

El ordenador en una explotación a cielo abierto de pizarra de techar

The computer in a roofing slate quarry

TABOADA CASTRO, J.; GARCIA GARCIA, M.; GONZALEZ NICIEZA, C.; ORDIERES MERE, J.

Sencillas configuraciones informáticas en base a ordenadores personales con programas comerciales de modelización y diseño asistido por ordenador, facilitan el reiterativo trabajo de planificación minera de una explotación de pizarra a cielo abierto.

Su utilización es aplicable a tres fases del proyecto minero: Modelización del yacimiento (investigación), proyecto de explotación (viabilidad) y labores mineras (ejecución).

Palabras clave: Ordenador personal, explotación minera, pizarras, Galicia.

Simple integrated systems based on personal computers and commercial programmes about modelling and CAD, make easy the reiterative work on exploitation planning in roofing slate quarries.

We can use this systems in the three phases of the mining project: bed modelling (Research), exploitation (Viability) and mining (Performance).

Key words: Personal computer, mining exploitation, slates, Galice.

TABOADA CASTRO, J. (CUPIRE PADESA, C./Antolín López Peláez, 10-2.ºA, 24400 Ponferrada (León).
GARCIA GARCIA, M. (Dep. de Ingeniería Minera. Universidad de León. Campus de Vegazana, sn. León).
GONZALEZ NICIEZA, C., ORDIERES MERE, J. (Dep. de Prospección y Explotación de Minas. Universidad de Oviedo, C./Independencia, 13, 33004 Oviedo).

INTRODUCCION

La minería de pizarra para cubiertas en España se encuentra principalmente concentrada en la región de Valdeorras, en el límite provincial de Orense y León.

El yacimiento objeto de explotación es

atacado desde un gran número de pequeñas canteras, que conforme avanzan las labores han ido creciendo y dotándose de medios de producción cada vez más modernos.

Este fenómeno, unido a la falta de tradición minera previa, hace que muchas de las explotaciones vean mermado su rendimien-

to económico por tener que acometer importantes desmontes sin criterios de diseño racionales, que aseguren la máxima rentabilidad de los mismos.

La situación actual de coexistencia de explotaciones pequeñas y medianas, aconseja la adopción de métodos de control y planificación de la explotación asistidos por ordenador, de sencilla aplicación.

La información tiene cuatro campos de aplicación más general en la minería:

- Gestión y Administración.
- Control en tiempo real de procesos.
- Prospección, modelización de yacimientos y evaluación de reservas.
- Planificación: diseño y seguimiento de las labores mineras, y control topográfico de la explotación.

Aunque los ordenadores son habituales en la actualidad en el área administrativa, aún no se han acoplado convenientemente a sectores como el de investigación, producción y operaciones de mina.

De las diversas alternativas presentes en el mercado se opta por el desarrollo de un sistema basado en microordenadores compatibles y programas comerciales, como el más versátil y adecuado a las especiales características del sector minero de rocas ornamentales en España.

En este trabajo se exponen las aplicaciones de los ordenadores a la planificación minera, en una explotación-tipo de pizarra de techar.

CONDICIONANTES DE LA PLANIFICACION

De las tres fases del proyecto minero: investigación, viabilidad y laboreo, se obtienen tres modelos, el geológico del yacimiento, el proyecto de explotación, y la planificación de las labores.

Las innumerables interacciones de los tres modelos explican la diversidad de métodos de planificación minera posibles.

En nuestro caso, la pizarra, como el resto de rocas metamórficas, debe su naturaleza a los tres procesos geológicos que han intervenido en su formación: sedimentación, deformación y metamorfismo. Ellos se reflejan en una serie de factores estratigráficos, estructurales y metamórficos que son, en definitiva, los que controlan la calidad de la pizarra y la posible explotabilidad de un yacimiento.

Las características de la pizarra pueden dividirse en dos grupos:

—Macrocópicas, como la fisilidad, contenido en minerales metálicos (sulfuros), rugosidad, y curvatura de la superficie de esquistosidad, inclusiones (cantos, nódulos, fósiles), laminaciones arenosas, estratificación lenticular, etc...

