

## Las nuevas tecnologías y la seguridad en las minas. Telemando, Automatización, Visión

J. F. RAFFOUX  
Centro de Estudios e Investigación  
del Grupo Charbonnages  
de Francia, CERCHAR

*Cualquiera que sea el método de detección, es conveniente reconocer las formas extraídas, por lo menos con el objeto de evitar falsas detecciones*

**L**A misión de CERCHAR es la de aumentar la seguridad y la productividad de las técnicas mineras. Dentro del campo específico de la seguridad, los objetivos de los trabajos de investigación son:

- Procurar al minero los medios para controlar su entorno (control de los contenidos en CH<sub>4</sub>, CO, O<sub>2</sub>...).
- Suministrar al minero máquinas, útiles y productos que no entrañen un peligro.
- Detectar la posibilidad de accidentes colectivos tales como explosiones e incendios e impedirlos, así como facilitar al minero medios su-

ficientes para una correcta evacuación de la mina.

- Hacer que el minero sea responsable de su propia seguridad y tenga conciencia de la responsabilidad que le corresponde respecto a la seguridad de los demás.

Con el fin de conseguir tales objetivos, CERCHAR, conjuntamente con los Servicios Técnicos de Charbonnages, las explotaciones y los constructores, ha concebido, puesto a punto, ensayado y construido diversos equipos, de los cuales algunos se hallan actualmente en perfecto funcionamiento, en tanto que otros se

encuentran todavía en fase de investigación o desarrollo.

Algunos de los mencionados equipos se han inspirado en técnicas punta del campo de la electrónica, de la automatización y la visión, técnicas que con frecuencia ya han sido empleadas en la industria, pero que el grupo Automatismo y Electrónica de CERCHAR ha adaptado a las difíciles y específicas condiciones del entorno minero. Examinaremos aquí algunas de las aplicaciones de tales técnicas en las explotaciones de Charbonnages de France (Minas de Carbón de Francia), mostrando cómo influyen sobre la seguridad, así como las precauciones que es necesario adoptar para que su utilización no genere, por su parte, nuevos problemas de seguridad.

Las técnicas que aquí se presentan son las siguientes:

- Telemandos.
- Automatas.
- Redes locales de transmisión.
- Controles de acceso mediante visión artificial.

## LOS TELEMANDOS

El empleo de telemandos aleja a los operadores de las zonas de riesgo: polvo, caída de bloques, etc., y permite a los conductores seguir o preceder a la máquina, situándose en los puntos más apropiados para tener una buena visión del trabajo de las herramientas.

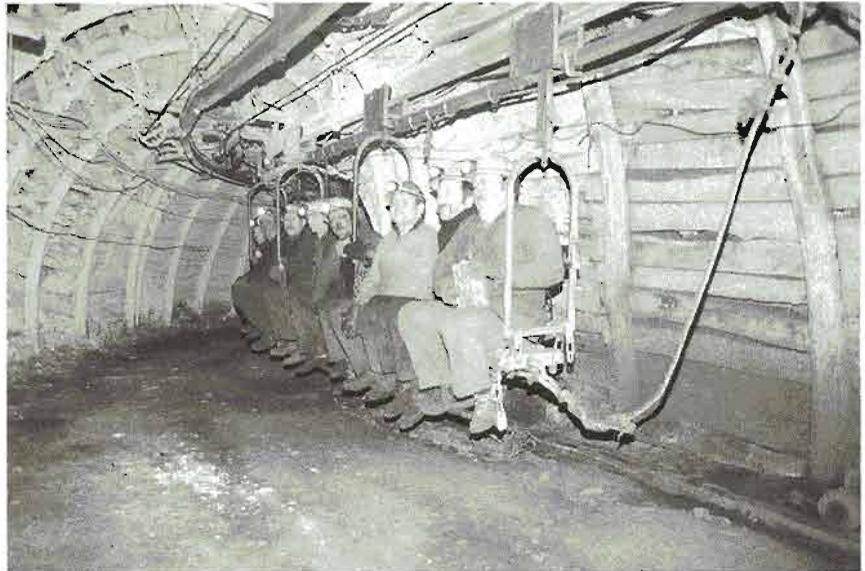
### Descripción de algunos materiales

#### *Telemando por cable portador TELSAFE-CP*

Este telemando sólo puede utilizarse en galerías cuando se dan las siguientes condiciones:

- La instalación que será telemandada está compuesta por un elemento motor fijo y un equipo móvil sobre un trayecto fijo;
- el operador está transportado o acompaña al equipo móvil;
- el trayecto no excede de 1.500 metros.

