

# INTRODUCCIÓN A LA ESPECIALIDAD MINERÍA

Ing. José Otaño Noguel

Este libro,  
 en tus manos de estudiante,  
 es instrumento de trabajo  
 para construir tu educación,  
 Cuidalo,  
 para que sirva también  
 a los compañeros que te sigan.

Edición: Prof. Fidel Aguirre Gamboa  
 Diseño: Ltc. Vivian Lechuga Rodríguez  
 Ilustración: Carlos Costa Rodríguez

© José Otaño Noguel, 1984

© Editorial Pueblo y Educación, 1984

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN  
 Calle 3ra: A No. 4605, entre 46 y 60,  
 Playa, Ciudad de La Habana

SNLC: CU01.04040.5

Impreso por el Combinado Poligráfico de Guantánamo "Juan Marinello"  
 en el mes de Septiembre de 1984 "Año del XXV Aniversario del Triunfo de la Revolución"

Introducción	
<b>Capítulo I Recursos minerales y energéticos</b>	<b>5</b>
Principales tipos de minerales útiles y su extracción	6
Principales regiones mineras de Cuba	9
<b>Capítulo II Breve historia del desarrollo de la técnica y la tecnología mineras y de la minería en Cuba</b>	<b>10</b>
Fases históricas en el desarrollo de la técnica y la tecnología mineras	10
Breve historia de la minería en Cuba	11
<b>Capítulo III Principales métodos de apertura y explotación de los yacimientos minerales</b>	<b>16</b>
Apertura de los yacimientos	20
Explotación a cielo abierto	23
Explotación subterránea	29
Explotación subacuática	35
Explotación geotecnológica	35
<b>Capítulo IV La ciencia minera</b>	<b>36</b>
Regularidades del desarrollo de la ciencia minera	37
Particularidades del período contemporáneo de desarrollo	38
Conceptos y leyes de la ciencia minera	38
Métodos de la ciencia minera	40
Relación ciencia-técnica-producción	41
Tendencias internas del desarrollo de la técnica minera	42
Tendencias del desarrollo de la industria extractiva	42
Política de desarrollo de la industria extractiva cubana	43
<b>Capítulo V Plan de estudio para la preparación de los ingenieros de minas</b>	<b>45</b>
Estructura del plan de estudio	46
Interrelación de las ciencias sociales, naturales y técnicas	47
El pensamiento ingenieril y su desarrollo	47
<b>Capítulo VI Contenido del trabajo del ingeniero de minas</b>	<b>48</b>
La producción como tipo de actividad del ingeniero de minas	48
La investigación como tipo de actividad del ingeniero de minas	49
El trabajo de proyección como tipo de actividad del ingeniero de minas	50
<b>Bibliografía</b>	<b>52</b>

## INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad determinante en el desarrollo de la sociedad humana pues, de acuerdo con los cálculos de los economistas, entre los recursos naturales utilizados para la satisfacción de las necesidades de la sociedad, los minerales componen el ochenta por ciento.

Entre los diversos tipos de actividad que realiza el hombre, las relacionadas con el abastecimiento de la sociedad con recursos minerales tienen un significado de primer orden, sobre todo, en esta época de revolución científico-técnica en que se conquista el cosmos, la profundidad de los océanos y de la Tierra, se utilizan nuevos tipos de energía y se crean las máquinas computadoras.

El laboreo de las entrañas de la Tierra es una actividad económica básica de la sociedad y por eso no es casual que se refleje en la periodización de la historia antigua en edad de piedra, del bronce y del hierro. En la historia de la humanidad las épocas económicas se diferencian no por lo que se produce sino por cómo se produce, con qué medios de trabajo, por lo cual la periodización de las épocas tempranas del desarrollo de la sociedad está basada en el tipo de material con que preferentemente se hacían en uno u otro periodo las herramientas de trabajo. De la importancia de la industria extractiva para la vida de la colectividad se deriva el significado social del ingeniero de minas.

Este libro, destinado a los estudiantes de Ingeniería de Minas, recoge elementos básicos acerca de los recursos minerales y energéticos, la historia y la lógica del desarrollo de la ciencia minera, sus conceptos y leyes básicas; ofrece, además, una breve descripción de los métodos básicos de apertura y laboreo de los yacimientos minerales. Analiza, también la estructura del plan de estudio y el contenido de trabajo del ingeniero de minas, así como la política del Partido y del Estado en cuanto al desarrollo de la minería y la educación superior en Cuba.

El texto está organizado de acuerdo con el programa de la asignatura Introducción a la Especialidad para que pueda ser utilizado como libro básico en el estudio de la misma, de modo que el estudiante obtenga una visión de la importancia y significado social de la actividad del ingeniero de minas, así como de la importancia de cada una de las asignaturas que componen el plan de estudio.

Esperamos que sea sometido a la crítica por los especialistas de esta rama para poseer en los próximos años un valioso aporte de sugerencias que permitan su revisión y ampliación.

## CAPÍTULO I

### Recursos minerales y energéticos

Nuestro planeta a través de millones de años de desarrollo ha creado enormes reservas de recursos minerales y energéticos.

Los recursos minerales ocupan un lugar preferente entre las demás fuentes de producción material. El hombre extrae, elabora y utiliza todo lo que se puede tomar de las entrañas de la Tierra.

La Tierra se compone de tres envolturas: la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera. Esta última, conocida también como corteza terrestre, tiene algunas decenas de kilómetros y es la esfera potencial para la extracción de los minerales útiles (fig. 1).

En la masa de la corteza terrestre hay 47 % de oxígeno, 29,5 % de silicio, 8,05 % de aluminio, 4,65 % de hierro y los demás elementos se encuentran en cantidades muy pequeñas (fig. 2).

Los componentes químicos naturales de los elementos que integran la corteza terrestre se llaman minerales y la asociación de minerales forman las rocas. Del estudio de los minerales se ocupa la mineralogía y, de las rocas, la petrografía, la cual incluye el estudio de los minerales formadores de rocas.

Las rocas se dividen en tres grupos principales: magmáticas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas magmáticas se forman por la cristalización del magma que asciende desde las grandes profundidades y sale a la superfi-

cie por la erupción de los volcanes. La mayor parte de los magmas cristalizan en el interior de la corteza terrestre.

Las rocas sedimentarias se forman en los mares y lagos producto de la desintegración y redistribución de las rocas existentes con anterioridad.

Las rocas metamórficas se forman como resultado de la transformación de las magmáticas y sedimentarias por la acción de las grandes presiones y temperaturas.

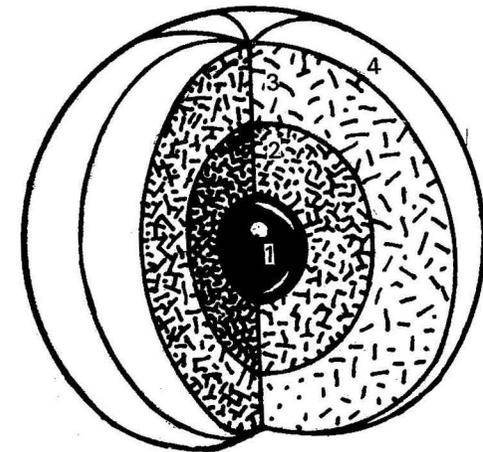


Fig. 1 Estructura de la Tierra: 1, núcleo interno; 2, núcleo externo; 3, manto; 4, corteza terrestre

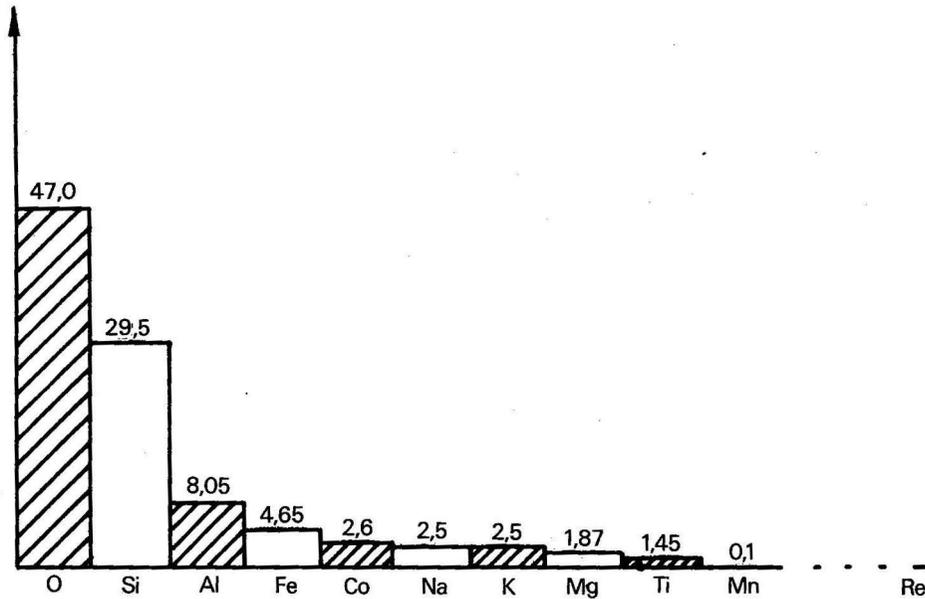


Fig. 2 Composición química de la corteza terrestre.

La corteza terrestre en 95 % se compone de rocas magmáticas, representadas principalmente por los granitos. En 100 t de rocas graníticas se encuentran como promedio 8 t de aluminio, 5 de hierro, 540 kg de titanio, 80 kg de maganeso, 30 kg de cromo, 18 kg de níquel, 9 kg de cobre, 4,5 kg de tungsteno y 1,8 kg de plomo.

Las deposiciones sedimentarias se encuentran en la superficie del planeta y en ellas se halla petróleo, gas, carbón y sales. Por eso se puede decir que la corteza terrestre es la base de materia prima mineral de la humanidad.

Hasta ahora el hombre ha dirigido sus esfuerzos a la explotación de aquellos elementos de la corteza terrestre que en las condiciones naturales se han concentrado en los llamados yacimientos minerales.

En la actual etapa de desarrollo de la sociedad humana la energía requerida se satisface en 90 % a cuenta del calor obtenido por la combustión de los combustibles (petróleo, carbón, gas, turba). Estos combustibles tienen un origen biológico y, transcurrido el tiempo se agotarán, por lo que los científicos dirigen sus esfuerzos a la búsqueda de nuevas fuentes de energía, en primer lugar, al uso de la energía nuclear.

En las condiciones de la revolución científico-técnica el uso de los recursos minerales se caracteriza por las siguientes particularidades:

- 1) Se acelera el ritmo de la demanda de materia prima mineral y aproximadamente cada quince años se duplica el volumen de extracción a nivel mundial.
- 2) La industria requiere de nuevos tipos de recursos minerales y especialmente se amplía la esfera de utilización de los elementos raros.

El incremento de la demanda se debe, por un lado, al crecimiento exponencial de la población que, según cálculos, en el año 2000 se habrá duplicado con respecto a la que existía en la década del 70; y por otro, a que el aumento del bienestar material de la población depende directamente de los requerimientos de energía, lo que condiciona el crecimiento exponencial de la utilización de materias primas minerales y energéticas.

### Principales tipos de minerales útiles y su extracción

Se llama minerales útiles a las sustancias minerales naturales que para un determinado

nivel de la técnica pueden ser utilizados en la economía en su forma natural o después de ser elaborados. Los minerales pueden encontrarse en la corteza terrestre en forma sólida, líquida o gaseosa.

A la concentración de minerales útiles dentro de las rocas encajantes, en la corteza terrestre, se le llama cuerpo menífero o yacimiento mineral. Los yacimientos minerales yacen en la corteza terrestre como cuerpos geológicos de diferentes formas: vetas o filones, lentes, bolsones, capas, etcétera (fig. 3).

Los principales tipos de minerales útiles se pueden agrupar en:

- a) materias primas energéticas, entre las cuales están el petróleo, el gas, el carbón, los esquistos y las menas de uranio;
- b) menas de los metales negros y aleables que sirven de base a la metalurgia pesada, entre las que se encuentran las menas de hierro, manganeso, cromo, níquel, cobalto y molibdeno;

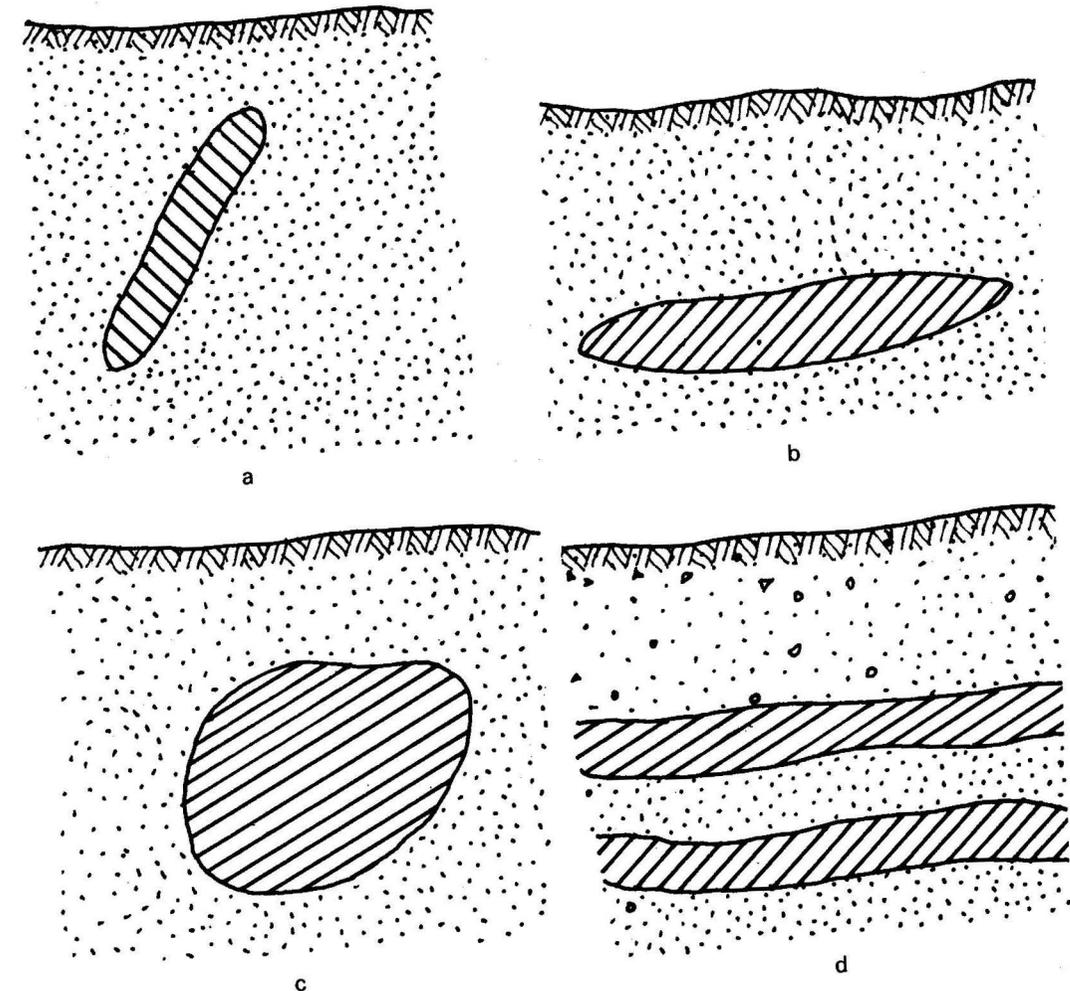


Fig. 3 Formas de los cuerpos minerales: a) vetas o filones; b) lentes; c) bolsones; d) capas