—Microscópicas, como la microfacies, composición, tamaño de grano, grado de orientación de los minerales, grado metamórfico, homogeneidad textural, etc.

Las características del yacimiento dependen, fundamentalmente, de la estructura geológica (disposición geométrica de las capas y otros elementos como la esquistosidad, etc.) y sobre todo del estado de fracturación del macizo rocoso (diaclasas, Kink-Bands y otras discontinuidades). Pueden mencionarse las siguientes características: potencia de las capas, estructura, presencia de esquistosidades secundarias (diferentes de la principal), diques de cuarzo, metamorfismo de contacto, etc...

Todas estas características están estrechamente interrelacionadas, y condicionan la rentabilidad de un nivel pizarroso.

Así pues, los yacimientos de pizarra, requieren para su modelización de herramientas más sofisticadas que un yacimiento sedimentario continuo.

Por otra parte, el sistema de transferencia no es apenas susceptible de aplicarse a una mina de pizarra, debido a que los múltiples pliegues que afectan usualmente al nivel explotable, obligan a la profundización de la corta con evacuación del estéril a

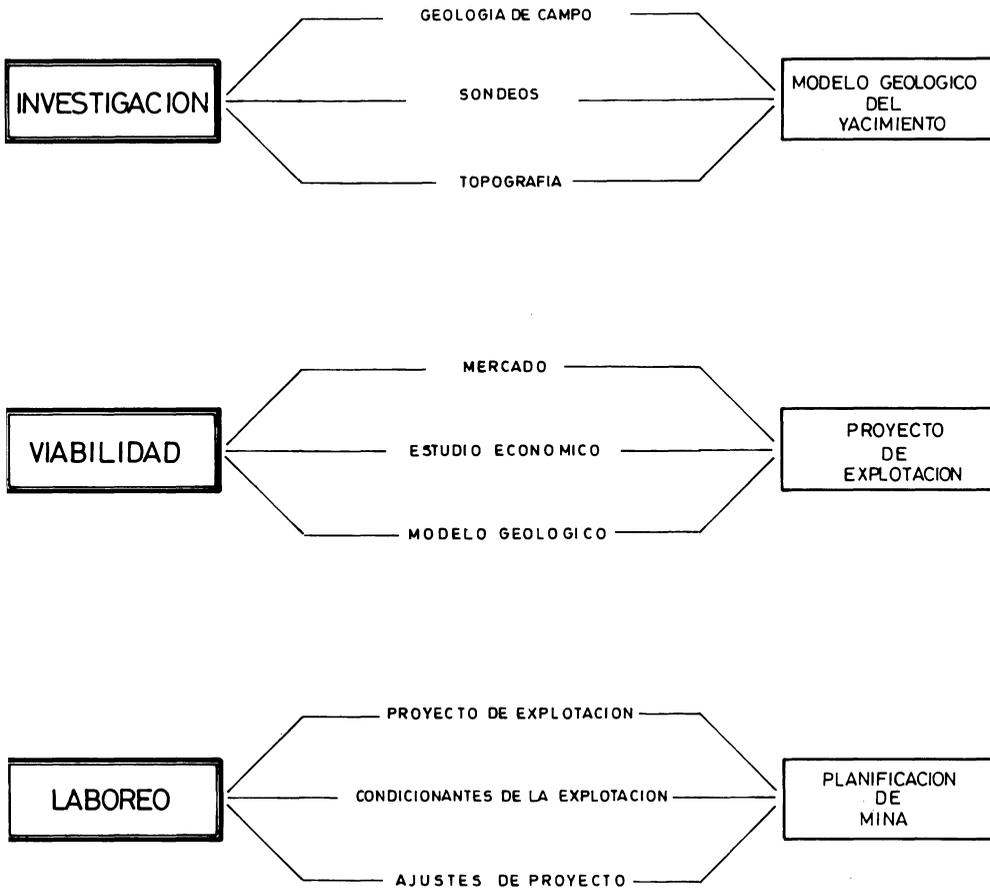


Fig. 1. Fases del proyecto minero.

un vertedero exterior. Aunque no haya tanto movimiento de bancos y vertederos como en una mina de transferencia, el diseño coordinado de los movimientos de escombros es muy importante, debido a los rendimientos tan bajos (en muchos casos inferiores al 1 %) de aprovechamiento en este tipo de minería.

