilizada en los sistemas comerciales con fibra multimodo. La segunda ventana aparece en los 1,300 nm. y trabaja con fibras monomodo, representando una mejora de veinte veces del producto velocidad-distancia respecto a la anterior. La tercera, con láser de espectro estrecho en la región de los 1,550 nm, se utiliza actualmente en las redes de larga distancia con velocidades de entre los 565 Mbits/s hasta varios Gbits/s, y distancias de regeneración cada vez mayores.

Los cables ópticos, de hecho, están compuestos por un número determinado de fibras, que pueden ser de 6 hasta 128 o más, con las consiguientes capas protectoras. Para su fácil manejo se dispone de bobinas de hasta dos kilometros, que



Impulsos luminosos de alta velocidad a través de fibras para las comunicaciones ópticas.

precisan empalmes de extremada exactitud en la coincidencia de los ejes ópticos para reducir la atenuación. Actualmente para un cable monomodo resulta necesario la regeneración de la señal a una distancia de 40 ó 50 kilómetros. Los cables submarinos se tienden en vanos de mar de 170 a 200 kilómetros, con regeneradores especiales incorporados, que permiten minimizar los costes y proporcionan una alta fidelidad a los sistemas.

En la actualidad se han conseguido unas buenas características físicas y de transmisión en la fibra óptica, con aislamientos, no sólo contra abrasión, corrosión, torceduras, forzamientos y excesos de temperatura, sino también protecciones especiales contra ataques de peces devoradores en los cables submarinos y contra impactos de disparo o metralla para tendidos aéreos. El esfuerzo técnico actual se dirige al desarrollo de nuevos modelos de conectores que reduzcan la pérdida de reflexión, simplifiquen los procedimientos de terminación y sean fáciles de instalar, así como a la mejora de los equipos de empalmes de fusión y de medidas de dispersiones y atenuaciones.

Los transmisores ópticos pueden ser diodos emisores de luz, fotodiodos LED de baja potencia, que emiten en una banda de frecuencia amplia, con poca demanda

de energía y de fácil apoyo, o bien el transmisor láser de más alta potencia, que funciona en una banda de frecuencia seleccionada más efectiva. Difieren también en las funciones de transferencia electro-óptica y características de modulación.

Los receptores ópticos son fotodetectores que actúan como transductores opto-eléctrico de comunicaciones, como el fotodiodo de avalancha APD, que asegura la explotación óptica de las múltiples fotocorrientes con suficiente amplitud del área de sensibilidad. Pueden ser de detección directa en los sistemas de modulación de intensidad y de detección heterodina en los sistemas coherentes; también existen receptores balanceados. En los sistemas coherentes se utilizan las mismas técnicas que en la radio, con la ventaja de poder utilizar un mayor ancho de banda, permitiendo cientos de canales en una sola fibra y con una mayor sensibilidad que los receptores de los sistemas no coherentes.

Ventajas de la fibra óptica

Los sistemas ópticos ofrecen grandes ventajas sobre los otros sistemas terrestres de comunicaciones convencionales, que se derivan de las propiedades de la fibra y de la transmisión de la luz. Además de tener pequeñas pérdidas de energía, que permite transmitir la luz a larga distancia, como hemos indicado, las altísimas frecuencias que utilizan aumentan drásticamente la capacidad de información debido a su característica de tener un ancho de banda inusitado y a las posibilidades multiplexoras de aprovechar los intervalos no activos, con fibra de pequeño diámetro.

La fibra óptica, por su naturaleza no metálica completamente dieléctrica, es una guía de onda prácticamente invulnerable a las interferencias procedentes de fuentes de energía electromagnéticas externas, ya sean naturales, como los fenómenos atmosféricos o de equipos electrónicos, líneas de energía o iluminación, estaciones transformadoras o soldaduras de alta frecuencia, u otros campos electromagnéticos. Tampoco existen posibilidades de interferencias, o efectos de diafonía entre fibras de un mismo cable; asimismo aisla las líneas propiamente dichas de las fuentes de alimentación, lo que supone una gran ventaja al hacer las líneas de transmisión más fiables.