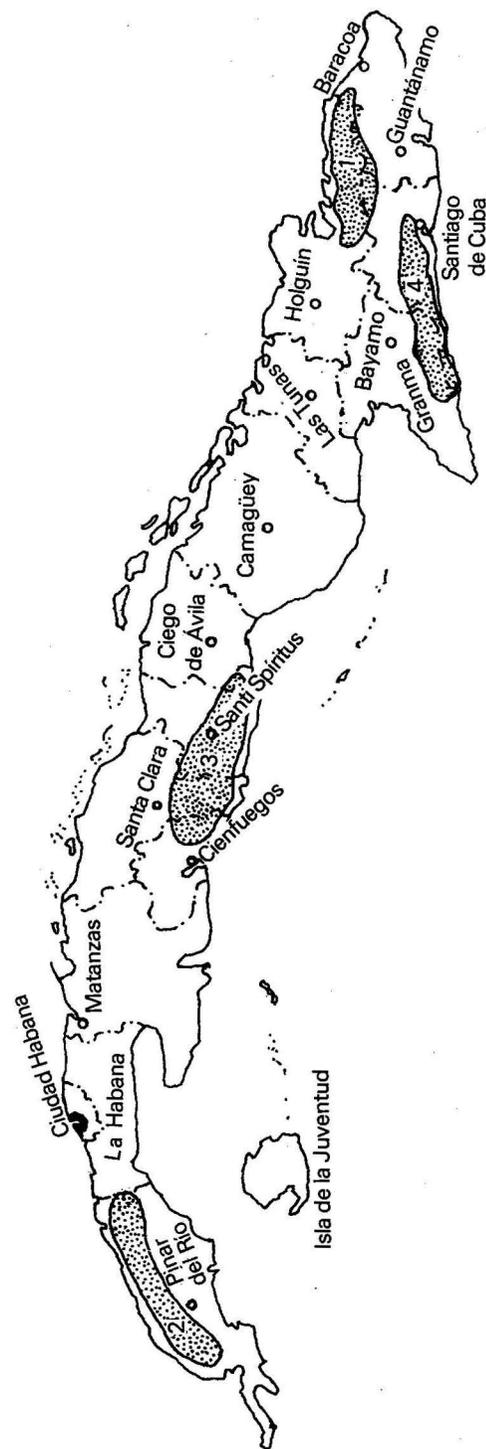


Fig. 4 Principales regiones mineras de Cuba

c) minerales de color, ejemplos de ellos son el cobre, el plomo, el zinc, el aluminio y el estaño;

d) metales nobles, entre otros se cuentan el oro, la plata y los platinoideos;

e) materias primas no metálicas, entre ellas el apatito, las fosforitas, las sales de potasio, el asbesto, el grafito, los diamantes, las micas, el feldespato y los materiales de construcción.

### Principales regiones mineras de Cuba

La región minera más importante del país está ubicada en el noreste de la provincia Holguín; en esta se encuentran nuestras mayores reservas de hierro, níquel y cobalto, y una parte considerable de nuestras reservas de

cromo (fig. 4). La segunda región minera en importancia se ubica en el noroeste de la provincia Pinar del Río, en la que existen las principales reservas de cobre, plomo y zinc.

La tercera región minera en importancia está ubicada en el centro de la Isla, incluyendo la sierra del Escambray y los territorios situados al norte de ella, donde se localizan distintos minerales metálicos y no metálicos.

La cuarta zona minera comprende la Sierra Maestra. En ella se ubican yacimientos de distintos minerales, entre otros, cobre, hierro, manganeso, etcétera.

Además de estas zonas, también se localizan a través de todo el país distintos yacimientos de minerales metálicos y no metálicos. Los yacimientos pétreos de construcción se encuentran a lo largo de la Isla, se destacan los de mármol y calizas marmolizadas en la Isla de la Juventud, Pinar del Río, Cienfuegos y Granma.

## CAPÍTULO II

# Breve historia del desarrollo de la técnica y la tecnología mineras y de la minería en Cuba

La palabra técnica proviene del término griego *techné*, que significa saber, maestría. En la antigüedad esta palabra se asociaba a la maestría de los artistas, pintores y músicos. Con el tiempo el concepto se amplió y empezó a considerarse dentro de la técnica las herramientas de trabajo, los mecanismos y las máquinas. En la literatura contemporánea a veces la definen como sistema de medios de trabajo, pero esta definición es incompleta por cuanto la técnica sin el hombre es algo muerto; lo correcto es definirla como sistema de órganos artificiales de la actividad del hombre.

La técnica está indisolublemente ligada con la tecnología, entendiéndose por esta última al conjunto de procesos productivos relacionados. Un método tecnológico de producción es un método históricamente determinado de unión del hombre con la técnica. Carlos Marx definió la tecnología como la utilización tecnológica de la ciencia.

El desarrollo de la técnica condiciona el perfeccionamiento de la tecnología y a su vez los problemas de esta influyen sobre los parámetros de la técnica. La tarea de la tecnología es crear las condiciones óptimas para el uso de la técnica.

### Fases históricas en el desarrollo de la técnica y la tecnología mineras

La técnica minera en su desarrollo ha atravesado un largo camino de perfeccionamiento

cuyas etapas se relacionan básicamente con la utilización de distintas fuentes energéticas.

La historia de la técnica minera, al igual que la técnica en general, es la historia de la transferencia gradual a las máquinas e instrumentos de las funciones físicas e intelectuales del hombre, por eso el progreso técnico es la evolución del sistema sociedad-producción. La relación entre el hombre y la máquina refleja el nivel de desarrollo de la ciencia, la técnica y las relaciones sociales de producción.

A medida que se desarrollan la producción, la ciencia y la técnica, las funciones físicas del hombre en el sistema hombre-máquina dejan lugar a sus funciones intelectuales y sociales, a las funciones de regulación y dirección.

Veamos, de forma abreviada, las fases de desarrollo de la técnica minera.

1) Fase bioenergética (hombre-instrumento-objeto de trabajo).

La etapa inicial del desarrollo de la técnica está unida con la utilización, en calidad de energía, de la fuerza muscular del hombre y los animales.

La fuerza motora del hombre en la minería se usaba en las instalaciones de ascenso y de bombeo, en el transporte del mineral, etc. En los siglos XVII-XVIII se utilizó el caballo para estos fines.

En el período manufacturero de desarrollo de la industria tuvo una amplia difusión la energía del aire y del agua. La base técnica de la industria manufacturera estaba determina-

da por los recursos hidráulicos y forestales. La energía mecánica del agua se utilizaba para el movimiento de los mecanismos y los bosques para la producción de combustible.

2) Fase de la producción maquinizada (hombre-máquina-instrumento-objeto de trabajo).

El viraje industrial de los siglos XVIII-XIX, provocado por la máquina de vapor, abrió el camino a la producción maquinizada, cuyos requerimientos ampliaron las escalas de la industria extractiva.

La revolución industrial de los siglos XVIII-XIX cambió la leña por carbón y la rueda hidráulica por el motor de vapor como bases energéticas de la industria. Varió los instrumentos del obrero del período manufacturero por máquinas, a la madera por el acero, en calidad de material fundamental de la gran industria.

La revolución industrial produjo cambios en la esfera del transporte, comenzó la construcción de los ferrocarriles y la introducción de la tracción a vapor.

En el siglo XX la energética se vuelve compleja, el motor de vapor se sustituye cada vez más por el eléctrico; el cambio del vapor por la electricidad se ha vuelto una de las principales direcciones del progreso técnico. Ocurren transformaciones en el carácter de las herramientas de trabajo; las máquinas, que inicialmente sustituyeron la fuerza muscular del hombre y los animales y que sólo realizaban trabajo físico, como resultado de los descubrimientos en las esferas de la radiotécnica y la electrotecnia comienzan a tomar para sí funciones de control y en parte de dirección de la producción.

3) Fase de la producción automatizada.

La electrificación es la base de la técnica contemporánea, de la mecanización y la automatización de la producción. Ella permite intensificar la producción, elevar la productividad de las máquinas y los equipos; de esta forma, hacia mediados del siglo XX, como resultado de las anteriores etapas de desarrollo de la técnica se transfirieron del hombre a la máquina las funciones motoras y ejecutoras. En el proceso tecnológico al hombre le quedaron las funciones de dirección.

La esencia de la revolución científico-técnica contemporánea en la esfera de la técnica

consiste en traspasar las funciones de dirección del hombre a las construcciones técnicas. Estas que dirigen a las máquinas personifican la fase de la automatización en el desarrollo de la técnica.

La necesidad productiva de la automatización está condicionada por los requerimientos de la continuidad del proceso tecnológico, caracterizado por grandes parámetros (velocidad, potencia, capacidad de información).

La automatización acelera bruscamente la intensificación de la producción y el crecimiento de la potencia unitaria de las máquinas, los agregados e instalaciones. El paso a mayor potencia unitaria está condicionado por factores técnico-económicos, ya que la concentración de la potencia permite aumentar considerablemente la productividad del trabajo.

### Breve historia de la minería en Cuba

La historia de la minería en Cuba comienza prácticamente con la colonización, pues nuestros aborígenes utilizaban muy pocos materiales provenientes de la corteza terrestre, y si a esto pudiéramos llamarle minería, tendríamos que decir que se trataba de una minería recolectora, al considerar que solo empleaban algunos minerales encontrados en la superficie como hematitas, limonitas y pirlusitas, los cuales, pulverizados y mezclados con grasas de origen animal, servían para la coloración y protección de la piel contra las picaduras de los insectos. De igual modo, emplearon la arcilla en los lugares donde se había desarrollado la cerámica.

Al comenzar los españoles la colonización de la Isla, en 1510, lo hacen atendiendo en primer término a la indagación de sus posibilidades mineras, en especial, al hallazgo y explotación del oro.

En la exploración de la Isla los españoles encontraron oro en Bayamo, Camagüey, Caonao, Jaruco y Cienfuegos. Las reservas de estos lugares eran muy limitadas y se agotaron rápidamente.

En el período que va desde la colonización hasta 1534 el resto de la minería se reducía al uso de la arena, la cal y la cantería para la construcción y el asfalto bituminoso natural

para el calafateo de las naves.\*

\*En 1530 se descubrió cobre en el actual yacimiento El Cobre. Su explotación se realizó de forma intermitente hasta 1663 cuando cesaron las labores en el mismo; en 1830 se reanudaron.\*

En el tiempo transcurrido desde la conquista de la Isla hasta 1830, se puede afirmar que la actividad minera fue pequeña, muy diseminada y sin que tuviera una gran consideración en el orden económico, aplicándose una técnica muy rudimentaria.

Al ponerse de manifiesto en las primeras décadas del siglo XIX la riqueza del yacimiento El Cobre, los ingleses se interesaron por ella y, en 1830, formaron la compañía anglo-española denominada Empresa Consolidada, con el objetivo de reanudar la explotación del yacimiento; comenzaba así la penetración del capital foráneo en la minería cubana:

Esta empresa, la primera en aplicar una técnica minera propiamente dicha, introdujo máquinas de vapor y construyó un ferrocarril desde el yacimiento hasta la bahía de Santiago de Cuba.

La reanudación de la explotación del yacimiento El Cobre suscitó gran interés por la minería en toda la Isla y se produjeron innumerables solicitudes de denuncias. Se encontró cobre en El Caney, Dos Palmas y en la zona entre Holguín, Gibara y Las Tunas. En la zona de Camagüey se explotó cobre en Bayatabo, Sierra de Biaya y Cubitas. En la antigua provincia de Las Villas, a partir de 1836, comenzó la explotación de las minas de Hoyo de Manicaragua, las de San Juan de las Malezas, al norte de Trinidad, y las inmediaciones de Fomento y Sancti Spiritus. En la provincia de La Habana, en San Miguel del Padrón, se explotó la mina Prosperidad, registrada oficialmente como carbón y que al parecer era de asfaltita. En 1846, desde esta mina hasta la bahía habanera, se construyó un ferrocarril, que pasaba por Regla y Guanabacoa. En Pinar del Río, a partir de 1840, se comenzó la explotación de yacimientos de cobre en Mantua.

Este período de auge de la minería, fundamentalmente alrededor de la explotación del cobre, y que constituye la época de mayor actividad minera de Cuba colonial, se interrumpió bruscamente a partir de 1868 con el estallido de la Guerra de los Diez Años y el inicio de nuestra lucha por la independencia.

El tiempo que media entre 1868 y el cese de la dominación española en Cuba se caracteriza por una pobre e intermitente explotación de los yacimientos de cobre ya conocidos, el descubrimiento y comienzo de la explotación de otros minerales y el afianzamiento de la penetración del capital norteamericano en la minería cubana.

En 1880 se estableció por primera vez en la mina de oro de Holguín un sistema de explotación regular y una planta de beneficio.

Ya en 1859 se habían otorgado concesiones de asfalto, en 1873 de petróleo y en 1881 ya se conocía la existencia de nafta en Motembo.

En 1882 descubrieron manganeso en El Cristo, Ponupo y Bueycito, explotándose las dos primeras a partir de 1888.

En 1883 se inició la explotación de las minas de hierro de Firmeza, diez años después las de Daiquirí y Sigua, yacimientos situados al este de Santiago de Cuba y que se conocían desde antes. Los dos primeros fueron explotados por compañías norteamericanas.

En este período (1884) se publica por primera vez en España un croquis geológico de la Isla de Cuba y después, en 1895, otro croquis geológico de Cuba.

Durante el gobierno interventor norteamericano, que sucedió a la dominación española en Cuba y arrebató al pueblo cubano la independencia que había conquistado derramando su sangre durante 30 años, fue muy poca la actividad minera exceptuando la de las minas de hierro de Firmeza y Daiquirí. Sin embargo, las empresas mineras norteamericanas se interesaron por establecerse en la minería cubana y enviaron sus técnicos a investigar las posibilidades de los yacimientos y las condiciones del país; a la vez, el Gobernador Militar pedía al gobierno de Washington que enviara una comisión técnica a estudiar nuestra potencialidad minera, y dictaba las órdenes y disposiciones que permitirían que nuestros principales yacimientos minerales, como las lateritas de la costa norte oriental, se convirtieran en reservas de las empresas norteamericanas.

Al instaurarse la pseudorrepública en 1902 se produce un auge de la minería en Cuba y, en el período que va hasta 1914 (comienzo de la Primera Guerra Mundial), el desarrollo de

la industria minera fue superior en todos los aspectos al de casi cuatro siglos del régimen colonial, pero sin que el país recibiera prácticamente ningún beneficio de este como ocurriría hasta el triunfo revolucionario de 1959.