Hay que significar, sin embargo, que las producciones medias o bajas de las explota-

ciones actuales no exigen una planificación actualizada día a día, sino que las actualizaciones se pueden dilatar más.

De todo lo anteriormente dicho puede deducirse que no existe un método único de planificación y que cada mina tiene el suyo propio fijado en función del yacimiento que aprovecha, del método de explotación que emplea, y de las producciones que le son exigidas.

Analizaremos la metodología general de planificación de una explotación-tipo de tamaño medio.

MODELIZACION DEL YACIMIENTO

Persigue los fines siguientes:

—Obtener cartografía en la que se exprese la situación estructural de la capa de pizarra explotable y hastiales, sus afloramientos y las discontinuidades que le afectan y limitan su aprovechamiento.

—Zonificar el yacimiento en cuarteles, basándose en criterios de homogeneidad litológica y regularidad geométrica del nivel productivo.

—Hacer cubriciones de pizarra y esteril.

Para realizar esta tarea se cuenta con la investigación geológica de campo traducida a la cartografía adecuada, y con los datos de sondeos de testigo continuo.

En planos topográficos previamente confeccionados se plasman los sondeos y su información, así como la obtenida en la investigación de campo. Se trazan una serie de perfiles en la dirección de la capa y perpendicular, para comprender mejor la estructura, y a partir de estos perfiles se puede construir un bloque-diagrama.

La cartografía así confeccionada es la base del proyecto de explotación y posterior planificación de labores.

PLAN QUINQUENAL DE LABORES

La planificación de labores para períodos de cinco años, se hace en base al movimiento de la explotación cada tres meses, con la evolución de desmontes de esteril, bancos de pizarra y escombreras, y las cubriciones correspondientes.

Para la simulación gráfica, el hueco de explotación se simplifica al que definen los taludes generales.

Este procedimiento nos permite conocer

los «ratios» geológicos de cada zona de la explotación que estemos estudiando (con unas reservas mínimas de 500.000 t. brutas), y además los «ratios» de trabajo que nos interesen, haciendo previsión de producción y movimiento de escombros, evolución de plantillas y capacidad de las naves de elaboración, etc.

PLAN ANUAL DE LABORES

Por un procedimiento de simulación gráfica, similar al explicado, se hacen planos mensuales, en los que se incluyen los nuevos datos proporcionados por el avance de los frentes, y a partir de ellos se hacen los planes anuales de labores, según las previsiones técnicas y del mercado.

A partir de los planos mensuales se puede hacer una planificación mes a mes, con seguimiento semanal sistemático, que permite incidir en los problemas diarios que aparecen en la explotación, e incluirlos en la planificación a más largo plazo.

APLICACION DE LOS ORDENADORES PERSONALES

Las primeras aplicaciones informática en la minería, fueron los macroordenadores con destino a la gestión y administración.

Más adelante se empezaron a emplear como herramientas en control de trabajos topografía, modelización, proyectos técnicos y planificación.

La reducción del tamaño y precio de estos elementos contribuyó a su rápida difusión.

Este proceso general coincide en parte con el seguido en el sector «pizarra», donde a finales de la década de los setenta se introdujeron ordenadores de gestión para el control de costes y personal, y será en la presente década cuando se empezará a desarrollar sistemas de apoyo para topografía y planificación operativa basados en el uso de mi