Las principales aplicaciones se centran sobre el telemando de la jaula en un pozo vertical, estando el operador dentro de la jaula cuando el telemando del cabrestante iza mediante un cable sin fin las cabinas de un monorraíl destinado al transporte del personal o del material en galería subterránea, o, asimismo, el telemando de la máquina de derribo del carbón, llamada máquina cepilladora de cortes.



*Personal embarcado; telemando por radio para monorraíl.*

*El empleo de telemandos aleja a los operadores de las zonas de riesgo: polvo, caída de bloques, etc., y permite a los conductores colocarse en las mejores condiciones de conducción y visibilidad.*

Las características principales de dicho telemando son las siguientes:

- El emisor puede ser transportado por un operario o bien estar fijado al equipo móvil;
- transmite las órdenes por acoplamiento mediante un cable monofililar portador de ondas, instalado a lo largo del trayecto del equipo móvil;
- el receptor se halla cerca del elemento motor;
- las frecuencias portadoras utilizables se hallan comprendidas en la gama de 1 a 4 MHz;
- el número de órdenes es de una decena, todo o nada;
- la seguridad está garantizada mediante una orden de parada urgente sobre el emisor y por la permanente verificación de la presencia de la onda portadora;
- el material es de seguridad en caso de atmósferas explosivas (metano).

A partir del año 1970, fecha de concepción del sistema conocido con el nombre de TELSAFE-CP, se han llevado a cabo más de un centenar de instalaciones.

#### *Telemando radio con vista directa TELSAFE-DV*

El carbón de más fácil extracción se presenta por lo general bajo la forma de capas uniformes de un espesor comprendido entre 1,50 y 3 metros. Las obras de derribo toman el nombre de corte, cuando dichas capas se cortan en paneles de 100 a 200 metros de ancho, con una longitud de 1.000 o más metros. Dichas obras han sido mecanizadas principalmente por medio de una máquina llamada rozadora integral con dos tambores, que derriba el carbón por pasadas sucesivas en el corte. Esta máquina, poderosa y pesada, genera al trabajar mucho polvo, ruido y calor. Por otra parte, el operador se halla también expuesto a la caída de bloques sobre la máquina, circunstancia que a veces se produce. Por ello, CERCHAR ha desarrollado un telemando radio con visión directa, llamado TELSAFE-DV, que permite al operador retroceder dentro de la obra al no estar ya sujeto a la máquina.

Las principales características de dicho telemando son.

- El emisor tiene un teclado ergonómico;
- el receptor a bordo de la máquina es particularmente insensible a los choques, vibraciones y al calor (funcionamiento hasta 100° C);
- las frecuencias portadoras utilizables se aproximan a los 160 MHz;
- la transmisión es muy poco sensible a los parásitos gracias a una codificación binaria de las órdenes y a la redundancia exigida antes de la ejecución de las órdenes;
- el material es de seguridad respec-

to a atmósferas explosivas (metano).

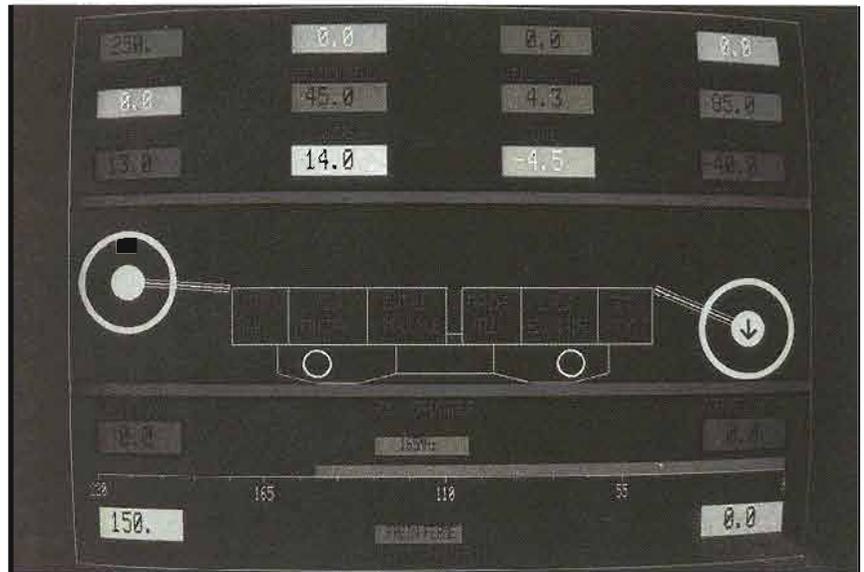
- el número posible de órdenes varía según las aplicaciones, por ejemplo, una orden proporcional, quince órdenes todo o nada no simultáneas y una parada de emergencia;
- en algunas máquinas trabajan dos operarios, por lo tanto, utilizarán dos emisoras sobre frecuencias distintas con el objeto de obtener una transmisión de las órdenes entre el operario principal que mantiene el control de un sector de la máquina y su asistente.