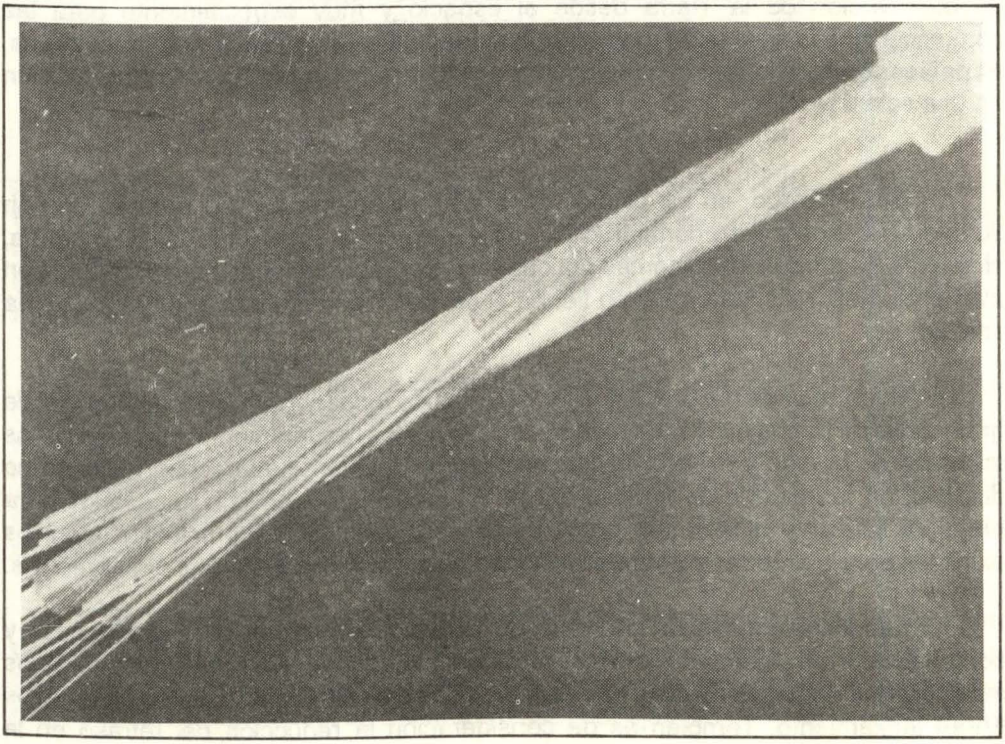
Esta cualidad de no crear en su entorno ningún campo magnético, hace a la fibra óptica sumamente interesante desde el punto de vista de privacidad y seguridad militar, al ser inmune a los peligros que causan las perturbaciones electromagnéticas intencionadas, no necesitando por tanto protección especial. Tampoco puede ser "pinchada" fácilmente, pues se necesitarían unos equipos de laboratorio técnicamente complejos que serían detectados inmediatamente en los puestos terminales debido a las atenuaciones inherentes que provocarían la alarma. Asimismo, este cable de fibra de vidrio, no metálico, tendido bajo tierra, no puede ser detectado electrónicamente, lo que le asegura de alguna forma contra sabotajes. Como cualquier otro medio de comunicación, una vez localizados están expuestos a su destrucción física, pero la

dispersión de la red, el control de la configuracion y el encaminamiento de la señal por otras rutas, pueden evitar la degradación del sistema.

Como sabemos, por otro lado, la onda de una explosión nuclear produce un impulso electromagnético (EMP) de gran amplitud y corta duración con la suficiente energía para destruir los equipos electrónicos en una gran zona. Los cables metálicos instalados actúan como antenas receptoras induciendo corrientes eléctricas elevadas que generan ondas de alta y baja frecuencia según su longitud y que pueden destruir circuitos integrados, alterar propiedades de algunos componentes y dañar el sofware, produciendo además interferencias en las comunicaciones radio y telefónicas que impiden su utilización por largos períodos de tiempo. Nada de esto ocurre en los sistemas ópticos, porque la fibra óptica es especialmente apta contra los pulsos electromagnéticos, ya que éstos no afectan a la propagación de la luz en el interior de la fibra. En términos generales, se puede asegurar que las comunicaciones soportadas por fibra óptica no serían interrumpidas por una explosión nuclear.

Por último, no son despreciables las características físicas de los cables ópticos en cuanto a su peso y tamaño, que los hacen muy ligeros y manejables, simplificando enormemente su instalación en redes fijas y en aplicaciones de

Los cables de fibra óptica son los grandes protagonistas de las redes de comunicaciones ópticas.



comunicaciones tácticas en zona de combate, así como en los circuitos de transferencia de datos a bordo de buques y aviones.