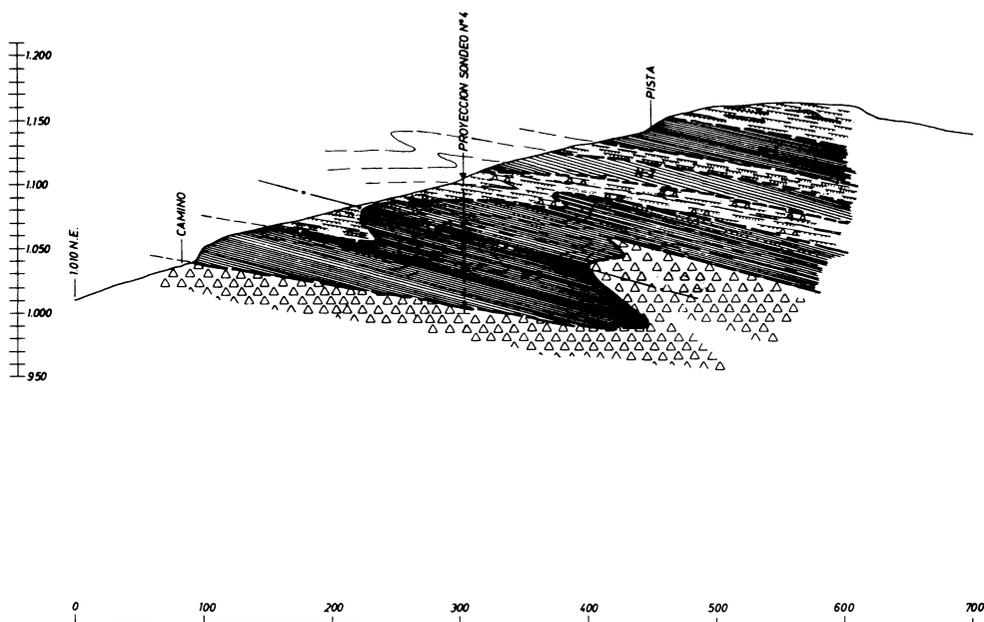


Fig. 2. Perfil transversal.

croordenadores. Los motivos que originan esta iniciativa son los inconvenientes que para una explotación de pequeño-medio volumen representa la realización manual de los procesos descritos anteriormente, que son lentos y emplean mucha mano de obra.

Si la planificación manual es lenta, la modelización matemática completa del proceso, que con un sistema completamente autómatas analice cada problema y proponga una decisión final, es inviable. Una minería como la de la pizarra, donde los datos sobre la explotación realizada en los últimos veinticinco años radican exclusivamente en la memoria de los que han intervenido activamente en esa explotación, y donde los factores geológicos y de mercado son tan cambiantes, requiere de la experiencia concreta de cada planificador para la solución en los múltiples problemas que se plantean en cada momento.

La solución ideal es el empleo de un sistema informatizado de apoyo que facilite y

agilice el trabajo de tanteo, para que el planificador tome las decisiones finales.

Para la elección de los programas concretos a utilizar, tenemos dos grandes soluciones diferentes.

Por una parte está el empleo de programas comerciales realizados por grandes Operadoras mineras, y Empresas de ingeniería del sector.

Aunque la variedad de programas de modelización y diseño asistido por ordenador es muy grande, a la hora de la planificación, nos encontramos con muchas más limitaciones, especialmente en un sector minero marginal como es el de las rocas ornamentales. También surgen problemas de adaptación de los programas a cada explotación, si bien, tienen en general una fiabilidad grande.

Una de sus grandes ventajas es que no requieren personal especializado, ya que en general no hay informáticos en las plantillas del sector, lo que encarece los desarrollos de

programas propios, como alternativa al uso de los comerciales.

Como solución está el empleo de un núcleo central de programas comerciales, con diversas aplicaciones y enlaces de programas no comerciales, hechos a la medida de cada explotación por personal especializado contratado sólo a tal efecto.

DESCRIPCION DEL SISTEMA PROPUESTO

Las entradas del sistema son los datos numéricos y gráficos que provienen de la investigación geológica de campo, de las campañas de sondeos y de la topografía de partida y actualizada, así como los introducidos a medida que la explotación avanza. Las entradas se hacen vía pantalla, o vía digitalizador. Los datos de entrada se almacenan en una Base de datos.

Los programas comerciales son:

—Una base de datos, de fácil manejo, con todas sus salidas en forma de ficheros, que facilita su comunicación con otros programas.

—Un programa de modelización de superficies, a partir de puntos discretos, con posibilidad de tratar discontinuidades y de operar con superficies ó calcular volúmenes. Sus salidas gráficas pueden realizarse a través del programa de dibujo que veremos a continuación.