Las aplicaciones conciernen principalmente a las máquinas rozadoras (fig. 1) —unos quince sistemas se hallan actualmente en servicio— y a las cargadoras de cuchara, que pueden así funcionar en zonas en las que no es posible emplear trabajadores. El telemando de las rozadoras ha sido muy favorablemente acogido por los mineros, que desde entonces lo exigen en todas las mencionadas rozadoras.

#### *Transmisión de órdenes e informaciones por cable de alimentación TELSAFE-CA*

Las minas de la cuenca carbonífera de Lorena (Houillères du Bassin de Lorraine) han ensayado un nuevo método de explotación, introduciendo una rozadora en un corte cuya inclinación se aproxima a la vertical. Dicho método imponía la conducción de la rozadora a partir de una cabina situada a unos cientos de metros de la obra. El estudio de un sistema de telemando y telecontrol de la máquina ha dado como resultado la puesta a punto de un sistema de transmisión de informaciones bidireccional llamado TELSAFE-CA, que utiliza los conductores de fase del cable de alimentación eléctrica como soporte de transmisión. La experiencia ha demostrado que dicho sistema constituye una herramienta utilísima de seguimiento del funcionamiento de las rozadoras y, en un determinado plazo, habría de permitir la automatización parcial de las mismas.

El equipo comprende una parte que sirve para el envío de las informaciones recogidas sobre la máquina, por ejemplo, 48 informaciones todo o nada y 12 valores analógicos. Dicha parte puede ser utilizada de forma independiente y envía informaciones útiles sobre el funcionamiento de la máquina y su estado a un local que puede estar situado en galerías subterráneas o en la superficie de la mina. La otra parte del equipo sirve para el reenvío de las órdenes que son necesari-



Vista de la pantalla de telemando por cable de alimentación TELSAFE.

*El telemando de las rozadoras ha sido muy favorablemente acogido por los mineros, que desde entonces lo exigen en todas las mencionadas rozadoras.*

rias para el funcionamiento de la máquina. El envío de órdenes a distancia no se concibe sin el retorno de las informaciones.



Vista del transmisor o emisor del telemando TELSAFE D.V.

Un ordenador acoplado al sistema de superficie permite el rápido diagnóstico de las averías y aun una vigilancia preventiva de la «salud» de la máquina. Próximamente servirá para cierta automatización de la máquina, por ejemplo, enseñar un proceso de derribo al ordenador que, luego, deberá repetirlo de forma idéntica.

Actualmente existen dos instalaciones del tipo mencionado empleadas en rozadoras, estando la última acoplada a un sistema de telemando radio con visión directa TELSAFE-DV (fig. 2).

Otra aplicación que acaba de aparecer se refiere a la transmisión permanente de informaciones enviadas por un minero a la superficie.

#### *Aspectos de la seguridad y garantía de funcionamiento de los telemandos*

Basándonos en la experiencia adquirida a lo largo de los años, gracias a muy diversas realizaciones y al seguimiento de su funcionamiento en explotación, hemos podido definir un plan general de los telemandos de máquinas. Dicho plan contiene las reglas referidas a la seguridad y garantía de funcionamiento, la fiabilidad y la facilidad de empleo del material.

#### *Conducción manual o por telemando*

La máquina debe siempre poder manejarse por uno u otro de ambos modos de funcionamiento: manual o telemandado. La selección se realiza por medio de un órgano de conmutación instalado sobre la máquina y de fácil acceso.

En el modo manual, el telemando debe mantenerse siempre inoperante.

*El empleo de un autómata programable provoca la aparición de nuevos riesgos y de riesgos suplementarios que es necesario analizar.*

#### *Alimentación eléctrica de las emisoras*

Las emisoras portátiles deben estar alimentadas por acumuladores con capacidad de proveer una autonomía de funcionamiento de 8 horas como mínimo (duración de un turno de trabajo).