En este período se reinició la explotación de las minas de El Cobre por empresas norteamericanas, instalándose equipos de procesamiento; se continuó la explotación de los yacimientos de hierro de Firmeza. Construyeron un ferrocarril de 30 km desde Firmeza hasta la bahía de Santiago de Cuba, donde se instaló un horno vertical de tostado para la eliminación del azufre del mineral y un embarcadero. Prosiguieron la explotación del yacimiento de hierro Vinent, situado al este de Firmeza, cuyos minerales embarcaban por el puerto de Daiquirí. En este mismo período, la Juraguá Iron Company puso en explotación las minas de Sevilla y las enlazó por vía férrea a la línea principal de Firmeza, y la Spanish American Iron Co., que explotaba el yacimiento Vinent, comenzó la explotación de los cotos de Berraco y Sigua al este de Vinent, extendiendo hasta estos una vía férrea.

En 1909, la empresa The Ponupo Manganeso Company, comenzó la explotación de un yacimiento de hierro al oeste de Santiago de Cuba y construyó una vía férrea de 4 km desde el yacimiento hasta la bahía de Nima-Nima, donde emplazó un muelle de embarque. También en 1909 la compañía The Spanish American Iron Company, subsidiaria de la Pennsylvania Steel Company y de la Bethlehem Steel Corporation, terminó las instalaciones para la explotación del coto de Guayabo, ubicado en la meseta de Pinares de Mayarí, del entonces considerado mineral de hierro limonítico de la costa norte oriental, su transporte a la costa hasta el lugar conocido por Felton, en la bahía de Nipe, y su tratamiento por tostado en hornos cilíndricos con el objeto de deshidratarlo y nodulizarlo para ser embarcado hacia Estados Unidos.

En 1913 se descubre el yacimiento de cobre más importante conocido hasta ahora en Cuba: Matahambre. En este mismo período se explotó la mina de cobre Constanza, en Viñales, Pinar del Río.

En esta primera etapa analizada de la pseudorrepública, la explotación del oro se circunscribió a la región de Holguín, también por empresas norteamericanas que embarcaban

el mineral obtenido hacia Estados Unidos.

La producción de manganeso en esta etapa se mantuvo a bajos niveles debido a la depresión de los precios.

La explotación del asfalto del Mariel se reanudó en 1908 por la Compañía Cuban Asphalt.

Al comenzar la Primera Guerra Mundial, en 1914, cambia el cuadro productivo de la minería en Cuba y se pone de manifiesto la política que seguirían los imperialistas yanquis con nuestras riquezas mineras hasta el triunfo de la Revolución, es decir, se explotarían de acuerdo con la conveniencia de la industria y la política norteamericana y no de acuerdo con las necesidades de nuestro país. Se produce un alza considerable en el precio del cobre y del manganeso; abrieron a la explotación las minas de manganeso de El Cristo y Ponupo, iniciándose la explotación en Bueycito, Juticum, San Nicolás, Palmarito, Jiguaní y Guisa, todos en la antigua provincia de Oriente, y en Cabagán, antigua provincia de Las Villas, entre los puertos de Casilda y Cienfuegos.

Una compañía norteamericana se hizo cargo de la explotación de Matahambre, aumentó rápidamente la producción, se continuó la extracción en la mina Constanza, iniciándose en las minas Cándida y Nuestra Señora de las Mercedes, en Mantua y Río Frio, respectivamente, todas en Pinar del Río.

Se extrajo cobre en la mina Fortuna, de Fomento, y en San Fernando, Manicaragua. Se continuó la producción en la mina El Cobre.

En el barrio Cumanayagua, Cienfuegos, se comenzó la explotación del yacimiento de Piritita La Carlota y fue edificada una planta para la obtención de ácido sulfúrico, que más tarde fue paralizada.

En Camagüey se inició la explotación de algunas minas de cromo refractario. En Moa se puso en explotación el coto de este mismo mineral y, en Mayarí, comenzó la explotación del yacimiento de cromo metalúrgico Caledonia, por la misma compañía que explotaba los yacimientos de la meseta de Pinares de Mayarí.

En este período decayó la explotación de asfalto, así como la de hierro. El primero, debido al cierre del mercado europeo, y el segundo, a las dificultades de transporte y a la

gran existencia de este mineral en el territorio de Estados Unidos.

Al terminar la guerra, en 1918, se paralizaron las labores mineras en Cuba y sólo reanudaron muy pronto las actividades las minas de hierro de Daiquiri y Firmeza, en la zona oriental, y las de Matahambre, en Pinar del Río, operadas por empresas norteamericanas.

En todo el período que media entre las primera y segunda guerras mundiales, además de las minas de hierro mencionadas, se trabajó en la extracción de manganeso en Bueycito y El Cristo, donde instalaron una planta de beneficio por flotación y calcinación para tratar los minerales pobres de manganeso, en la extracción de cromo refractario en Camagüey y en la extracción de minerales no metálicos, como arcillas refractarias, caolín, barita, caliza para fundente, que se extraía en Seboruco, cerca de Mayarí, y era enviada a Estados Unidos, margas para la fabricación de cemento, magnesita, mármoles y arena sílice.

En esta etapa se intensificó el interés por la búsqueda del petróleo en nuestro país, las petroleras norteamericanas y europeas hicieron estudios geológicos sistemáticos en varias zonas de la Isla como posibles horizontes petroleros, pasando a ejercer el control casi absoluto del territorio nacional a los efectos de la explotación del petróleo que pudiera encontrarse en el mismo. Su extracción se comenzó en Bacuranao. En este mismo período perforaron un buen número de pozos en Motembo para la extracción de la nafta.

La explotación de asfalto se incrementó en el Mariel durante este período, se abrieron las minas de Cabañas, Bahía Honda así como las de Placetas y Remedios.

Al estallar la segunda guerra mundial el desarrollo de nuestra minería quedó exclusivamente a expensas de la industria norteamericana, el gobierno cubano puso a disposición de Estados Unidos todo el potencial minero de la nación adoptando el gobierno de aquel país una serie de medidas como: la fijación de precios a los minerales, el envío de una comisión permanente del servicio geológico de Washington para efectuar estudios sistemáticos de los yacimientos, especialmente los de cromo y manganeso, así como el establecimiento de una agencia compradora de minerales de manganeso, cromo y cobre.

Se reactivó la extracción de manganeso y

cromo en la zona oriental, y la de cromo, en Camagüey; incrementándose la extracción de cobre en Matahambre. Por otro lado, quedó resuelta satisfactoriamente la investigación para la separación del níquel contenido en las limonitas de la costa norte oriental, se construyó la planta de Nicaro y comenzó la explotación de la mina de Ocujaí.

Aumentó la producción de asfalto. Se comenzó la explotación del tungsteno y el antimonio en la antigua Isla de Pinos. Se continuó la extracción de los minerales no metálicos mencionados con anterioridad, entraron en producción los yacimientos de caolín de Isla de Pinos y Las Tunas. Descendió la producción de nafta por agotamiento de reservas en Motembo y, aunque diversas compañías extranjeras perforaron distintos pozos, solo se extrajo petróleo en cantidades no considerables en Jarahueca. Al terminar la segunda guerra mundial decreció de nuevo la extracción de manganeso, se desmanteló la planta de tratamiento de El Cristo, disminuyó la extracción de hierro, en 1947 se paralizó la planta de Nicaro y bajó la producción de cromo. Pero el mundo de postguerra esta vez presentaba una fisonomía muy distinta a la del período posterior a la primera guerra mundial, con el surgimiento del campo socialista, el desmoronamiento de los imperios coloniales y el paso de Estados Unidos a ejercer la hegemonía del mundo capitalista y su papel de gendarme mundial del imperialismo, comienza la guerra fría y el desarrollo de la carrera armamentista, con el consiguiente aumento de los requerimientos de los minerales, fundamentalmente los considerados estratégicos. En 1952 se reanudan las operaciones de la planta de Nicaro y más tarde comienza la construcción de la planta de Moa. Se mantiene la producción de cobre, fundamentalmente en Matahambre y algunas minas más pequeñas, la de manganeso, cromo y la de hierro en menor cuantía. En este período se comienza la extracción de piratas en la mina El Mono, hoy "Julio Antonio Mella", y se construyó la planta de sulfometales, en Santa Lucía, para la producción de ácido sulfúrico, mostrando claramente que mientras fuéramos neocolonia yanqui la explotación de nuestros recursos minerales estaría estrechamente vinculada a los intereses bélicos del imperialismo norteamericano.

De todo el período que media desde la colonización hasta el fin de la república mediatizada no se cuenta con datos que permitan juzgar acerca de la evolución de los materiales pétreos para la construcción.

Al triunfar la Revolución, en 1959, una ojeada al panorama minero cubano muestra que no existe un estudio geológico sistemático del país, que los trabajos de valor en este sentido fueron realizados por compañías extranjeras, fundamentalmente norteamericanas, que guardan con celo la información y que las principales riquezas mineras del país se encuentran en manos foráneas.

Al recuperar la Revolución los recursos mineros del país mediante su nacionalización, se comienza el estudio geológico sistemático de la Isla con la ayuda fraterna de los países hermanos del campo socialista, se racionaliza la extracción de nuestros recursos minerales, de acuerdo con los intereses del país. Cesa la extracción de manganeso, la extracción de

cromo se concentra en el coto de Moa, la producción de cobre prosigue en Matahambre y El Cobre y se continúa la explotación de piratas en Pinar del Río y de níquel en la planta de Nicaro. Se pone en funcionamiento la planta de Moa, que no había comenzado aún su producción al ser nacionalizada. Se organiza la producción de minerales no metálicos según las necesidades y posibilidades del país. Comienza un incremento notable de la extracción de materiales pétreos de construcción y de materia prima para cemento, acorde con el aumento de las construcciones que demanda el desarrollo acelerado del país.

En los primeros años de la década del 70 se inicia el proceso de rehabilitación y ampliación de las plantas de níquel de Nicaro y Moa, así como el proceso de construcción de nuevas plantas con el objetivo de ampliar la producción. Se dan los pasos conducentes a la construcción de la siderurgia integrada en la costa norte de Holguín.

## Principales métodos de apertura y explotación de los yacimientos minerales

Se denomina *apertura* al laboreo de las excavaciones mineras necesarias para asegurar las comunicaciones del transporte desde la superficie hasta una parte o sector del yacimiento.

Se llama *excavaciones mineras* a los espacios o cavidades que se forman en el macizo de rocas como resultado del trabajo realizado. Al extremo de las excavaciones mineras que se traslada paulatinamente se le nombra frente.

Por su posición con respecto a la superficie de la tierra, las excavaciones se clasifican en subterráneas y a cielo abierto. Estas pueden tener distintos fines: para la exploración, para la apertura y preparación o para la extracción del mineral.

Las excavaciones mineras subterráneas por su posición en el espacio se dividen en verticales, horizontales e inclinadas.

Las excavaciones mineras subterráneas verticales son el pozo, el pozo ciego y el contrapozo (fig. 5).

El *pozo* es una excavación vertical subterránea, con salida directa a la superficie, destinada a distintos tipos de trabajos, por lo que pueden distinguirse: los pozos de sondeo, los principales y los auxiliares.

El pozo de sondeo se destina a la exploración del yacimiento o para colocar cargas de sustancias explosivas. El pozo principal está destinado a los trabajos de explotación del yacimiento, tales como el ascenso del mineral a la superficie, el ascenso y descenso de los

equipos, herramientas, materiales y personal. Los pozos auxiliares están destinados a realizar distintos trabajos, tales como la ventilación, el desagüe, etcétera.

El *pozo ciego* es una excavación vertical subterránea que no tiene salida directa a la superficie y está destinada al servicio de las distintas labores subterráneas.

El *contrapozo* es una excavación vertical (o inclinada) sin salida directa a la superficie y sirve para comunicar un nivel con otro dentro de la mina, por ella se baja el mineral a la galería de transporte, se trasladan equipos, transita el personal y se realiza la ventilación.

La sección transversal de los pozos puede ser *rectangular, circular, elíptica*, etcétera.

Las excavaciones mineras subterráneas horizontales son el *socavón*, la *galería transversal*, la *galería de mina o principal* y el *crucero* (fig. 5).

El *socavón* es una excavación horizontal subterránea que tiene salida directa a la superficie y está destinada a las labores de explotación del yacimiento, entre ellas el transporte del mineral y las rocas estériles, la entrada de equipos, herramientas y materiales, la entrada y salida del personal, para el desagüe, etcétera.

La *galería transversal* es una excavación horizontal subterránea que no posee salida directa a la superficie y que une el pozo con el yacimiento, y se emplea para el transporte de carga y del personal y para la ventilación.

La *galería de mina o principal* es una excavación horizontal subterránea que no tiene salida directa a la superficie y pasa a través de toda la longitud del yacimiento y, según su destino, puede ser de transporte, de ventilación o de arranque. A veces esta galería se construye no a través del cuerpo mineral, sino paralela a él, y en este caso se le denomina *galería de mina de campo* o *galería de mina en estéril*.

El *crucero* es una excavación horizontal

subterránea que carece de salida directa a la superficie y se construye transversalmente a través del yacimiento y sirve, sobre todo, para la exploración y la organización del transporte. Un caso particular del crucero es la prolongación de la galería transversal para unir la con el lado opuesto del yacimiento.

Las excavaciones mineras subterráneas inclinadas son el *pozo inclinado*, el *contrapozo inclinado*, la *galería inclinada*, la *piquera*, la *escalera* y el *horno* (fig. 6).