Con la información introducida, el programa hace un primer modelo de yacimiento, que incluye la topografía de superficie y la estructura del nivel de pizarra. A partir del primer modelo se introducen las discontinuidades y se empieza a trabajar con superficies y volúmenes en la planificación de labores por reiteraciones sucesivas hasta obtener el modelo final.

—Un programa de diseño asistido por ordenador, que puede realizar cálculos de longitudes, áreas o volúmenes sobre dibujos realizados previamente. Su comunicación

con los otros programas se hace por medio de ficheros.

Al modelo del yacimiento obtenido con anterioridad se le aplican las herramientas de cálculo de este programa, para obtener los proyectos mineros. Su efectividad se puede incrementar con la ayuda de programas auxiliares de desarrollo propio.

Entre estos programas cabe citar:

- Simulación de transporte.
- Mantenimiento de maquinaria.
- Seguridad minera.

Para el enlace entre los distintos núcleos del sistema hay programas de enlace y menús de usuario.

Las salidas del sistema son:

—La actualización del modelo, que se hace a medida que la información disponible crece.

—El control topográfico, o actualización de los planos de la explotación.

—Los proyectos de planificación, a corto y medio plazo, con el diseño detallado del hueco de explotación, tanto para los bancos de desmonte como de arranque, y las escombreras, con sus correspondientes cálculos de volúmenes, tonelajes y ciclos de trabajo.

Si el proyecto es a muy largo plazo, evalúa recursos y ratios, considerando el hueco de explotación como el definido por los taldes generales de cantera.

CONFIGURACION DEL SISTEMA

El equipo mínimo necesario para el sistema propuesto es el siguiente:

—Un microordenador compatible 486, con sistema operativo MS-DOS, 8 Mb de memoria, disco duro de 200 Mb, tarjeta gráfica VGA y unidades de entrada de discos flexibles, y salidas para trazador y digitalizador.

—Una impresora, un digitalizador y un trazador.

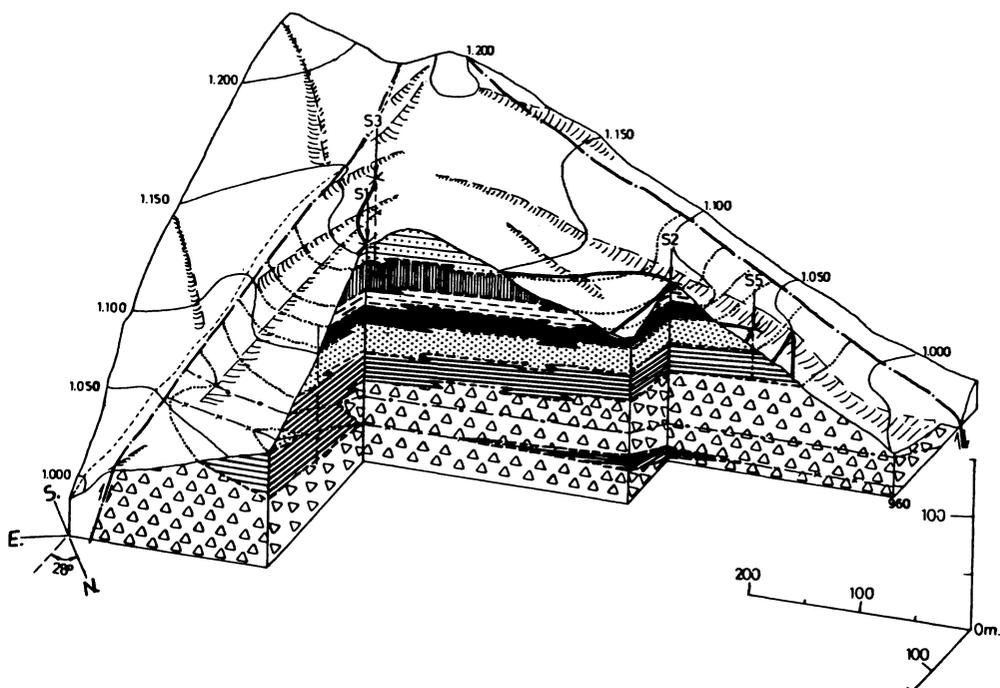


Fig. 3. Bloque diagrama.