Es absolutamente necesaria la imposibilidad de emitir órdenes cuando la tensión de alimentación desciende por debajo de un valor para el que ya no queda garantizado el funcionamiento correcto de la emisora.

#### *Características del material de a bordo*

El receptor de a bordo de una máquina móvil debe estar concebido en

función del esfuerzo que deberá soportar, como elevación de la temperatura, vibraciones o variaciones en la tensión de alimentación.

Este último punto es de capital importancia. Las variaciones pueden ser bruscas (arranque del motor), y la experiencia ha demostrado que el funcionamiento de la unidad receptora debe estar asegurado entre  $-50$  y  $+30$  por 100 de la tensión nominal de alimentación.

El sistema debe asimismo estar concebido con vistas a facilitar las intervenciones necesarias en caso de avería, contando con pilotos luminosos de funcionamiento y bloques funcionales intercambiables con herramientas normalizadas (fijación e interconexión).

#### *Conducción por telemando*

En este tipo de conducción, el receptor radioeléctrico debe recibir permanentemente una señal procedente de la emisora:

- Señal de «vigilancia» cuando no se ha enviado ninguna orden, o
- señal portadora de órdenes.

Deben existir diferentes tipos de órdenes de parada de la máquina:

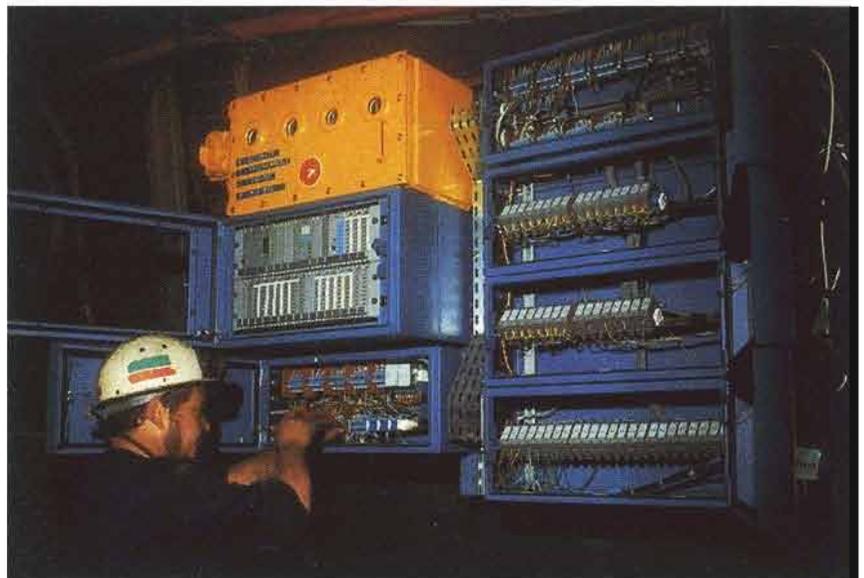
- Parada normal a disposición del conductor.
- Parada de urgencia, orden prioritaria enviada por la emisora e inmediatamente remitida por el receptor con la temporización mínima compatible con un funcionamiento seguro.
- Parada por defecto, cuando durante un tiempo preestablecido, el receptor no ha recibido ninguna señal, indicación de vigilancia u orden.

(La parada de urgencia y la parada por defecto generalmente tienen por fin la parada total de la máquina.)

- Puesta fuera de tensión para máquinas con alimentación eléctrica.
- Parada del motor en máquinas con motor diesel.

#### *Protección contra las perturbaciones electromagnéticas*

El funcionamiento del telemando no debe verse alterado por perturbaciones electromagnéticas; la seguridad del funcionamiento exige que no sea posible dar ninguna orden intempestiva, aun en caso de perturbaciones intensas; si fuese necesario, el receptor no emitirá entonces ninguna orden o provocará la parada por defecto si tal situación se prolonga.



*Autómata programable de seguridad intrínseca para equipos mineros (APEN)*

*Hasta estos últimos años, la automatización en las minas se ha realizado esencialmente por medio de relés que permiten llevar a cabo funciones lógicas simples.*

#### *Seguridad en atmósferas explosivas*

En caso de que sea empleado en atmósferas explosivas, por ejemplo, minas que contienen grisú, dicho sistema debe hallarse en condiciones de evitar los riesgos de inflamación, por lo general, seguridad intrínseca para la emisora y caja antideflagrante para el receptor.