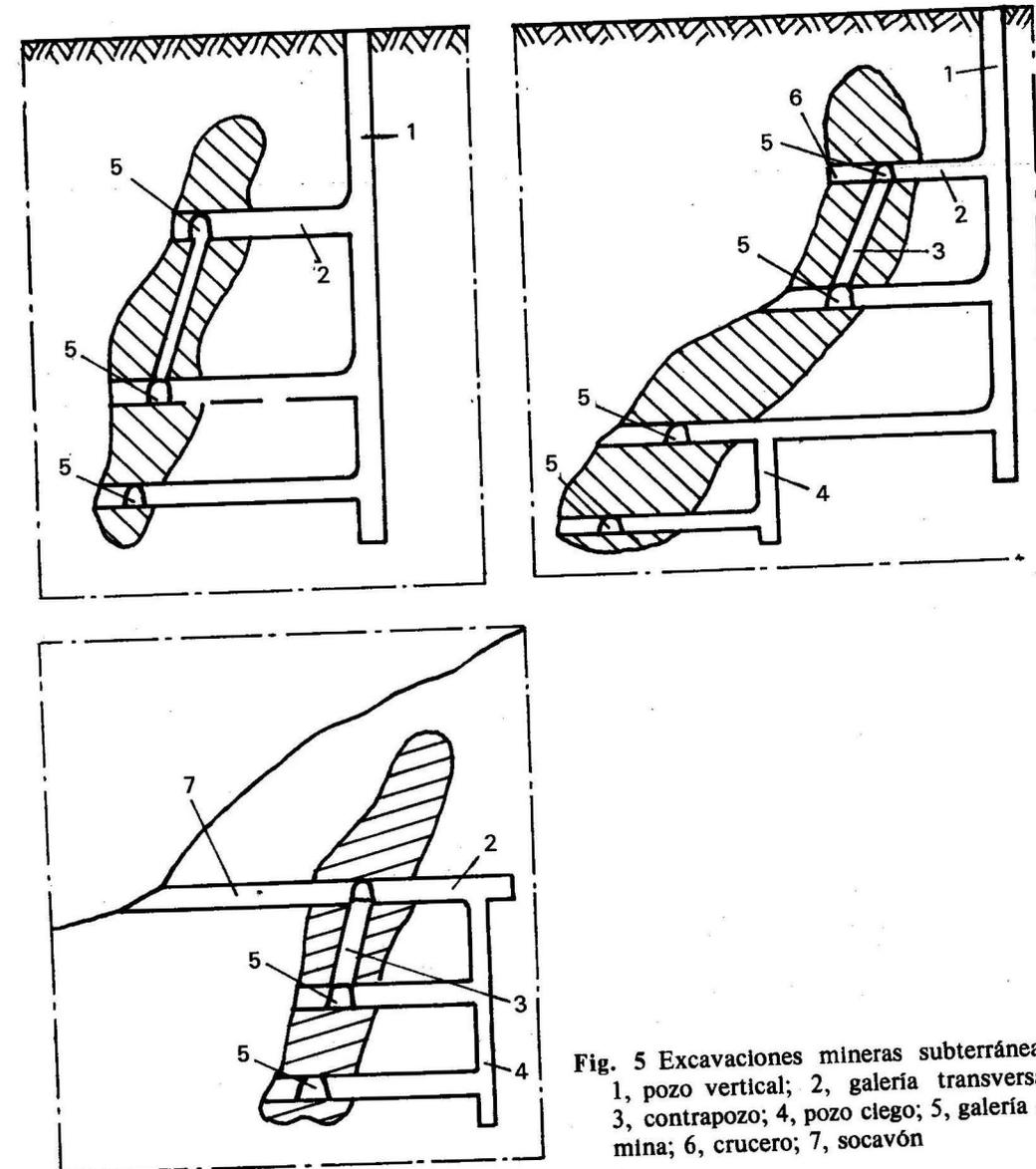


Fig. 5 Excavaciones mineras subterráneas: 1, pozo vertical; 2, galería transversal; 3, contrapozo; 4, pozo ciego; 5, galería de mina; 6, crucero; 7, socavón

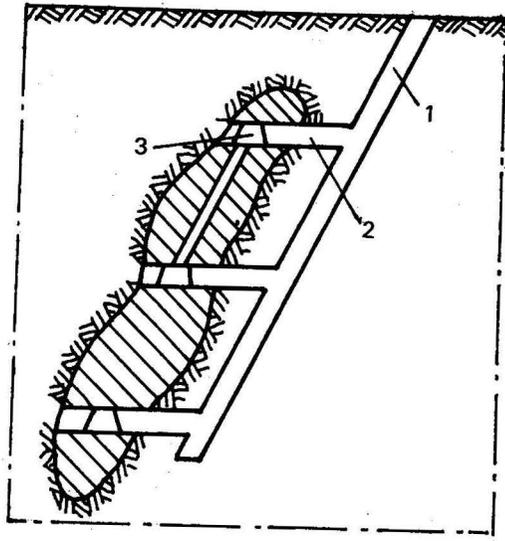
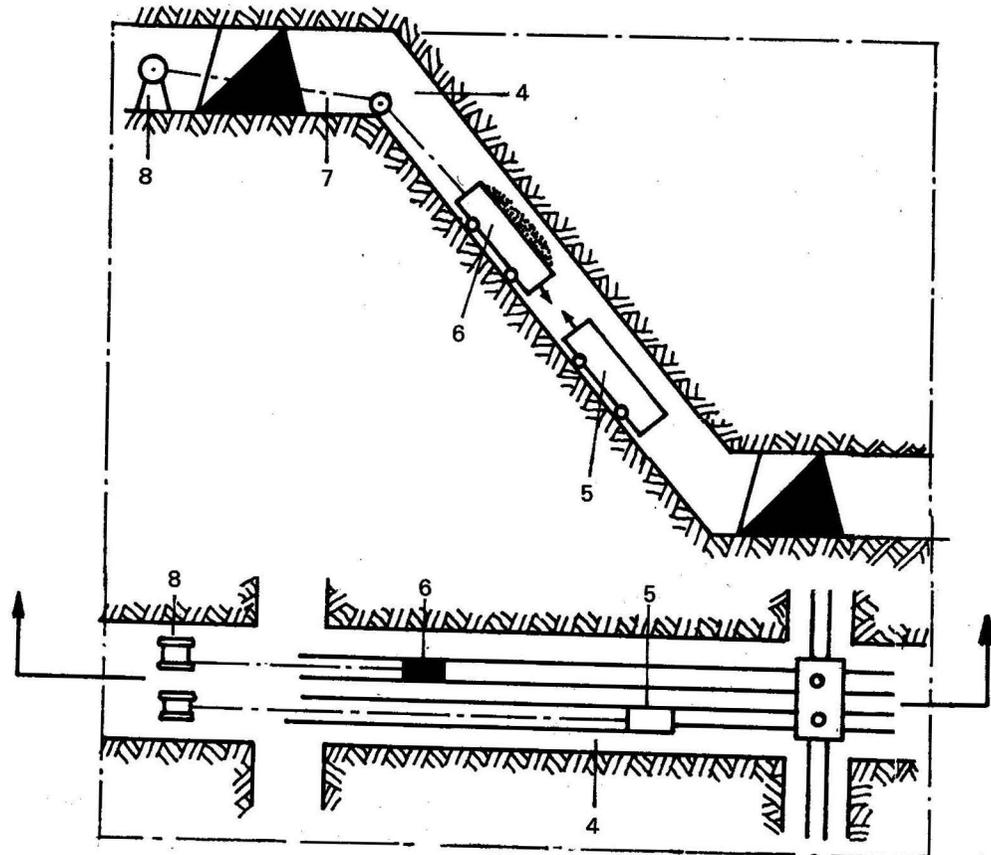


Fig. 6 Excavaciones mineras subterráneas:  
1, pozo inclinado; 2, galería transversal;  
3, galería de mina; 4, galería inclinada;  
5, vagoneta vacía 6, vagoneta cargada;  
7, cable; 8 malacate



El *pozo inclinado* es una excavación inclinada subterránea con salida directa a la superficie, por ella se realiza la subida a la superficie del mineral, el ascenso y descenso de los equipos, los materiales y el personal; el desague y la ventilación.

La *galería inclinada* es una excavación subterránea que no tiene salida directa a la superficie y está destinada al ascenso y descenso del mineral con ayuda de dispositivos mecánicos. Cuando se utiliza para el ascenso del mineral se le llama *rampa* y cuando se destina al descenso del mineral se le denomina *pendiente*.

La *piquera* es una excavación subterránea sin salida directa a la superficie, usada para el descenso del mineral o las rocas estériles por gravedad.

La *escalera* es una excavación subterránea que carece de salida directa a la superficie, está destinada al tránsito del personal. Generalmente, las escaleras se construyen paralelas a las galerías inclinadas.

El *horno* es una excavación subterránea que no tiene salida directa a la superficie, se construye con la misma inclinación que la capa de mineral y está destinada al transporte de cargas, al tránsito del personal y a la ventilación. Esta excavación se utiliza mucho en el laboreo de los yacimientos de carbón.

En la minería subterránea se emplean también las excavaciones denominadas *estaciones* o *cámaras* y los *realces*.

Las *estaciones* o *cámaras* son excavaciones subterráneas que no tienen salida directa a la superficie y sirven para diversos fines relacionados con la explotación del yacimiento. En estas se ubican estaciones de bombeo, depósitos de locomotoras, almacenes, oficinas y otros servicios necesarios. Estas cámaras se sitúan, por lo general, cerca del pozo principal formando las estaciones inmediatas a este (fig. 7).

Los *realces* son excavaciones subterráneas que se forman durante el proceso de extracción del mineral, laboreando el yacimiento de abajo hacia arriba. Todo el proceso de laboreo de un yacimiento está ligado con el realce y todas las excavaciones descritas anteriormente deben garantizar el desarrollo normal de este.

Además de las excavaciones subterráneas, con fines de exploración y para ubicar las cargas de sustancias explosivas se utilizan las perforaciones, que son cavidades cilíndricas de diámetro relativamente pequeño y gran profundidad. En dependencia del diámetro y la profundidad, las perforaciones en los trabajos mineros se dividen en *barrenos* y *taladros* (fig. 8).

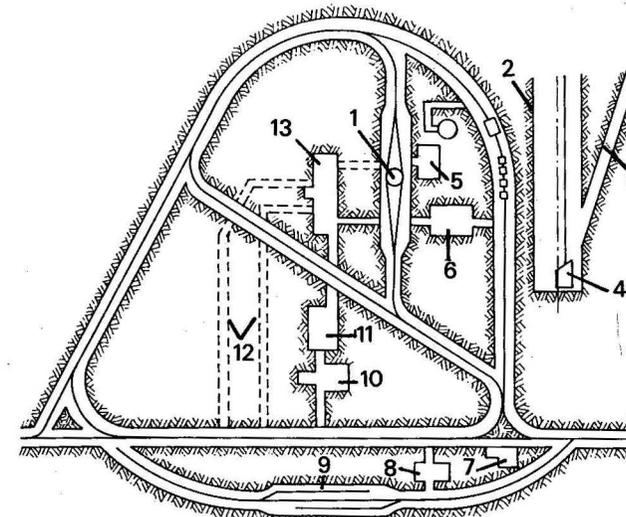


Fig. 7 Estaciones inmediatas al pozo; 1, pozo principal; 2, pozo, 3, piqueta; 4 skip; 5, botiquín; 6, cafetería; 7, despacho del jefe de tráfico; 8, taller mecánico; 9, depósito de locomotoras; 10, subestación eléctrica; 11, almacén; 12, colectores; 13, estación de bombeo

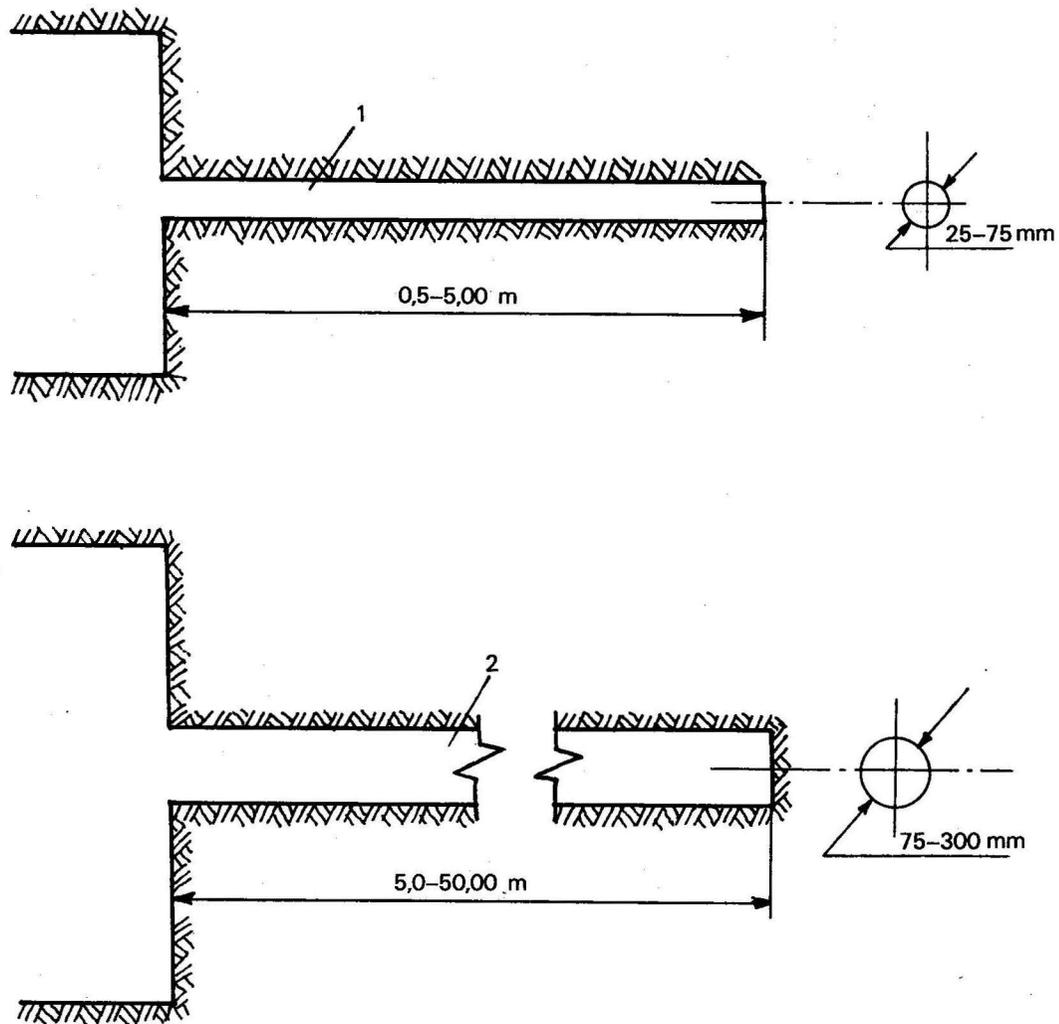


Fig. 8 Barrenos y taladros: 1, barreno; 2, taladro

Las excavaciones mineras a cielo abierto son las *canteras* y las *trincheras* (fig. 9).

La *cantera* es el conjunto de excavaciones mineras para la extracción del mineral a cielo abierto. Las canteras pueden alcanzar grandes dimensiones tanto en largo como en ancho y llegar a profundidades que sobrepasan los 500 m.

La *trinchera* es una excavación con sección transversal en forma de trapecio, destinada a la apertura del yacimiento (trinchera maestra), para comenzar la extracción (trinchera de corte), para el drenaje y la explotación.

Se llama modo de explotación al conjunto de medios técnicos y procesos tecnológicos utilizados para la extracción de los yacimientos minerales de las profundidades de la Tierra.

### Apertura de los yacimientos

Los esquemas fundamentales de apertura de los yacimientos minerales para su explotación de modo subterráneo son: la apertura por pozo vertical, la apertura por pozo inclinado, la apertura por socavón y la apertura combinada.