—Una estación total topográfica dotada de libreta electrónica.

APLICACION PRACTICA

La metodología de trabajo descrita se está implantando de forma escalonada, en una explotación de pizarra situada en el municipio de Carballada de Valdeorras (Orense).

El primer problema a la hora de confeccionar periódicamente los planos base de la explotación, contando con una estación total dotada con libreta electrónica, es elegir el tipo de plano de trabajo.

Cabe la posibilidad de utilizar los planos clásicos de curvas de nivel, o bien, planos de plataformas y taludes, más sencillos y claros a la hora de su interpretación en este

tipo de canteras. La solución adoptada es la última, incorporando estos planos a la topografía estática de la zona obtenida mediante restitución fotogramétrica, a través de puntos de apoyo preestablecidos.

Aunque existen numerosos paquetes integrados comerciales capaces de elaborar este tipo de planos, la facilidad de conectar entre varias de las aplicaciones expuestas ha recomendado, a partir de un programa comercial, hacer desarrollos propios ajustados a nuestra explotación.

Las superficies que tratamos de definir en la cantera son: los taludes de desmonte y de los tajos de arranque, los taludes de escombrera, los de las fracturas y juntas más representativas y los frentes de pizarra.

A partir de estas superficies, se delimitan las bermas subhorizontales de bancos y escombreras, las pistas y los hastiales de la capa de pizarra.

Si dibujamos las superficies principales, las restantes quedarán limitadas, siendo conveniente añadir alguna información aclaratoria sobre las cotas correspondientes a estas superficies auxiliares, sobre todo en las sub-horizontales.

Hemos definido dos tipos diferentes de puntos: los que limitan las superficies características de la mina, y los que indican la cota de las superficies auxiliares, o su evolución.

Los dos tipos de puntos se sitúan en el plano según coordenadas cartesianas acompañados de su cota, pero los primeros se unen limitando superficies, y los segundo van aislados, en las superficies auxiliares.

Para que el ordenador distinga de que tipo de puntos se trata, se les dota de un código de puntos en la lectura de datos a través de la libreta electrónica, distinguiendo los puntos de cabeza, de base, y de nivel. También se le asigna un código de superficie, identificando a la que el punto pertenece.

De esta forma, mediante un programa propio, los puntos de cada tipo aparecen dibujados con símbolos diferentes, y los de cada superficie se almacenan en ficheros independientes, lo que evita errores y facilita correcciones, ampliaciones y ajustes.

La unión de puntos en cada superficie plantea los siguientes problemas: Si se hace con el orden de toma de datos, se complica el trabajo de campo al establecer una gran rigidez en la lectura topográfica; si la unión se hace automática con algoritmos sencillos de mínima distancia entre puntos, se pueden producir errores.

Ante esta situación, se ha optado por definir el orden de unión de puntos en gabinete, a partir de su visualización en pantalla ó salida por plotter, por medio de comandos vía teclado, ó digitalizador.

Resumidamente, el proceso comienza con la toma de datos, que es recogida en la libreta electrónica, y enviada al ordenador a través de un programa de transmisión de datos.

Con los datos se genera, vía impresora,

un listado de coordenadas y códigos de puntos, y a través del plotter un primer plano de puntos aislados.

Las correcciones se pueden realizar por medio de un programa de tratamiento de textos en el ordenador.

A continuación se utiliza el programa de diseño, y se unen los puntos nuevos (por ejemplo, a través del digitalizador), se eliminan los inservibles y se añade toda la información gráfica almacenada previamente (por ejemplo, coordenadas y cotas de sondeos respecto a alguna superficie interesante, capa de pizarra, etc. que procede de su fichero correspondiente).

Este sistema de trabajo es particularmente útil para las labores de actualización de planos conforme avanza la explotación, ya que solamente se utilizan las superficies que han sufrido variación en un intervalo de tiempo dado.

Las zonas ya terminadas, quedan archivadas en los ficheros correspondientes a las superficies que las limitan.