## **LOS AUTOMATAS**

### **Papel de los autómatas**

Hasta hace pocos años, la automatización en las minas se ha realizado esencialmente por medio de cajas de relés que permiten llevar a cabo funciones lógicas simples. Pero esta técnica, que ha llegado a un nivel de fiabilidad muy bueno y que el personal de electricistas domina con facilidad,

presenta inconvenientes que limitan su empleo: exceso de volumen, peso, coste, sistema de cables que carece de flexibilidad, capacidad limitada de tratamiento lógico, etc., por ello vemos que rápidamente va aumentando la utilización de autómatas programables.

Pero ¿qué es un autómata programable? En pocas palabras, puede decirse que se trata de un microordenador adaptado a las aplicaciones de automatización. En este sentido, presenta ciertas características específicas:

- Diseño previsto para su empleo dentro de un entorno industrial.
- Existencia de entradas y salidas que permiten conectarlo a las instalaciones que es necesario automatizar.
- Programación adecuada a un lenguaje adaptado a los problemas que es necesario resolver y a la formación del personal de electricistas (grafcet, booliano...).
- Su diseño debe prever un empleo en galería: robustez, estanqueidad a la humedad y al polvo, fiabilidad, facilidad y rapidez de reparación de averías, etc.

Para que el autómata pueda ser beneficiosamente utilizado en las galerías subterráneas de las minas, debe además presentar las características especiales siguientes:

- Fuera de la fuente de alimentación, sus circuitos deben ser de seguridad intrínseca; el material pierde, efectivamente, una parte de su interés si es necesario colocarlo en una caja antideflagrante difícil de manipular sea para la puesta a punto del sistema o bien para su mantenimiento.
- Debe poder controlar permanentemente el buen estado de las líneas de enlace con los órganos exteriores; en efecto, se sabe que en el medio minero, tales líneas, que pueden tener una longitud considerable, se hallan especialmente expuestas al deterioro.

### **Autómata programable para maquinaria de minería: APEM**

El estudio de este material fue llevado a cabo por CERCHAR en colaboración con la SAIT, sobre un pliego de condiciones preparado por un grupo de trabajo constituido por representantes de las tres cuencas carboníferas, de Charbonnages de France y de CERCHAR. El objetivo de dicho estudio era definir un autómata que fuese adaptable a la mayor parte

*Las distancias que deben ser cubiertas exigen que las redes tengan largo alcance sin repetidores (10 km) ya que éstos suponen gastos de instalación y mantenimiento y degradan la fiabilidad del sistema.*

de las aplicaciones mineras: bombas, transportadores, estaciones de refrigeración, grandes ventiladores, señalizaciones, etc.

Por otra parte, se firmó un acuerdo con la sociedad Merlin Gerin que autoriza la utilización de los lenguajes y materiales de programación (consola CDE 1000 en especial) desarrollados por dicha sociedad. De esta manera, la APEM será compatible con los autómatas clásicos utilizados en superficie y no exigirá que el personal encargado de su introducción posea una formación específica.

Sus características principales son:

- Circuitos de seguridad intrínseca con alimentación colocada en caja AD.
- Sistema modular para tarjetas con ocho entradas con control de línea.
- Entradas analógicas 0-10 V o 4-20mA.

- Capacidad: 128 entradas y salidas en configuración.
- Visualización típica de presentación óptica del código del primer defecto.
- Carta de ajuste *in situ* de ciertos parámetros: umbrales, temporización...
- Tarjeta de enlace con otros autómatas.

### *Los problemas de seguridad de los autómatas programables*

El empleo de un autómata programable agrega al conjunto del proceso un sistema nuevo, suplementario, que entraña su propio riesgo de fallos, modifica las interacciones y el comportamiento del conjunto y, por lo tanto, provoca la aparición de nuevos riesgos y situaciones de riesgos suplementarios que es necesario analizar a fin de poder evaluar su importancia y determinar los medios de dominarlos.

Los riesgos pueden clasificarse en las dos categorías siguientes:

1. Fallo de componentes y susceptibilidad a las perturbaciones electromagnéticas, que pueden modificar los mensajes en proceso de adquisición o de tratamiento. La evaluación y la prevención de tales riesgos corresponde en primer término al constructor. Ciertos métodos de evaluación han sido ya desarrollados.

2. Errores en los lógicos (*software*), ya sea el lógico inicial, o bien los introducidos a la hora de modificar los programas. No existe una solución universal absoluta para la verificación de los lógicos. En efecto, resulta difícil, cuando el lógico es complejo, tener la seguridad de que no vaya a surgir una conjunción inesperada de acontecimientos que obligará a utilizar para el programa secuencias o encadenamientos habitualmente inutilizados.