Tradicionalmente, las redes telefónicas estaban compuestas por redes mixtas coaxiales-radio. En lo que se refiere al cable coaxial, ha sido literalmente barrido por la fibra, al encontrarse aquél en su tope tecnológico, con baja velocidad de transmisión, pequeña distancia de regeneración e inconvenientes físicos de peso y volumen, lo que hace que el coste del sistema de transmisión por fibra óptica se reduzca veinte veces, a la par que aumenta la capacidad de la ruta.

En lo que se refiere al sistema radioeléctrico, aunque ha adoptado la tecnología digital, su máxima capacidad disponible por radiocanal no resulta compatible con la ofrecida por la tecnología óptica, sobre todo cuando se precisan altas capacidades de información y cierto grado de seguridad y fiabilidad.

Las comunicaciones ópticas como alternativa a las comunicaciones por satélite

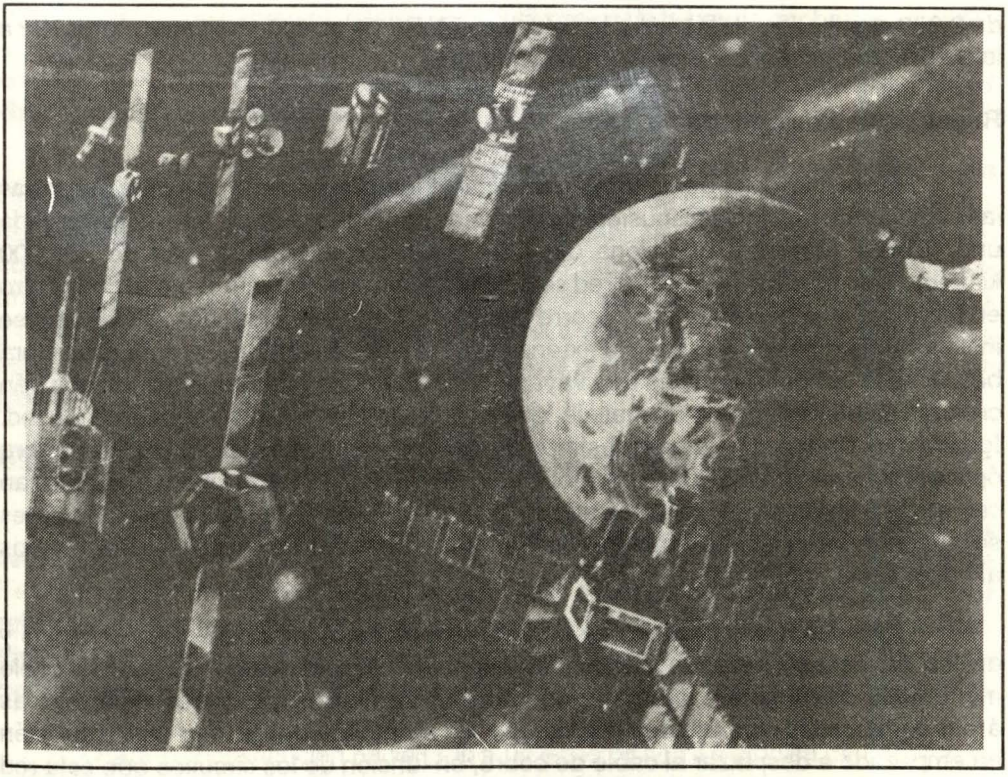
Las comunicaciones de los años 90 y del futuro se basan tanto en las comunicaciones radio, fijas, espaciales o móviles, como por las redes terrestres, compitiendo entre sí y adaptándose a las exigencias de cada tipo de aplicación.

Los satélites militares desarrollan toda su potencialidad en áreas de vigilancia de observación de la Tierra desde el espacio y muy especialmente para las comunicaciones militares de mediana capacidad desde un punto fijo a otros móviles, en países con poca infraestructura o zonas aisladas, y en general, para la radiodifusión en una sola dirección.

Sin embargo, en los últimos años las telecomunicaciones por satélite han sufrido un descenso en comparación con el uso de la tecnología de fibra óptica, simplemente porque los sistemas ópticos en las comunicaciones punto a punto son más eficientes, más seguros y no tienen el retraso inherente a la comunicación vía satélite.

Por otra parte, se prevé que los satélites no tengan la capacidad potencial de gran ancho de banda necesaria para hacer frente a los requerimientos militares de los sistemas de mando y de información del futuro. Desafortunadamente, Defensa no dispone, en la mayoría de los países, de los medios económicos necesarios para preparar, lanzar y utilizar sus propios satélites, con los requerimientos técnicos exigibles para mantener las comunicaciones en situaciones extremas o de precrisis.