Los programas comerciales utilizados son: uno de transmisión de datos libreta electrónica-ordenador, otro de tratamiento de textos y uno de diseño asistido que permite la programación a través de módulos de utilidades. Como ejemplo citaremos AUTOCAD (versión 12), con sus módulos de utilidades ASE «autocad SOL extensión» y ADS «autocad development system». El primero de ellos interacciona con varias bases de datos (d BASE III, d BASE IV y ORACLE).

El haber escogido preferentemente programas del entorno de AUTOCAD, se debe a que es un soporte barato, ampliamente difundido y muy flexible para la captura de datos provenientes de diversas fuentes, así, agiliza las operaciones de digitalización por tabletas; permite la entrada a través de un restituidor fotogramétrico y puede codificar información georreferenciada.

Entre los desarrollos propios citaremos los menús de usuario, enlaces entre programas comerciales, y programas realizados a

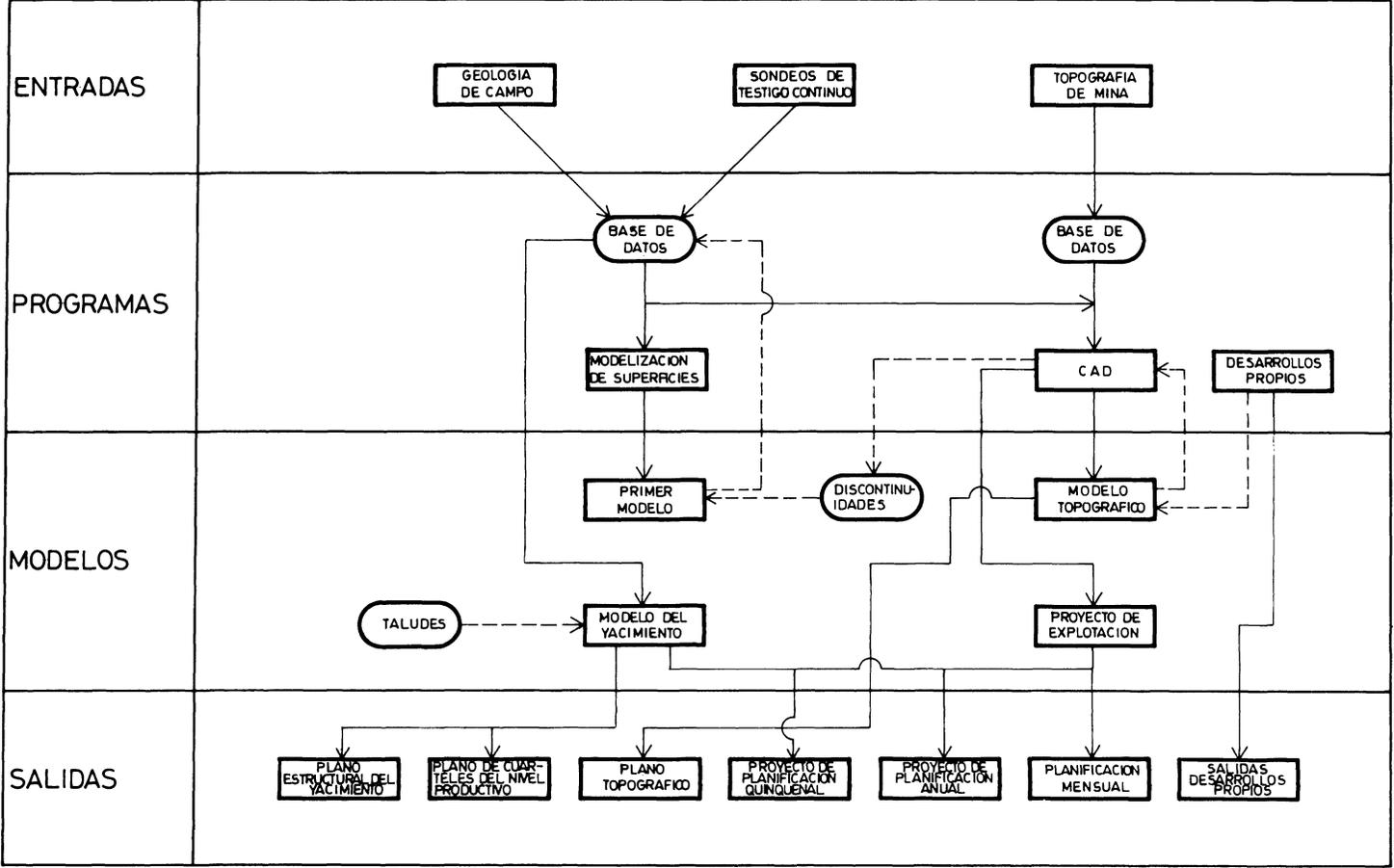


Fig. 4. Sistema integrado.