La verificación de los programas permite reducir dicho riesgo sin llegar a eliminarlos. Por lo tanto, es necesario asegurar una redundancia de las funciones esenciales para la seguridad, tales como paradas de urgencia, para las que las funciones del autómata vendrán protegidas mediante circuitos lógicos cableados.

### **LAS REDES DE TELETRANSMISIONES**

En los sistemas habituales de teletransmisión y televigilancia, la adquisición y transmisión de las informaciones se llevan a cabo mediante técnicas enteramente analógicas. Las informaciones del tipo «todo o nada», o las medidas que provienen de cap-

tadores especializados, se transmiten por un sistema multiplex en frecuencias sobre pares torcionales de tipo telefónico. La conversión «analógica-digital» necesaria para el tratamiento informático se realiza en superficie.

La evolución de las necesidades de transmisión y tratamiento de las informaciones ha llevado a dichos sistemas a sus límites técnicos y económicos: los costes de cableado de las redes se hacen prohibitivos debido a la capacidad limitada de los sistemas de transmisión y las distancias que es necesario cubrir inducen un factor escalar considerable en el coste de los cables y el mantenimiento de las redes.

Dichos sistemas hacen que toda evolución sea técnicamente difícil y carente de realismo del punto de vista económico.

Las vías de desarrollo de los nuevos sistemas pueden deducirse con naturalidad: desarrollo de los automatismos locales numéricos (autómatas programables o programados), utilización de redes numéricas modernas que transmiten informaciones de alto nivel que pueden ser tratadas directamente por miniordenadores, descentralización de las unidades de tratamiento en superficie para poder seguir muy de cerca la evolución de los sistemas de galería.

*La recepción y la transmisión de las informaciones se llevan a cabo mediante técnicas analógicas. La conversión «analógica-digital» necesaria para el tratamiento informático se realiza en superficie.*

### **Condicionamientos propios de la explotación minera. Consecuencias**

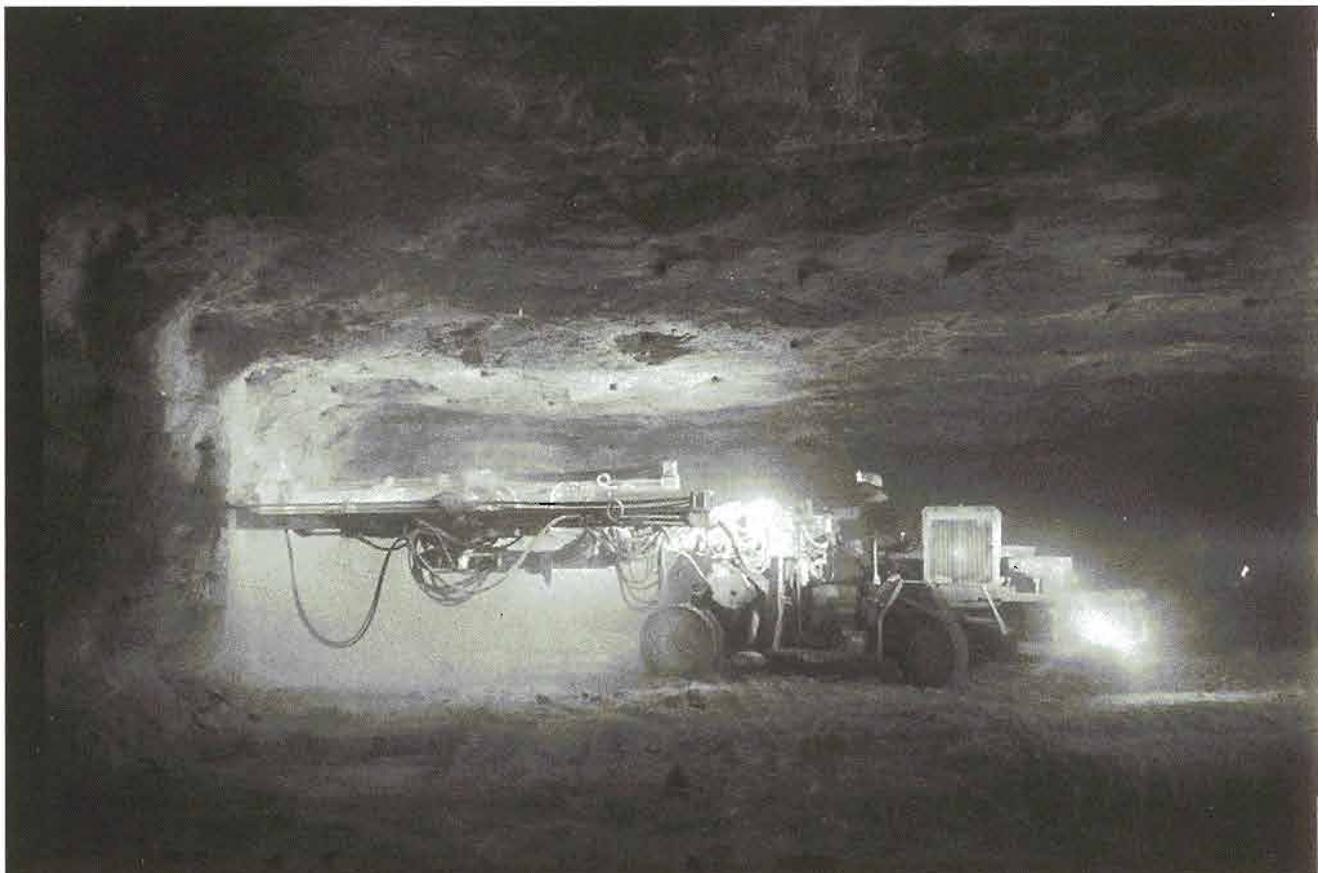
La presencia de atmósferas explosivas impone un funcionamiento de alta seguridad intrínseca.