Las instalaciones de cableado de fibra óptica pueden ser programadas y controladas en su calendario con más facilidad y seguridad que el lanzamiento de los satélites, que dependen de muchas variables en su construcción y riesgos y retrazos en su lanzamiento. También es de consideración la reducción del retraso en la



Las comunicaciones vía satélite son una alternativa a las comunicaciones ópticas para largas distancias · e insuficiencia de infraestructura terrestre. Las comunicaciones intersatélite se efectúan por enlace óptico láser.

propagación de la señal en su viaje de ida y vuelta por la fibra óptica en relación con el retraso que se produce por vía satélite, que puede llegar a ser de hasta medio segundo en su recorrido completo. Asimismo, la información enviada por satélite es más difícil de proteger que por la fibra óptica, al recibir la señal en toda el área iluminada por el satélite.

Es probable que en los próximos años exista una capacidad precaria de transpondedores militares en órbita, lo que hace necesario que Defensa alquile y use combinadamente los satélites comerciales, con el consiguiente aumento de precio debido a la demanda y el coste de seguros de lanzamiento, lo que hace que este medio sea cada vez menos deseado, hasta tal punto de que algunos satélites militares no serán sustituídos al cumplir su ciclo de vida.

En una situación ideal, los sistemas de comunicaciones por satélite y por fibra deben complementarse mutuamente. Para grandes distancias, el satélite resulta competitivo frente a la solución por cable, no así para distancias como la existente en un país de las dimensiones de España, ya que, por ejemplo, para unas necesidades

de 2,000 circuitos punto a punto, la solución satélite no es económicamente similar a la de la fibra óptica, hasta los 2,500 kilómetros.

Redes de cables ópticos

El objetivo de la Compañía Telefónica de España para el año 92 era que todas las capitales de provincia dispusiera de dos rutas de cable óptico de 16 ó 32 fibras cada uno, y entre Madrid y Barcelona de 128 fibras, lo que supone más de 200,000 kilómetros de fibra instalados. La red se configura con una estructura radial con centro en Madrid, y una periférica que recorre las más importantes ciudades, en las que se instalarán sistemas de 565 Mbits/s extensible a 2,4 Gbits en el futuro. A esta estructura básica se le añadirán ramales que vayan cerrando anillos o triangulaciones que irán creando un elevado grado de mallaje, que proporcionará una alta seguridad a la red. Igualmente, Canarias y Baleares estarán conectadas cada una con dos cables de fibra óptica submarinos. En el primer caso (PENCAN IV y V, de 1,400 kilómetros), utilizan cables de 6 fibras monomodo, en segunda ventana, y entre la Península y Baleares se utilizan fibras en tercera ventana, eliminando la necesidad de repetidores intermedios al hacer escala en Ibiza.

Para las redes urbanas se ha adoptado la estructura de anillos cerrados y anillos de acceso para abonados profesionales, constituyendo bucles de cable monomodo de 64 fibras, que con perímetro medio de dos kilómetros recorrerá las áreas comerciales más activas de la ciudad. En el ámbito rural, la fibra óptica también ha empezado a desplazar al cable de cobre, en función de los circuitos que esta red demande y de la reducción de costes. Por último, para la conexión de usuarios a las centrales telefónicas, el cable de pares metálicos es aún la solución económica.

El cable de fibra óptica comenzará a utilizarse a nivel de abonado en función de la demanda que origine la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) de banda ancha que se prevé en un futuro próximo, con redes de áreas local, en parques y edificios empresariales, e interconexión entre ellas con distribución de datos por fibra óptica. Ciertamente, a corto plazo llegará la fibra óptica a las mesas de trabajo, portando voz, dato e imagen.

En el campo internacional, desde la costa de Cádiz y Málaga se han tendido cables de fibra óptica submarinos hacia diversos puntos de Europa, en el Atlántico (TAT 9) y en el Mediterráneo (MAT 2), con tecnología de tercera ventana, así como en los Estados Unidos (TAT 8), que permiten más de 40,000 circuitos telefónicos transoceánicos y que complementan las comunicaciones vía satélite. El nuevo cable transatlántico (TAT 9), de doble capacidad del TAT 8, junto con el PTAT 1, también con capacidad de 80,000 conferencias simultáneas, asegura el enlace entre Europa y América. El ciclo de vida de estas instalaciones es de veinticinco años, con un tiempo entre averías previsto de ocho años.