partir de los comandos del programa de diseño asistido.

Las posibilidades de programación son muy amplias. Con los ficheros de superficies se pueden realizar las siguientes operaciones:

Su creación a partir de los datos de la libreta electrónica con un código determinado. Su lectura a través del programa de transmisión de datos. Su modificación a partir de un programa de tratamiento de textos. Su unificación para trabajar con más de una superficie. Su borrado una vez pasados a ficheros definitivos de dibujo.

Cada fichero de superficie se puede dibujar de forma aislada o con otros en conjunto. Su salida material se hace a través de plotter.

CONCLUSIONES

La implantación progresiva de un sistema integrado como el descrito tiene un coste relativamente bajo (en total, del orden de diez millones de pesetas), y se traduce en un notable aumento de eficacia del trabajo de planificación minera, reduciendo considerablemente los tiempos de trabajo, de topógrafos, delineantes y calculistas en tareas reiterativas y tediosas.

El sistema permite la comprobación y actualización sistemática de los modelos de explotación, permitiendo racionalizar las labores mineras y aumentar los rendimientos de los departamentos de planificación y producción.

Aunque el sistema descrito es muy simple, la mejora de calidades y precios en hardware y software minero, hace que sean posibles múltiples mejoras y desarrollos futuros más complicados.

BIBLIOGRAFIA

- ARTEGA, R.; LOPEZ, C.; CAMARA, A.; FERNANDEZ, L.; MONTES, J. M.; ROMAN, F.; VEGA, R. (1991). Manual de evaluación técnico-económico de proyectos mineros de inversión. *ITGE*. Madrid., pp. 50-54.
- BARROS, F. C.; CASTAÑO, M.; HACAR, M.; LOMBARDERO, M.; OLMO SANZ, A. (1985). Metodología de investigación de los yacimientos de pizarras para cubiertas. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. Vol. 10, pp. 429-444.
- BLANCO, M.; TABOADA, J.; MARTINEZ-ALEGRIA, R. (1989). Incidencia de las características mineralógicas y texturales de las pizarras de techar en sus propiedades de labrado, durabilidad y elasticidad. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. Vol. 14, pp. 247-254.
- ESCRIBANO, J. L.; FERNANDEZ, J. J.; GOMEZ, G.; HACAR, M. P. (1984). Situación actual y evolución de la Minería de las pizarras para cubiertas. Libro de Com. VII Congreso Internacional de Minería y Metalúrgica. Vol. 2, 93-112.
- GOMEZ, D.; LOPEZ, C.; LOPEZ, E.; MANGLANO, S.; TOLEDO, J. M. (1991). Manual de arranque, carga y transporte en Minería a cielo abierto. *ITGE*. Madrid, pp. 533-535.
- LOMBARDERO, M. (1988). Las pizarras ornamentales. *Roc. Máquina*, N.º 3, pp. 14-27.
- MARTINEZ-ALEGRIA, R.; TABOADA, J.; BLANCO, M. (1989). Propuesta metodológica para el control geotécnico de canteras de pizarras de techar. Libro de Com. I Simposio sobre «Rocas Industriales y Ornamentales». V Feria de la minería de Mieres del Camino.
- TABOADA, J.; BLANCO, M.; MARTINEZ-ALEGRIA, R. (1988). Diseño de una corta de pizarra de techar a cielo abierto. Libro de Com. VIII Congreso Internacional de Minería y Metalúrgica. Area Geol. Aplicada (1.ª parte). Vol. 6, 494-514.

Recibido, 22-II-93
Aceptado, 14-VIII-93