Las distancias que deben ser cubiertas exigen que las redes tengan largo alcance sin repetidores (10 km) ya que éstos suponen gastos de instalación y mantenimiento y degradan la fiabilidad del sistema.

### **La red LAC-CERISE**

La red LAC-CERISE (CERCHAR Intrinsic Safety Extension — Extensión de Seguridad Intrínseca CERCHAR), es una adaptación de la red industrial heterogénea LAC (Local Area Communication — Comunicación de Zona Local) de COMPLEX, que cumple las siguientes funciones:

- *Interconector con seguridad intrínseca* y sobre una distancia larga equipos de seguridad intrínseca (o que no son de seguridad intrínseca por medio de un interfaz apropiado) heterogéneos, y esto sin la intervención de un supervisor de comunicación (no hay estación maestra). Esto permite la descen-



tralización total del intercambio de informaciones.

- **Librar al máximo a estos equipos de tareas** referentes a la comunicación, por medio de un protocolo modular y elaborado que permite:

- confianza en los datos;
- autodiagnóstico de la red;
- difusión selectiva de los mensajes;
- adición de funciones personalizadas.

Los sistemas operativos en la mina deben ser robustos en un amplio sentido: resistencia mecánica, insensibilidad a las condiciones climáticas severas, inmunidad a los parásitos electromagnéticos radiados y conducidos.

Deben ser modulares para poder enfrentarse rápidamente y al menor coste con la evolución de la topología de una explotación minera y a la diversidad de sus configuraciones.

Este último punto es especialmente importante e introduce el concepto de sistema «abierto»: se entiende por sistema «abierto» (o heterogéneo), un sistema numérico de control —mando concebido de entrada para interconectar equipos de diferentes tipos (autómatas, consolas, ordenadores...) y de distinta procedencia.

El interés que tiene un sistema abierto para los usuarios es tanto estratégico como económico:

- Estratégico, pues concede al usuario dominio sobre sus inversiones (sin monopolio constructor) y una máxima flexibilidad de configuración y evolución.
- Económico, por la conexión banalizada de los equipos y por la utilización a bajo coste de los equipos o sistemas ya existentes.

El soporte físico está constituido por el cable CERLAC que permite un alcance de 12 km sin repetidores. Cuesta muy poco y está en condiciones de conectar hasta 32 comunicadores. Un comunicador es una unidad inteligente que dialoga con los demás comunicadores a la velocidad de 50 kilobaudios, entrando en la red mediante un protocolo parecido al de Ethernet (detección y resolución de colisiones).

### Ganancia de seguridad

La fiabilidad de realización de los sistemas mencionados permite llevar a cabo con gran sencillez señalizaciones o bien funciones específicas tales como avisadores de arranque prematuro de las máquinas, paradas de urgencia de doble circuito, etc.



Vista del telemando TELSAFE D.V para rozadoras.