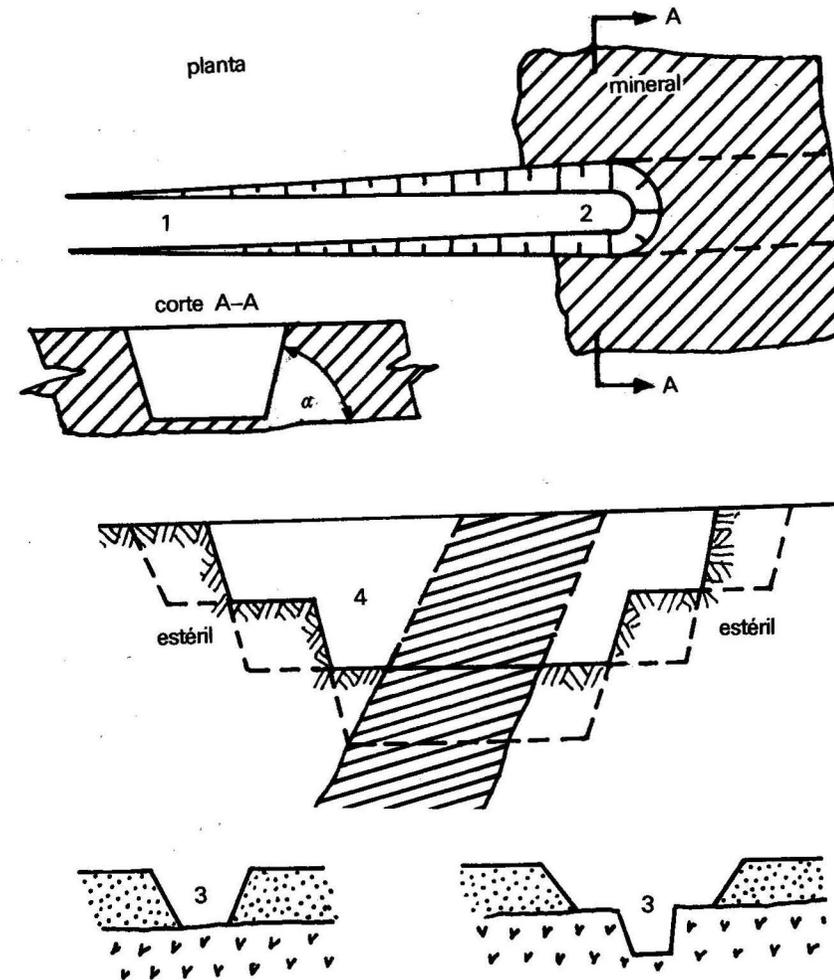


Fig. 9 Excavaciones mineras a cielo abierto: 1, trinchera maestra; 2, trinchera de corte; 3, zanjas; 4, cantera;  $\alpha$ , talud

La apertura por pozo vertical (fig. 10) presenta tres variantes principales:

- en el costado yacente,
- en el costado colgante,
- por el yacimiento.

Cada una de estas variantes tiene condiciones específicas de aplicación, en dependencia de las condiciones geológicas y minero-técnicas del macizo de rocas. La elección de cuál variante debe usarse en cada caso concreto debe realizarse sobre la base de un minucioso estudio, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

La apertura por pozo inclinado (fig. 11) presenta dos variantes principales:

- en el costado yacente,
- por el yacimiento.

Al igual que en el caso anterior, hay que tener en cuenta las condiciones geológicas y minero-técnicas del macizo de rocas y las ventajas y desventajas de cada una a la hora de elegir cuál vamos a utilizar.

La apertura por socavones (fig. 12) se utiliza cuando el relieve de la localidad donde está el yacimiento es montañoso.

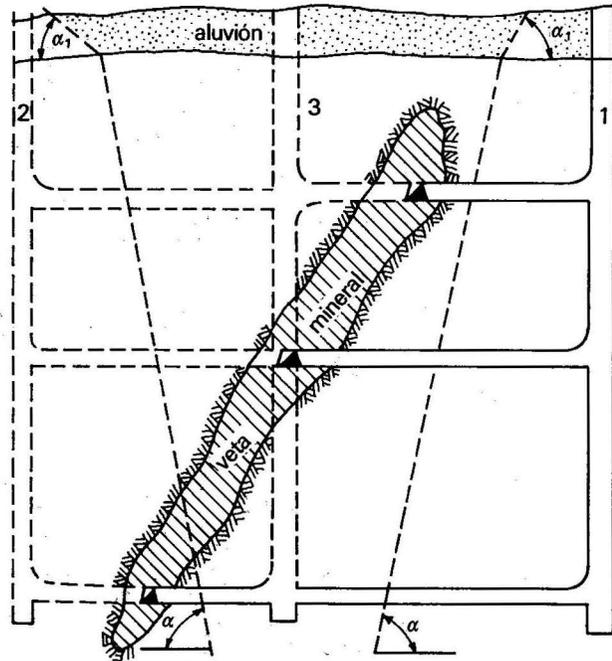


Fig. 10 Variantes de apertura con pozo vertical: 1, pozo en el costado yacente; 2, pozo en el costado colgante; 3, pozo por el yacimiento;  $\alpha_1$ , ángulo de equilibrio natural en los aluviones;  $\alpha$ , ángulo de equilibrio natural en las rocas

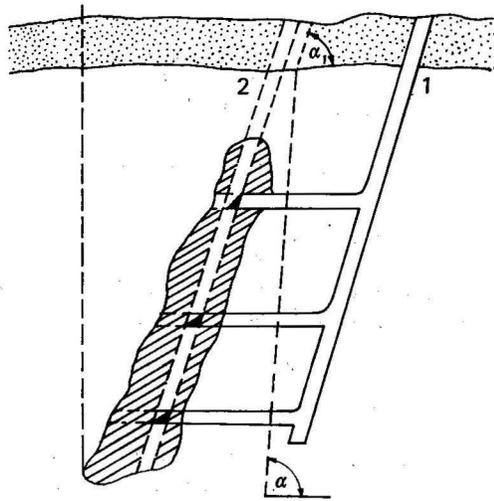


Fig. 11 Variantes de apertura con pozo inclinado: 1, pozo en el costado yacente; 2, pozo por el yacimiento;  $\alpha_1$ , ángulo de equilibrio natural en los aluviones;  $\alpha$ , ángulo de equilibrio natural en la roca

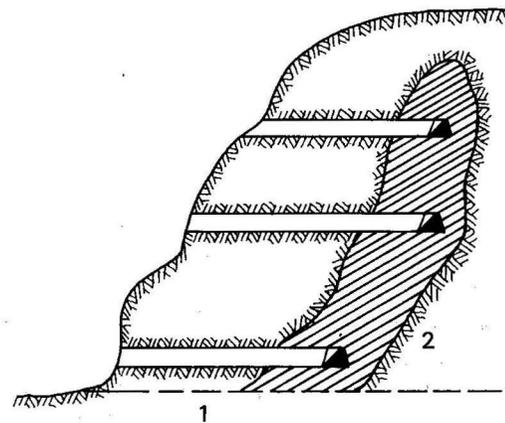


Fig. 12 Apertura con socavones: 1, socavón; 2, galería de mina

La apertura combinada (fig. 13) se usa cuando los yacimientos presentan variaciones bruscas de buzamiento o cuando, al encontrarse en una zona montañosa, tienen una parte por debajo del nivel del terreno circundante. Presenta dos variantes principales:

- pozo vertical y pozo ciego,
- socavón y pozo ciego.

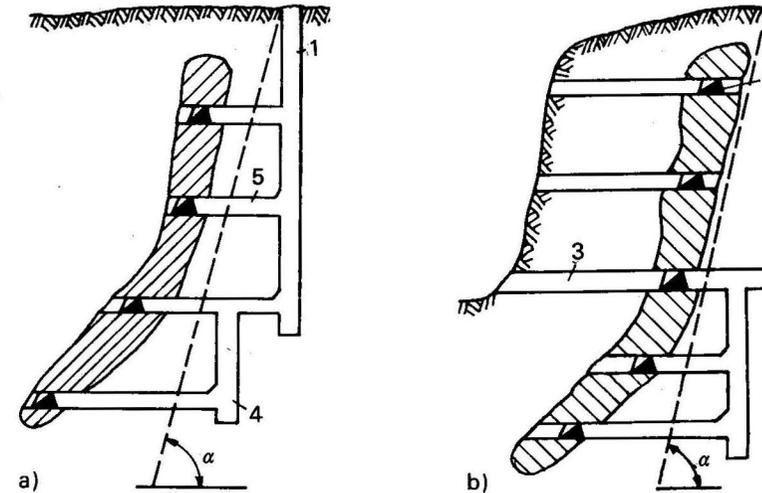


Fig. 13 Apertura combinada: a) pozo vertical y pozo ciego, b) socavón y pozo ciego; 1, pozo vertical; 2, galería de mina; 3, socavón ciego; 4, pozo ciego; 5, galería transversal  $\alpha$ — ángulo de equilibrio natural en la roca

La elección del esquema de apertura de cada yacimiento se resuelve mediante la comparación técnico-económica de las distintas variantes de posible aplicación.

El lugar de ubicación del pozo se determina por el ángulo de equilibrio natural de las rocas, que depende de las propiedades físico-mecánicas de ellas y se fija mediante investigaciones especiales.

La apertura de los yacimientos para su explotación a cielo abierto se realiza generalmente mediante una trinchera maestra que puede ser exterior o interior, según sea su ubicación respecto al yacimiento a extraer.

Con las trincheras se puede abrir una terraza, un grupo de estas o todas las de la cantera, de acuerdo con lo que se clasifican en separadas (fig. 14), de grupo (fig. 15) y comunes (fig. 16).

La apertura por trincheras separadas se usa, generalmente, en los yacimientos horizontales o de pendiente suave con pocas terrazas.

La apertura por trincheras comunes se utiliza en el laboreo de los yacimientos con pendiente suave o abrupta, situados a una profundidad considerable y cuando el número de terrazas es elevado.

Cuando el yacimiento tiene gran longitud y profundidad se emplea la apertura por medio de bajadas en zigzag (fig. 17).

Cuando el yacimiento es bastante regular por sus dimensiones en el plano, posee gran profundidad y se utiliza el transporte automotor, se utilizan las bajadas en espiral (fig. 18).

### Explotación a cielo abierto

Se llama explotación a cielo abierto a los trabajos mineros mediante los cuales los minerales útiles se extraen desde la superficie.

El modo de laboreo a cielo abierto se utiliza ampliamente en la extracción del carbón, de los minerales metálicos y no metálicos y de los materiales de construcción, porque asegura una alta productividad del trabajo y,

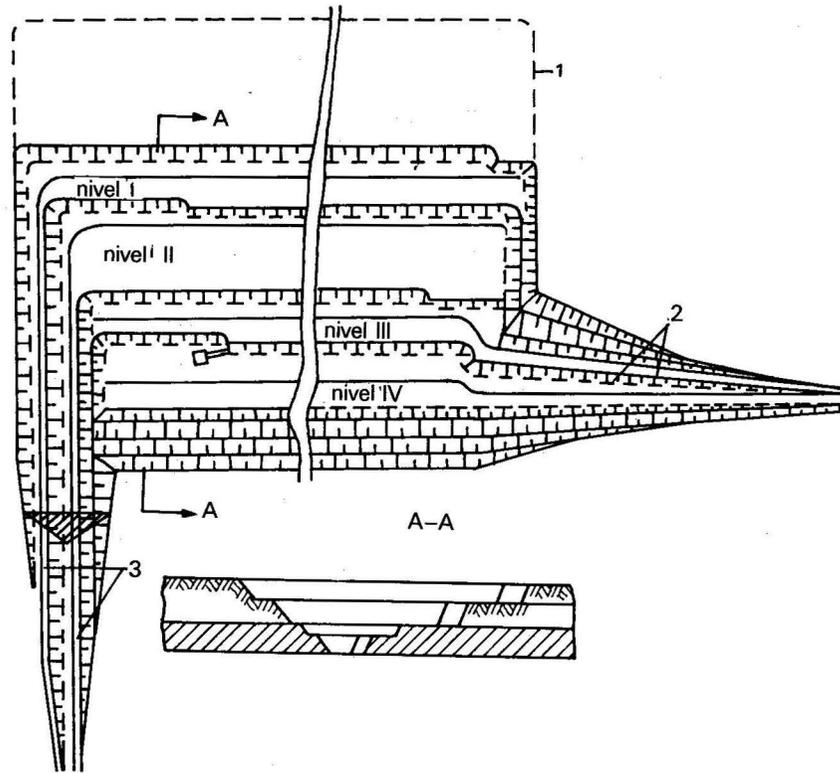


Fig. 14 Apertura con trincheras separadas; 1, límite del campo de cantera; 2, trincheras de los niveles III y IV; 3, trincheras de los niveles I y II