Dada la rápida evolución de la tecnología optrónica, y con el objeto de eliminar incertidumbres en cuanto a modernos equipos de superior capacidad y hacer frente

a cualquier tipo de demanda masiva con la utilización de la banda ancha, los tendidos actuales se hacen con un cierto sobredimensionamiento, de forma que no haya que crear nuevas infraestructuras y canalizaciones y así poder instalar nuevos cables de fibra óptica en un corto plazo.

Es decir, el criterio es instalar no sólo fibras para hacer frente a las necesidades actuales, sino prever la expansión futura de la red sin mayores gastos de instalación, al ser el coste propio del cable bajo en relación con la instalación conjunta del sistema. En general, la red sólo debe quedar con las limitaciones impuestas por la potencia y la velocidad de commutación de los transmisores actuales y cubrir las posibilidades de expansión de los aparatos en el futuro. La estrategia debe reflejar, por tanto, las necesidades de cableado a largo plazo, aunque signifique un pequeño aumento de coste inicial.

Utilización de la red nacional para las comunicaciones militares

La Defensa Nacional necesita disponer de un soporte de telecomunicaciones tecnológicamente avanzado y tiene en estudio el Sistema Conjunto de Telecomunicaciones Militares (SCTM), en el que se toman como base todas las redes militares existentes, para disponer de un soporte de telecomunicaciones rápidas, fiables y seguras a nivel de conducción estratégica, de forma continua en tiempo de paz y de apoyo a las actividades militares en situaciones de crisis o tiempo de guerra.

Para su consecución ha llegado a un acuerdo con Telefónica de España, no sólo para recoger su experiencia en ingeniería y diseño, sino para asegurar el soporte de las telecomunicaciones de las Fuerzas Armadas, proporcionando los diversos recursos y capacidades de transmisión necesarias para la Defensa. Al mismo tiempo que garantiza el derecho de uso y de disponibilidad sin restricciones de determinados medios de las redes telefónicas puestos a su disposición.

Este acuerdo marco de utilización de los medios públicos de telecomunicaciones para los sistemas de comunicaciones militares españolas, aportará los enlaces de fibra óptica para formar parte como elemento integrante de la red que soporta el SCTM, por lo que el Ministerio de Defensa podrá utilizar en cada ruta de cable óptico los pares de fibras dedicados que precise de la Red Nacional, tomadas en la sala de transmisiones de Telefónica y utilizada en régimen de alquiler; por otra parte acuerda la instalación y cesión de uso de los tramos de interconexión a la red militar, mediante pago de parte de la inversión realizada.

Con ello se consigue optimizar el rendimiento de los recursos nacionales de telecomunicaciones con una economía de escala, y con una mayor eficacia en las áreas de normalización y compatibilidad de las redes militares y civiles, al mismo tiempo que se consiguen, por su dispersión y redundancia, una supervivencia más resistente a la degradación del sistema que la que pueden dar las redes exclusivamente militares, más restringidas, más costosas y de más difícil mantenimiento y actualización.

Por otra parte, para aumentar la supervivencia de la red terrestre es conveniente diversificar los medios de transmisión de distintas características para hacer frente a las diversas amenazas. Una solución muy ventajosa es la de combinar el empleo de la fibra óptica con el radio-enlace. También es aconsejable disponer de una red de últimos recursos, mediante satélites o equipos de HF, que , aunque de menos potencia, sirva para unir directamente los elementos más importantes del sistema C^3 1, en situaciones de emergencia.

Mirando al futuro

Además del tráfico de comunicaciones de larga distancia y locales, abundan, cada vez más, las aplicaciones militares que usan la fibra óptica. Como ejemplo, podemos citar los sistemas de vigilancia y detección submarina a larga distancia con sensores remolcados o fijos en el fondo, que aumentan la claridad y sensibilidad de la señal de blancos silenciosos, como el sistema hidrofónico submarino norteamericano ARIADNE, que utiliza fibra óptica, los misiles filoguiados, que además de recibir por fibra óptica las imágenes de la cámara de televisión montada en su morro, pueden ser maniobrados desde posiciones ocultas y lejanas; la motorización de detecciones de radiaciones y temperaturas; las redes de comunicaciones tácticas de fácil despliegue y gran capacidad; los sistemas robóticos con sensores remotos, y la transferencia de datos en buques y aviones, como el utilizado a bordo del avión de despegue vertical *Harrier* AV - 8B.