*El objeto de la visión artificial por ordenador es percibir una escena e interpretarla como lo haría una persona.*

Permite igualmente la presentación visual inmediata del primer defecto que originó una parada y su localización. Por lo tanto, puede permitir que se alerte inmediatamente y con precisión a los patrulleros, mediante la utilización de una red telefónica o bien de lámparas de destellos, mejorando de esta manera las intervenciones técnicas, cuya mayor rapidez y puesta en práctica significan un esencial avance en materia de seguridad.

### LA VISION ARTIFICIAL

#### Visión por ordenador

Esta disciplina, que es una conjunción de la inteligencia artificial y el tratamiento de la señal, se ha desarrollado particularmente durante los últimos diez años. Su objetivo es percibir una escena e interpretarla como lo haría una persona. Estas interpretaciones pueden ser la vigilancia de objetos móviles, la identificación de formas o bien el establecimiento de modelos de entorno.

Por lo general, en esta problemática se establecen dos niveles:

La visión llamada de bajo nivel, que consiste en lograr una o más imágenes mediante captadores apropiados, para luego someterlas a distintos tratamientos y de ellas extraer elementos sobre los que se fundará la interpretación.

La visión llamada de alto nivel, que consiste en utilizar la información que proviene de las operaciones a bajo nivel para aplicarla en tratamientos más evolucionados tales como reconocer

*Un ordenador acoplado al sistema de superficie permite el rápido diagnóstico de las averías y aun una vigilancia preventiva del estado de la máquina.*



más simple, aplicable a muy corto término, hasta el más complicado, que haría necesaria una investigación profunda:

- La simple detección de lugares de luminiscencia anormal: en las zonas normalmente oscuras, a tales lugares corresponderían lámparas de minero o faros de vehículos. Dicha detección puede realizarse sobre imágenes binarias por simple recuento de pixels blancos, por ejemplo. ¡Unos sistemas muy simples, totalmente materiales, resolverían el caso!
- La detección del movimiento en una secuencia de imágenes, observado gracias al disparo de una señal de alarma o por el seguimiento del objeto móvil en la imagen, a fin de identificarlo y localizarlo.
- En zonas iluminadas, detección de una presencia humana mediante la extracción en una imagen, de las primitivas, e identificación de formas humanas.

Cualquiera que sea el método, siempre es conveniente reconocer las formas extraídas, por lo menos con el objeto de evitar falsas detecciones. Esta operación podría realizarse partiendo de «esqueletos» asociados a tales formas. Es necesario hacer notar que dicho problema queda notablemente simplificado cuando se trata de bandas reflectantes.

#### Porvenir de los métodos

Los mencionados métodos, aun cuando son delicados a la hora de ponerlos en práctica, también son prometedores, especialmente para la detección de una presencia humana, en cuyo caso las técnicas están en condiciones de ser rápidamente puestas en servicio.

#### CONCLUSIONES

Ciertas técnicas de punta, que hace pocos años parecían incompatibles con las duras condiciones de una mina, actualmente son aplicables y aportan una importante contribución al incremento de la seguridad. Sin embargo, es necesario no olvidar que su introducción debe ser realizada progresivamente e ir acompañada de la conveniente formación del personal que esté a cargo de su utilización y mantenimiento, pues de no ser así, los efectos nocivos no tardarían en ser constatados y darían origen a resultados contrarios a los perseguidos. ■

e inspeccionar, en un escenario, objetos bidimensionales o tridimensionales; evaluar la profundidad partiendo de dos imágenes planas, esto es, la visión estereoscópica o estereovisión; analizar una secuencia de imágenes y deducir los parámetros de movimiento del objeto observado, esto es, la visión dinámica; localizar un objeto 2D o 3D en relación a un punto de referencia absoluto, con el objeto de que sea manipulado por un robot, por ejemplo, construir un modelo de entorno, con el objeto de poderse desplazar allí, etc.

*Se ha desarrollado un telemando radio con visión directa, que permite al operador retroceder dentro de la obra al no estar ya sujeto a la máquina.*

#### La seguridad y la visión artificial

Una de las aplicaciones más realistas de la visión por ordenador en el campo de la minería es, en nuestra opinión, la detección de hombres o de maquinaria con un objetivo de seguridad. Se trata de dirigir la circulación en zonas peligrosas: prohibir el acceso a antiguos campos de trabajo, tener la seguridad de que no hay personas antes de un tiro o del arranque de un transportador, prohibir el acceso de peatones a las galerías descendentes, etc.

#### Detección y reconocimiento

A continuación vamos a exponer tres métodos de detección, desde el