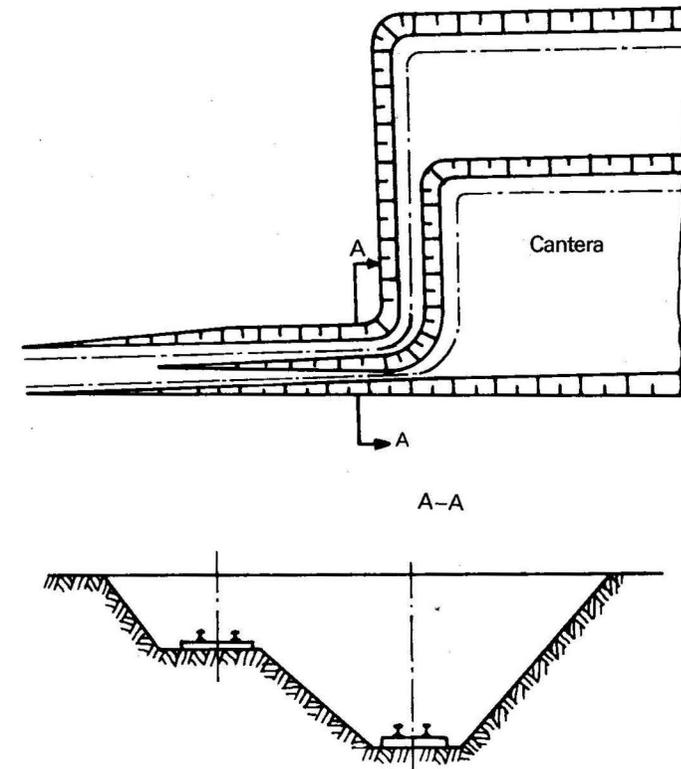


Fig. 16 Apertura con trincheras comunes

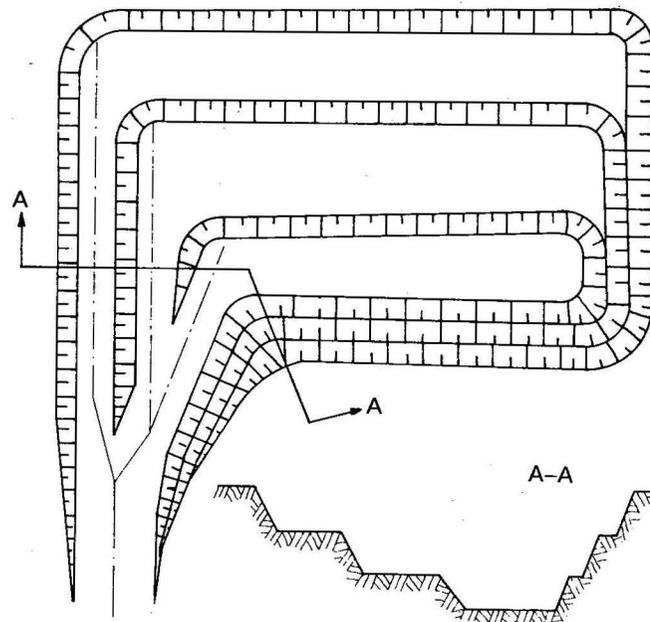


Fig. 15 Apertura con trincheras de grupo

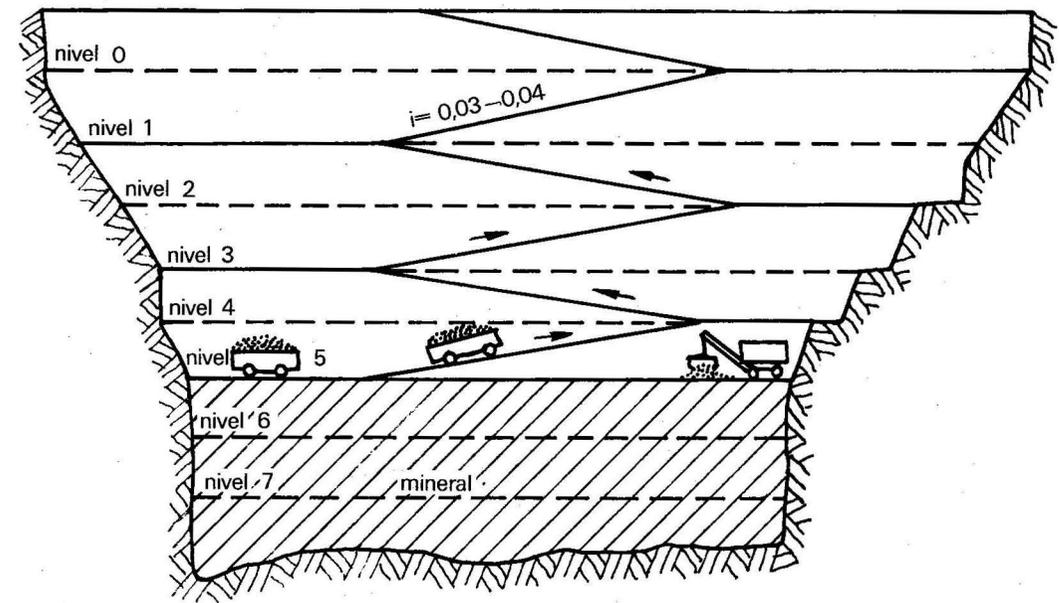


Fig. 17 Apertura por medio de bajadas en zigzag

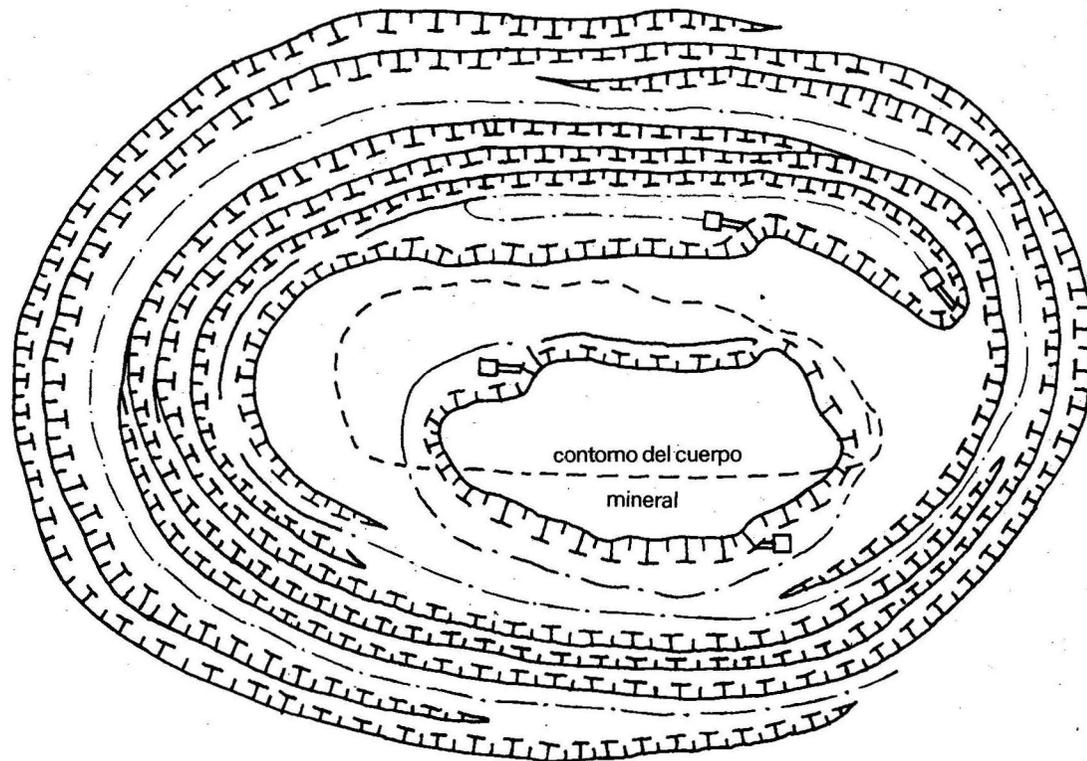


Fig. 18 Apertura por medio de bajadas en espiral

por consiguiente, un bajo costo por tonelada de mineral; crea buenas condiciones higiénico-sanitarias y de seguridad del trabajo; los plazos de construcción de las canteras son relativamente cortos y las condiciones para introducir máquinas de alta productividad son más favorables.

La explotación a cielo abierto tiene la desventaja de ejercer mayor influencia negativa sobre el ambiente, que los otros modos de explotación de los yacimientos, por cuanto ocupa grandes áreas de terreno y afecta el manto freático en una zona grande, por lo que se hace necesario adoptar medidas de restablecimiento de los terrenos afectados.

Las etapas básicas de la explotación a cielo abierto son: la preparación de la superficie, la desecación, la apertura, la extracción del yacimiento y el restablecimiento de los terrenos dañados por los trabajos mineros.

La preparación de la superficie comprende la tala de árboles, el arranque de tocones, el desvío de ríos y arroyos, si es necesario; la de-

molición de edificaciones que interfieren la realización de los trabajos mineros, etcétera.

La desecación del yacimiento se realiza, en los casos que lo requieran, para crear condiciones de trabajo seguras para el equipo minero y el transporte.

La apertura comprende el laboreo de las excavaciones maestras a cielo abierto que permiten el acceso del transporte desde la superficie al yacimiento.

La extracción del yacimiento comprende la realización de los trabajos de destape y de arranque. Los trabajos de destape tienen como objetivo alejar las rocas estériles que cubren el mineral y permitir la entrada; los trabajos de arranque se destinan a la extracción del mineral.

El restablecimiento de la superficie comprende el acondicionamiento de los terrenos dañados por los trabajos mineros, para su recultivación, la construcción de obras, etcétera.

Los trabajos de destape y arranque, al la-

borear minerales y rocas fuertes incluyen los siguientes procesos productivos: preparación de las rocas para la excavación-carga, transportación de la masa de mineral y rocas estériles, y almacenamiento de las rocas estériles.

La preparación de las rocas para la excavación se realiza mediante la fragmentación de estas con explosivos, lo que requiere de los trabajos de perforación. Cuando las rocas son débiles no es necesario el uso de los explosivos.

Los trabajos de excavación-carga consisten en la recogida y carga de las rocas por medio de excavadoras (fig. 19) a los medios de transporte.

La transportación de los minerales y las rocas estériles se puede efectuar con transporte ferroviario, automotor e hidráulico; con transportador de banda, con vías colgantes de cables (funiculares) (fig. 20), y con elevadores de skip. A veces se utiliza el transporte combinado.

El almacenamiento de las rocas estériles se realiza en las llamadas escombreras que pueden ser de distintos tipos.

A las unidades mineras que laborean yacimientos a cielo abierto se les llama canteras y al yacimiento o parte de un yacimiento laboreado por una cantera se le denomina campo

de cantera.

El laboreo a cielo abierto de un yacimiento se ejecuta por terraza o escalones. Terraza o escalón es la parte del macizo de rocas o de mineral laboreado por medios independientes de arranque, carga y transporte. Los elementos principales de un escalón (fig. 21) son: las plazoletas, el paramento y las aristas.

El extremo o el paramento del escalón, que es objeto directo de los trabajos mineros, se denomina frente de trabajo.

Los escalones se laborean por pasos sucesivos. La parte de un paso, que en longitud se laborea por medios independientes de arranque y carga se denomina bloque (fig. 22). Los bloques preparados para el laboreo reciben el nombre de frente laboral del escalón.

El conjunto de escalones que se encuentra en laboreo, en un momento determinado, constituye la zona laboral de la cantera.

El espacio laboreado, limitado por las superficies laterales de la cantera, constituye el bordo de la cantera (fig. 23).

La superficie inferior de la cantera recibe el nombre de piso. La línea de intersección del bordo de la cantera con la superficie del terreno forma el contorno superior y la intersección con el piso forma el contorno inferior. La posición de los contornos superior e inferior determina los límites de la cantera.

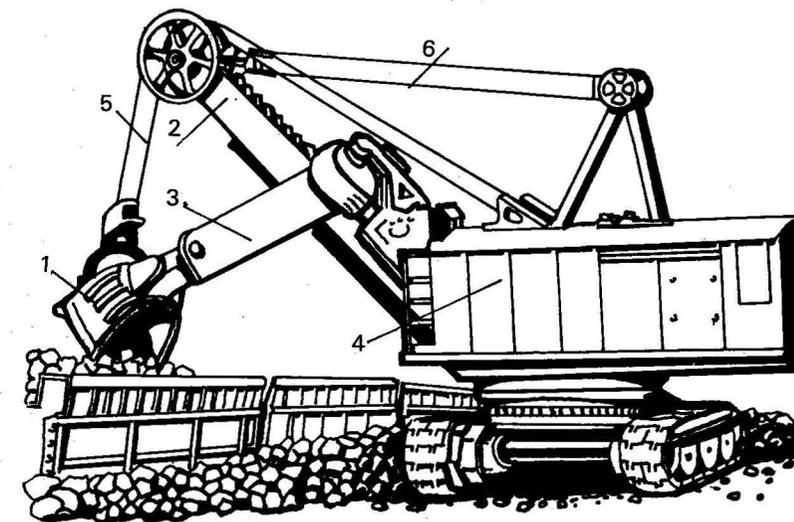


Fig. 19 Excavadora tipo pala mecánica: 1, cuchara; 2, pluma; 3, manivela; 4, cuerpo; 5-6, cables

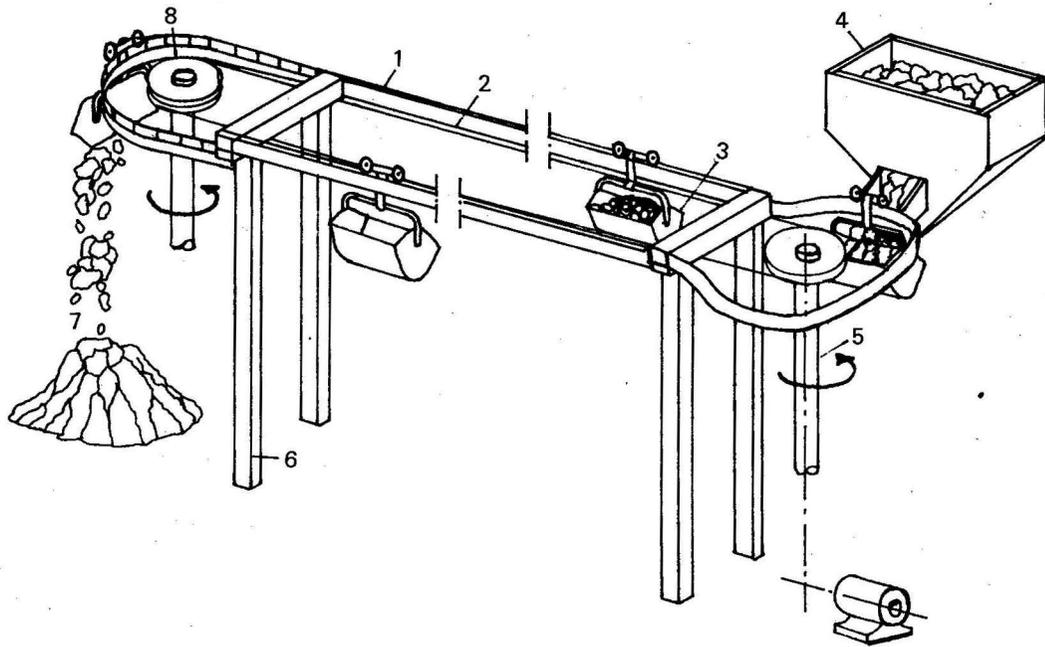


Fig. 20 Esquema de un funicular: 1, cable portador; 2, cable tractor; 3, recipiente; 4, tolva; 5, sistema motor; 6, torre de sostén; 7, mineval descargado; 8, catalina

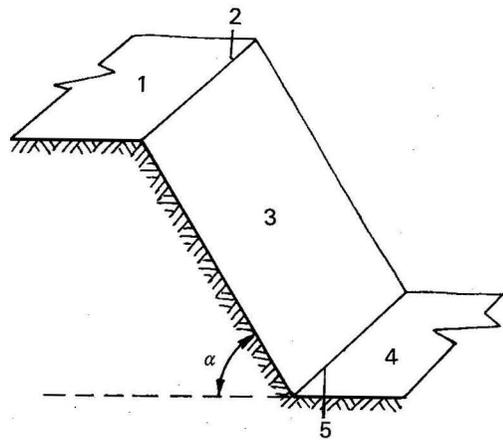


Fig. 21 Elementos de una terraza o escalón: 1, plazoleta superior; 2, arista superior; 3, paramento; 4, plazoleta inferior; 5, arista inferior;  $\alpha$ , talud

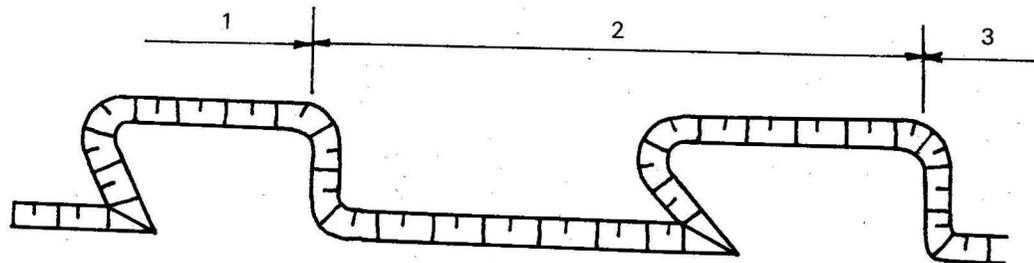


Fig. 22 Esquema del frente laboral del escalón; 1, 2, 3, bloques

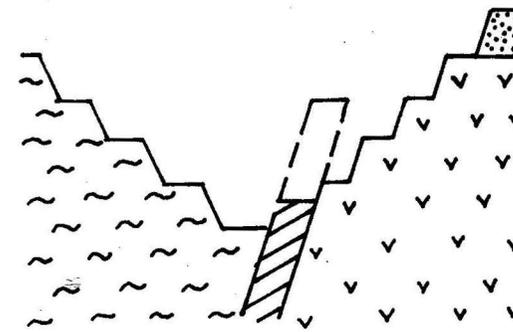


Fig. 23 Bordo de la cantera

La cantidad de mineral, o de masa minera extraída en un año, caracteriza la potencia productiva de la cantera, que actualmente puede alcanzar decenas de millones de toneladas.

El volumen de rocas estériles que hay que extraer por cada tonelada de mineral que se extrae constituye el coeficiente de destape. El máximo coeficiente de destape permisible, en cada caso concreto, se establece comparando el costo de extracción a cielo abierto con el costo de extracción subterránea y sirve para determinar la profundidad límite de la cantera.