El transporte de señales de los sistemas C^3 1, directamente sobre sistemas comerciales, requerirá una modificación de los formatos militares a los sistemas de fibra óptica. Otro aspecto vital es adaptar los sistemas de encriptación a las tecnologías de alta velocidad, aumentando la velocidad de encriptación a las posibilidades de transmisión de la fibra óptica.

Los sistemas futuros podrán transportar la información de millones de libros en menos de un segundo, por sólo una fibra del tamaño menor que el de un cabello, a miles de millas, sin repetidores.

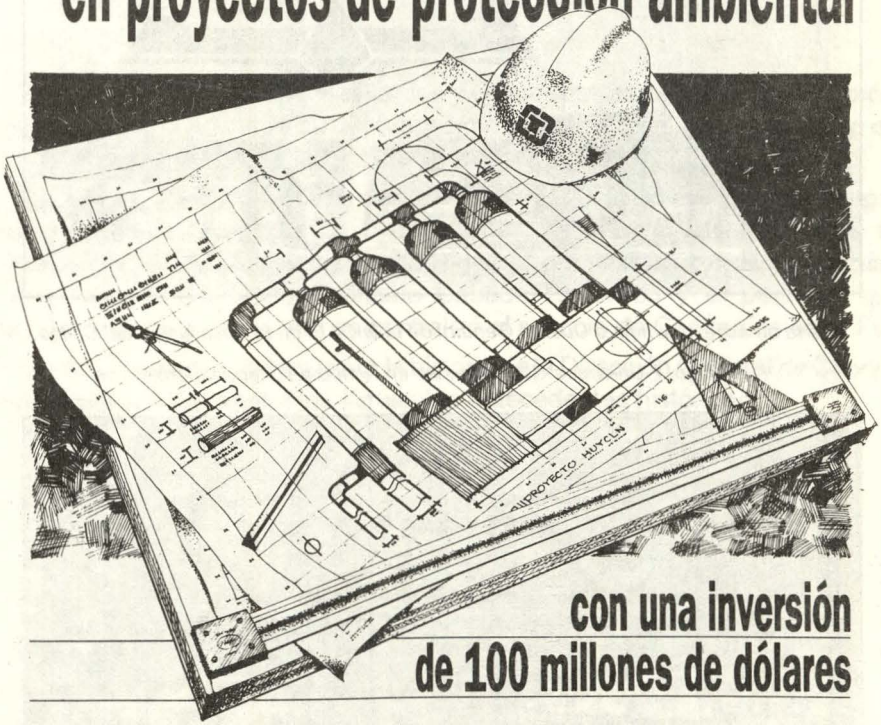
Ciertamente, el avance tecnológico de la Humanidad en 500 años ha marcado la gran diferencia entre las carabelas de Colón y las rutas transatlánticas por las superveloces vías de fibra óptica. Hoy día, con la supercomunicación se recibe la información al mismo tiempo en todo el mundo. Las telecomunicacione siguen el ritmo de evolución de las ciudades, industrias y empresas, propiciando su desarrollo.

Desde el oleógrafo y el proyector de señales al rayo láser y la fibra óptica, es mucho el camino que se ha recorrido y lo que queda aún por recorrer, mirando hacia un futuro técnicamente sorpresivo y utilitariamente prometedor. En esta aventura, las comunicaciones ópticas son el reto del presente.

J. Ramón JAUDENES AGACINO

ESTAMOS OCUPADOS

en proyectos de protección ambiental



con una inversión de 100 millones de dólares

Toda acción del hombre, como se sabe, ocasiona cambios en la naturaleza.

De hecho, nuestro largo y complicado proceso de extraccion de mineral y su transformación en concentrados de cobre primero,y en cobre blister de exportación despues, ha cambiado el paisaje de Toquepala, Cuajone e Ilo.

Allí hay tres centros mineros de Southern Peru llenos de actividad, dotados de todos los servicios básicos tales como agua, luz, viviendas,hospitales, colegios y una amplia infraestructura urbana.

Conscientes que hay residuos de ese proceso minero-metalúrgico, la empresa está invirtiendo100 millones de dólares en un conjunto de proyectos de protección y adecuación ambiental para disponer o controlar en la forma más idónea posible, de los gases, relaves y escorias derivadas de este proceso.

Estamos ocupados en ello porque el ambiente, sí nos preocupa.

SOUTHERN PERU
Cobre trabajando por el Perú



Puerta de acceso al nuevo Cuartel General de la DICAPI en la Base Naval del Callao.

Abajo, 2 Unidades Guardacostas en rumbo a su fondeadero.