### Explotación subterránea

Se llama explotación subterránea a los trabajos mineros mediante los cuales se extraen los minerales útiles que no pueden ser extraídos desde la superficie, es decir, por medio de canteras, debido a que se encuentran a una gran profundidad.

El modo de laboreo subterráneo, aunque tiene un peso específico pequeño en el volumen total de extracción de minerales, se utiliza ampliamente en la extracción del carbón y los minerales metálicos. En comparación con la explotación a cielo abierto, presenta desventajas como: peores condiciones higiénico-sanitarias y de seguridad del trabajo, la necesidad de gastos en ventilación y sostenimiento de las excavaciones y una considerable pérdida de mineral; y las ventajas de que ejerce una menor influencia negativa sobre el ambiente y los trabajos no dependen de las condiciones climáticas.

Las etapas básicas de la explotación subterránea son: la apertura y la extracción del yacimiento. La apertura comprende el laboreo

de las excavaciones mineras subterráneas que permiten el acceso desde la superficie al yacimiento (pozos verticales e inclinados, socavones, galerías transversales).

En la extracción del yacimiento los procesos productivos básicos están relacionados con el arranque del mineral y su transportación a la superficie.

La extracción del mineral comprende trabajos preparatorios, trabajos de corte y trabajos de arranque. La forma que estos revisten y su proporción en cada caso concreto dependerá de las condiciones minero-geológicas. Los yacimientos minerales presentan numerosas variantes en su forma e inestabilidad en sus elementos de yacencia, tienen derivaciones tectónicas, el tamaño de los cuerpos varía en su extensión desde decenas de metros hasta varios kilómetros, y, por su potencia, desde menos de un metro hasta decenas de metros, lo que provoca que las formas de realizar la extracción sean muy diversas y numerosos los sistemas de explotación subterránea.

Se llama sistema de explotación subterránea al orden establecido en la realización de los trabajos preparatorios de corte y de arranque en tiempo y espacio determinados.

En la explotación subterránea el cuerpo mineral se divide verticalmente por medio de galerías de mina en niveles separados, por lo regular, a una distancia que varía desde treinta hasta más de cien metros, y en extensión cada nivel se divide en bloques con una longitud que varía, regularmente, desde veinte hasta más de cien m (fig. 24).

En cada nivel pueden encontrarse varios bloques limitados, por lo general, por los contrapozos de bloque que unen la galería inferior con la superior.

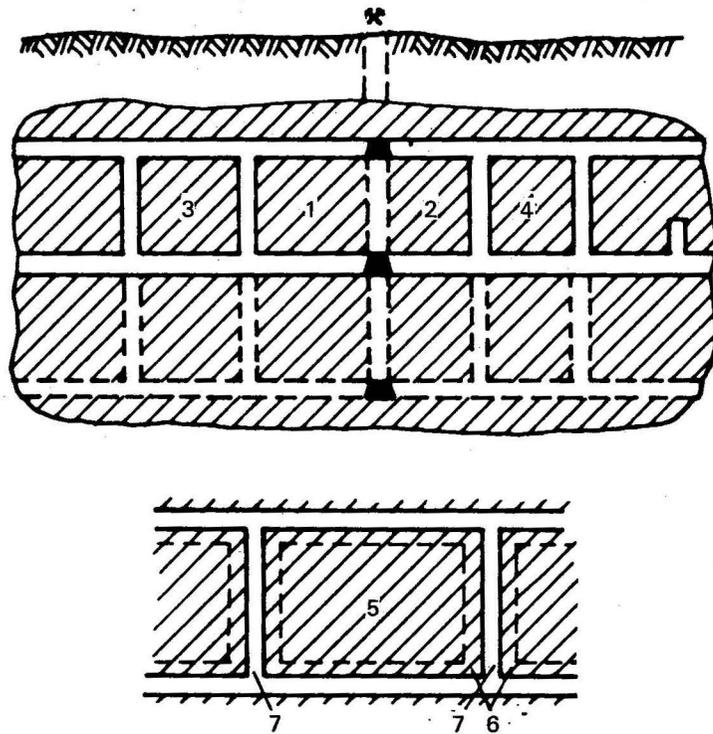


Fig. 24 División en niveles y bloques: 1, 2, 3, 4, bloques del primer nivel; 5, cámara; 6, macizos entre bloques; 7, contrapozos de bloque

La extracción del yacimiento se realiza por niveles de arriba hacia abajo y la extracción de cada bloque se efectúa de abajo hacia arriba, con el acarreo del mineral a la galería de mina inferior, por esto recibe el nombre de galería de transporte. A la galería que limita el bloque por arriba se le denomina galería de ventilación.

Los trabajos preparatorios en el bloque comprenden el laboreo de cruceros y contrapozos; los trabajos de corte, el laboreo de galerías en subniveles y de las piqueras para la salida del mineral; y los trabajos de arranque, todos los procesos de arranque del mineral y su acarreo hasta las piqueras.

El arranque del mineral en el bloque se puede realizar utilizando máquinas combinadas, máquinas de corte, sierras, martillos picadores, hidromonitores, etc., cuando los minerales son blandos como en el caso del carbón, las sales de potasio y otros yacimientos en capas; o utilizando los trabajos de perforación y explosivos cuando los minerales son

fuertes como el caso de los minerales meníferos. A medida que se va arrancando el mineral, en el bloque se va formando un espacio que se denomina cámara. El acarreo del mineral arrancado en los límites de la cámara se ejecuta por gravedad, con una instalación de *scraper*, con vagonetas autopropulsadas con un transportador, etcétera.

El orden en que se realizan los trabajos en el bloque depende de las condiciones minero-geológicas concretas, lo que da lugar a la existencia de una gran cantidad de sistemas de explotación que se pueden agrupar, atendiendo a la forma en que queda el espacio labreado, en:

- sistemas de explotación con la zona de arranque abierta,
- sistemas de explotación con almacenamiento,
- sistemas de explotación con relleno,
- sistemas de explotación con fortificación,

- sistemas de explotación con fortificación y relleno,
- sistemas de explotación con derrumbe de las rocas de caja,
- sistemas de explotación con derrumbe del mineral y las rocas de caja,
- sistemas de explotación combinados.

Independientemente del sistema de explotación que se utilice, una vez que el mineral arrancado llega a la galería de transporte por las piqueras, es necesario subirlo rápidamente a la superficie mediante el transporte de mina. El transporte, de acuerdo con el sector donde se realiza, se clasifica en:

- transporte por las excavaciones horizontales e inclinadas,
- transporte por el pozo principal,
- transporte en la superficie.

De acuerdo con la clase de equipo que se utiliza, el transporte de minas en las excavaciones horizontales e inclinadas se clasifica en:

- transporte por rieles,
- transporte automotor,
- transportadores de banda.

El transporte por rieles se divide en:

- transporte de locomotora,
- transporte por cable.

En las excavaciones horizontales puede aplicarse cualesquiera de estos dos tipos de transporte, pero en las excavaciones inclinadas se usa solamente el de cable.

El transporte de locomotora es el tipo que se usa fundamentalmente en las excavaciones horizontales y se realiza con una locomotora y vagonetas sobre rieles con ancho de vía entre 600 y 900 mm.

Las vagonetas de minas son de dos tipos: enterizas y con el fondo o las paredes móviles. Las locomotoras de acuerdo con el tipo de energía que utilizan se dividen en:

- eléctricas de contacto o de acumuladores,
- Diesel,
- de aire comprimido.

El transporte por cable se emplea en las galerías y pozos inclinados, y en las excava-

ciones horizontales desempeña un papel auxiliar en el laboreo de excavaciones preparatorias, en la maniobra de vagonetas, etc. El transporte por cable presenta dos variantes: por cable de extremo y por cable sin fin (fig. 25).

El transporte automotor se utiliza en las excavaciones horizontales e inclinadas y en los últimos años aumenta su peso específico en las grandes minas.

Los transportadores de banda se usan tanto en las excavaciones horizontales como en las inclinadas.

El transporte por el pozo principal o elevación garantiza el enlace del transporte en las excavaciones subterráneas, a través de los pozos verticales o inclinados, con el transporte de superficie.

La elevación del mineral a través de los pozos verticales se realiza por medio de *skips* o jaulas, de donde toma el nombre la elevación (figs. 26 y 27).

Para que las labores mineras subterráneas que hemos analizado se desarrollen normalmente es necesario asegurar la ventilación, la iluminación y el drenaje de las minas. En las excavaciones mineras subterráneas el aire atmosférico se altera al disminuir el contenido de oxígeno, al aumentar el contenido de gases nocivos y de polvo; y al cambiar sus propiedades físicas como la temperatura, la humedad, el peso específico y la presión. Para mantener condiciones seguras de trabajo es necesario alimentar a las excavaciones mineras con la cantidad de aire fresco necesaria, con determinada velocidad.

La ventilación de las excavaciones se realiza por medio de ventiladores. La apertura de las minas se efectúa por lo menos con dos pozos. El aire fresco entra desde la superficie por un pozo, ventila todas las excavaciones y después sale por el otro (fig. 28).

El ventilador se sitúa cerca de la boca de uno de los pozos, funciona por succión o por inyección y crea una diferencia de presión que provoca el flujo de aire. El aire fresco que alimenta a las excavaciones subterráneas se distribuye entre ellas mediante la instalación de tabiques, puertas, puentes de ventilación (fig. 29). Los ventiladores que se utilizan en la práctica minera son de dos tipos: centrífugos y axiales (fig. 30).

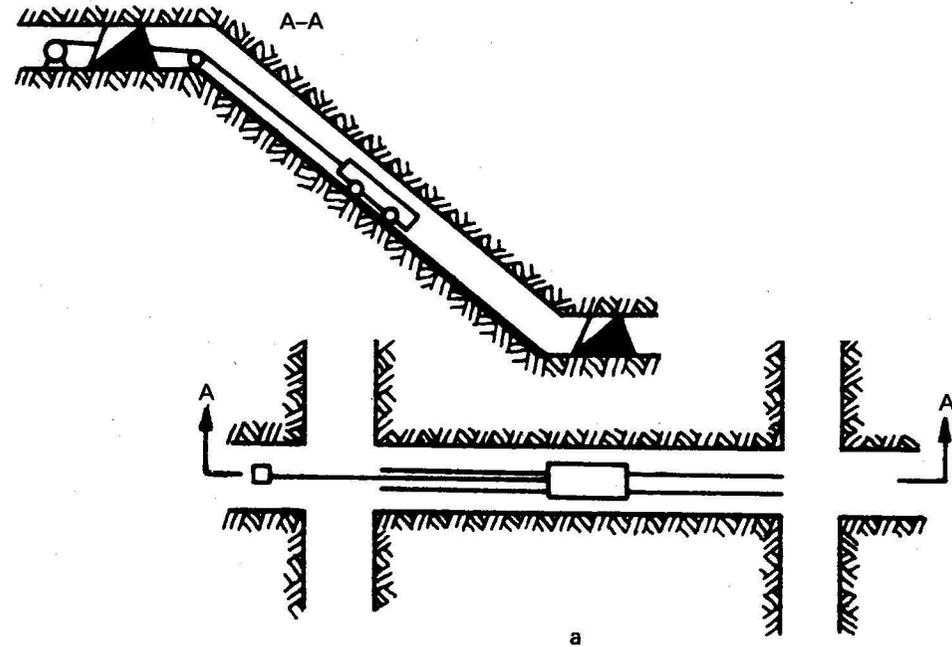


Fig. 25 Esquema del transporte por cable: a) por cable de extremo; b) por cable sin fin

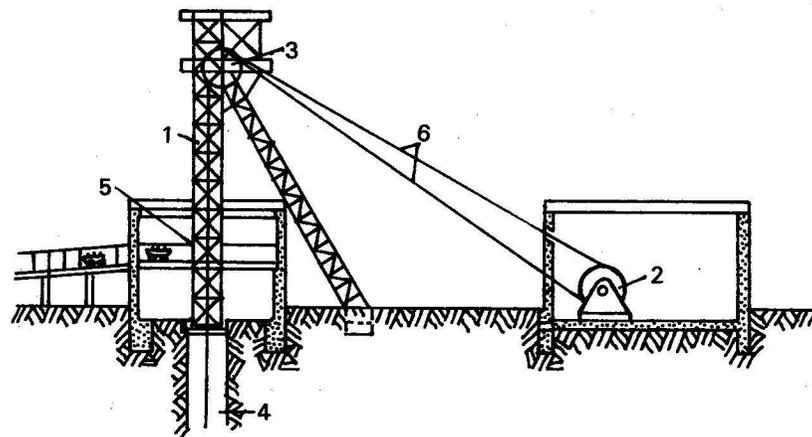


Fig. 26 Esquema de una instalación de ascenso: 1, torre; 2, malacate (*winche*); 3, poleas; 4, recipiente de ascenso; 5, dispositivos de carga; 6, cables

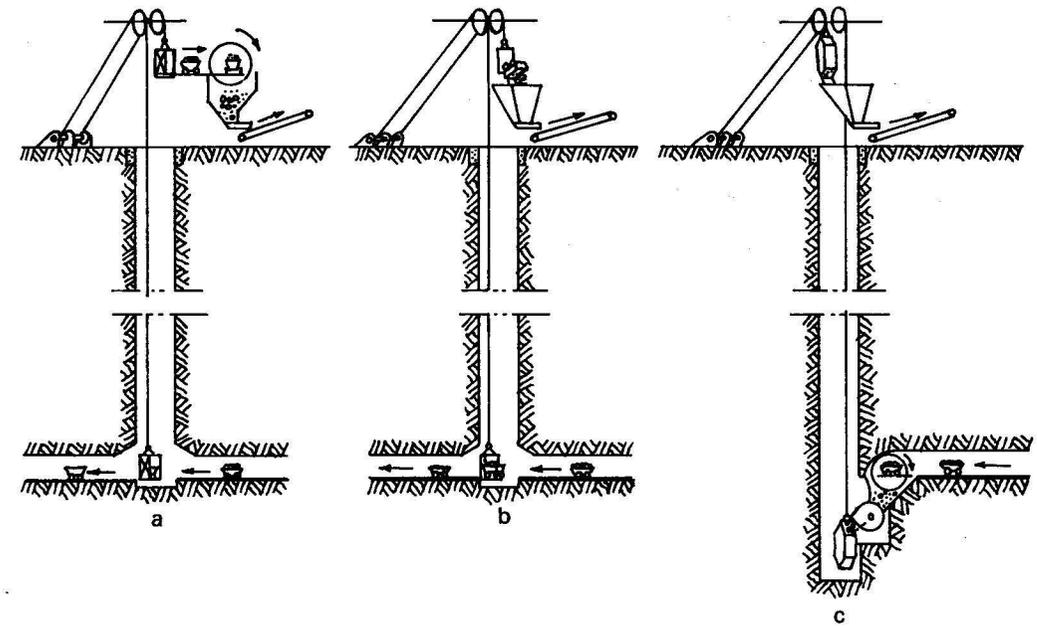


Fig. 27 Esquema para el ascenso del mineral: a) ascenso con jaulas ordinarias; b) ascenso con jaulas de volteo; c) ascenso con skip.

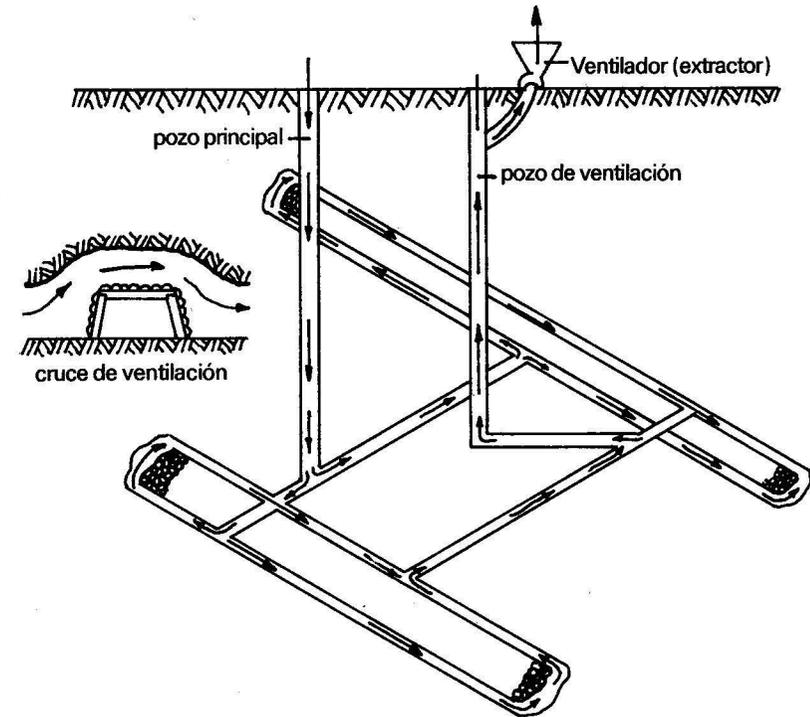


Fig. 28 Esquema de la ventilación del campo de mina con disposición central de los pozos

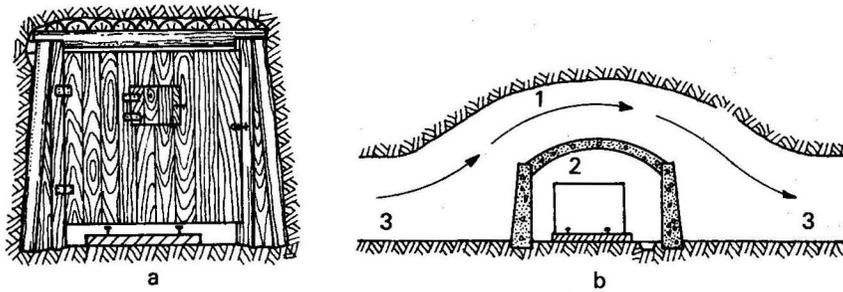


Fig. 29 Construcciones para la ventilación de las minas: a) puerta de ventilación; b) puente de ventilación; 1, puente; 2, galería de transporte; 3, galería de ventilación

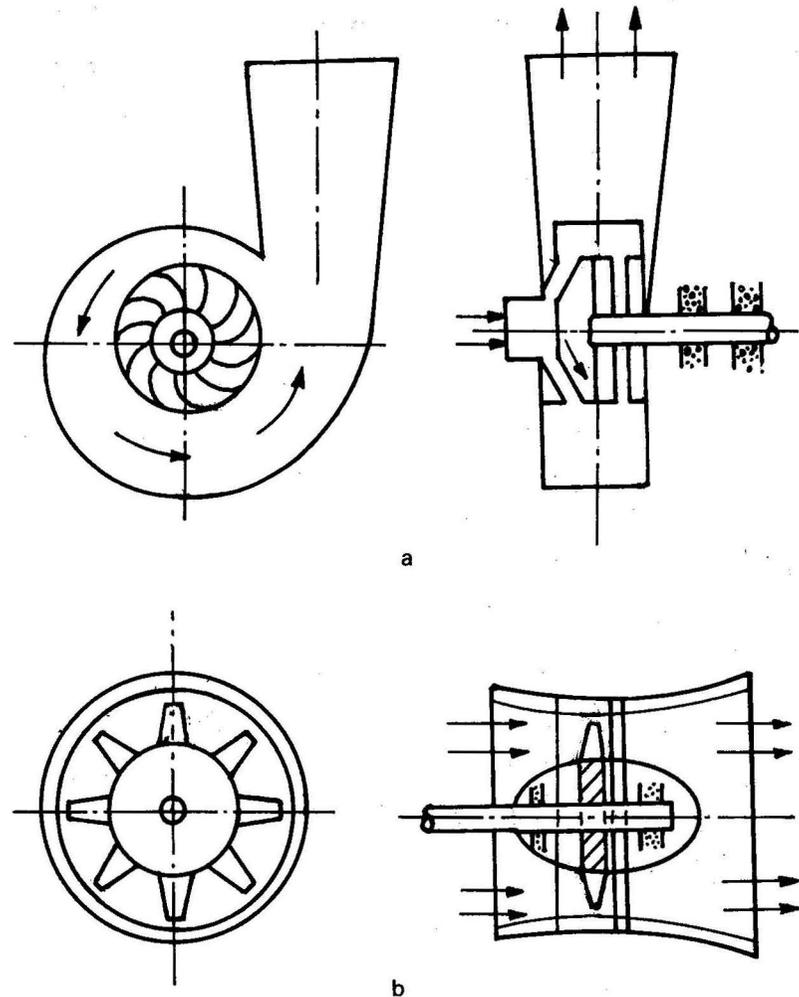


Fig. 30 Esquemas de los ventiladores de minas: a) ventilador centrífugo; b) ventilador axial

En las minas es necesario controlar sistemáticamente la calidad de la ventilación, es decir, comprobar la cantidad de aire que alimenta a la mina y su distribución por las excavaciones, comprobar la calidad del aire, su contenido de polvo y medir su temperatura.

La iluminación de las excavaciones subterráneas tiene gran importancia, pues en los lugares de trabajo bien iluminados es mayor la productividad y menor el número de accidentes.

La iluminación puede ser portátil o individual y estacionaria. La individual puede ser de llama a base de carburo o bencina y de acumulador. La estacionaria se utiliza principalmente en las cámaras inmediatas al pozo, en las estaciones de carga y en las excavaciones principales de transporte.

A las excavaciones subterráneas el agua puede llegar directamente desde la superficie o desde el interior de la corteza terrestre a través de las grietas. La cantidad de agua que afluye a las excavaciones depende tanto de las condiciones naturales como de factores técnicos de la producción y varía entre grandes límites para las distintas minas. Las minas siempre deben estar dotadas de un sistema de drenaje compuesto por cámaras de bombeo, los decantadores, una red de zanjas y otros dispositivos.

Todo el trabajo subterráneo de las minas requiere de un conjunto de instalaciones en la superficie que conforman las llamadas edificaciones mineras de superficie o complejo minero de superficie. Las principales instalaciones mineras de superficie son: torre, edificios de sobremina, planta de beneficio, tolvas, edificio de los *winches*, edificios de los ventiladores, estación de compresores, subestaciones eléctricas, talleres, talleres de distintos tipos, almacenes, edificios administrativos y viviendas.

## Explotación subacuática

La acción de los distintos procesos geológicos provoca la desintegración de las rocas. Las partículas de rocas así separadas son arrastradas por las aguas y depositadas en los valles de los ríos, en los lagos y en la plataforma costera de los mares. Estas acumulaciones forman los llamados placeres, que muchas veces constituyen yacimientos de distintos minerales como el oro, el platino, el estaño, etc. Los placeres subacuáticos se laborean por medio de dragas, que son un conjunto flotante formado por una excavadora de muchas cucharas y una instalación lavadora, montado en un pontón.

En el fondo de los océanos, en los llamados nódulos marinos, existe una gran cantidad de minerales. En la actualidad se dan los primeros pasos para establecer los métodos de extracción de estos nódulos.

## Explotación geotecnológica

La explotación geotecnológica de los minerales consiste en la conversión de estos a un estado fluido, adecuado para ser transportados a la superficie a través de perforaciones. La geotecnología presenta una serie de ventajas ya que no requiere de máquinas complejas, se alcanza una alta productividad del trabajo y no se daña la superficie terrestre, pero presenta aún la desventaja de provocar grandes pérdidas de mineral.

La geotecnología se utiliza hace ya mucho tiempo para la gasificación subterránea del carbón y para la extracción de sal y de azufre. Actualmente, en la medida que avanza la ciencia minera, se amplía el campo de su utilización y se comienzan a emplear en ella las bacterias como catalizadores del proceso de disolución de los minerales, lo que aumentará considerablemente el campo de aplicación de los procesos geotecnológicos.

## La ciencia minera

La ciencia minera nació en el seno de la producción y constituía, inicialmente, un cuerpo de reglas para la organización y realización de la extracción de los yacimientos; durante un largo período se llamó arte minero.

El arte minero no tenía un objeto de investigación claramente definido y contenía una pequeña reserva de conocimientos sobre geología, exploración, geometría minera, mecánica y sobre los métodos de extracción y beneficio de las menas.

Cuando en los albores del siglo XX se comienzan a emplear ampliamente los métodos de cálculo en la minería y las tareas mineras se amplían mediante la utilización de los métodos de las ciencias naturales, el contenido de los conocimientos minero-técnicos se hace más complejo y no pueden ser reflejados por los conceptos del arte minero, este se transforma en ciencia minera.

El objeto de estudio de la ciencia minera es la producción minera, para cuya realización es necesario tener: yacimientos explorados por los geólogos, medios de trabajo y fuerza de trabajo.

El conjunto de factores materiales y humanos que conforman el proceso productivo constituyen las fuerzas productivas. La producción minera es un proceso racional de la actividad laboral del hombre, en que este, apoyándose en los medios de producción (medios de trabajo y objeto de trabajo) y los

conocimientos, realiza la extracción de los minerales y su elaboración para satisfacer sus diversas necesidades. Podemos decir que la producción minera es un proceso de interacción del hombre con la corteza terrestre. En este proceso los hombres trabajan conjuntamente, y establecen entre ellos determinadas relaciones, llamadas técnico-organizativas.

Las fuerzas productivas y las relaciones técnico-organizativas tomadas en su conjunto conforman el modo o la forma de extracción de las menas. En la actualidad, la extracción de las menas se realiza de varias formas: a cielo abierto, subterránea, subacuática y geotecnológicamente. Por lo que podemos decir que la ciencia minera es la encargada de estudiar las formas de extracción de las menas, analizando las leyes de la interacción de la técnica con el medio natural. La ciencia minera no se ocupa de las rocas y de la técnica por separado, sino de su interacción, y el estudio de esta no se puede aislar de las relaciones técnico-organizativas ni de la economía. La técnica de interacción con el medio natural puede ser mecánica, química y biológica.

Según el académico soviético N.V. Melnikov, el objetivo de la ciencia minera es descubrir las regularidades y explicar científicamente los fenómenos y procesos que ocurren al laborear los yacimientos minerales para perfeccionar de forma radical la técnica y la economía de la producción minera.

## Regularidades del desarrollo de la ciencia minera

El desarrollo lógico de la ciencia minera, al igual que en cualquier ciencia, tiene una serie de regularidades, tales como:

1. Condicionamiento a la práctica. Los objetivos concretos y las direcciones prácticas de las ciencias minero-técnicas, la relación de los conocimientos por ella elaborados con la práctica, están determinados por los requerimientos de la industria extractiva, es decir, las ciencias técnico-mineras deben elaborar los conocimientos sobre las vías, los métodos y las medidas para la extracción efectiva y segura de los minerales útiles del interior de la Tierra.

2. Diferenciación. Las ciencias técnico-mineras surgieron de la ramificación de las ciencias naturales. Este proceso ocurrió y ocurre bajo la acción, en primer lugar, de los requerimientos de la producción, del progreso técnico.

Cuando la escala de la producción minera era aún pequeña bastaba con el cuerpo de reglas del arte minero, es decir, la ciencia minera era una e indivisible, pero con el desarrollo impetuoso de los procesos de la producción minera a principios del siglo XX, se hizo necesaria la amplia utilización de los conocimientos de las ciencias naturales y técnicas, ocurrió entonces la diferenciación del arte minero en una serie de ciencias técnico-mineras, aparecieron: la tecnología del laboreo subterráneo de los yacimientos, la tecnología del laboreo a cielo abierto, la topografía minera, la ventilación de minas, la fragmentación de rocas, la mecánica de rocas, etcétera.

Actualmente, las ciencias técnico-mineras se clasifican en grupos, de acuerdo con el objeto de su investigación:

- ciencias técnico-mineras que estudian las propiedades físicas de las rocas;
- ciencias técnico-mineras que estudian el comportamiento del macizo en el laboreo de los yacimientos;
- ciencias técnico-mineras que estudian las leyes y los gastos energéticos de la fragmentación de las rocas;
- ciencias técnico-mineras que estudian las

máquinas y mecanismos para el laboreo de los yacimientos;

d) ciencias técnico-mineras que estudian los métodos de dirección de las máquinas;

e) ciencias técnico-mineras que estudian los procesos mineros;

f) ciencias técnico-mineras que estudian los resultados económicos y ecológicos del laboreo.

3. Desarrollo acelerado. La ciencia avanza proporcionalmente a la masa de conocimientos heredados de la generación precedente y, en condiciones corrientes, su crecimiento se produce según una progresión geométrica, por lo que la cantidad de conocimientos sobre el medio circundante se duplica periódicamente, lo cual es característico en los últimos años el período de 10 años.

4. Integración. Las nuevas ciencias técnicas surgen por la mutua interpenetración y nacen en el contacto de ciencias ya existentes. Por ejemplo, en el contacto de la minería, la metalurgia y la química surgió la geotecnología. La integración está condicionada por una serie de factores:

a) surgimiento de problemas para cuya solución se requieren conocimientos y métodos de distintas ciencias;

b) utilización de la matemática para expresar los procesos;

c) uso de medios técnicos para la realización de los experimentos y de las máquinas computadoras;

d) unidad interna de los métodos de conocimiento.

5. Sucesividad en el desarrollo. Cada nuevo peldaño en el desarrollo de la ciencia surge sobre la base de los peldaños precedentes, manteniendo todo lo valioso que fue recopilado con anterioridad.

6. Sistemática. Los conocimientos científicos tienen tres componentes:

a) conocimientos empíricos (experimentales) que son los componentes fácticos del conocimiento;

b) conocimientos teóricos en forma de sistema, de conceptos y leyes;

c) conclusiones científicas.

## Particularidades del período contemporáneo de desarrollo

La conversión de la ciencia en una fuerza productiva directa determina que en el desarrollo contemporáneo de las ciencias técnico-mineras se observen algunas particularidades:

1) Crece el número de nuevas tareas y problemas, con un aumento de la complejidad de las relaciones entre ciencia, técnica y tecnología, por lo que se requiere de la ciencia no sólo ensanchar el volumen de las investigaciones, sino también la profundización de su contenido, lo cual significa que el desarrollo de las ciencias técnico-mineras no puede permanecer extensivo, supeditado al desarrollo de las ciencias limítrofes.

2) Han pasado a ocupar un lugar de primera importancia los problemas del perfeccionamiento de la dirección de las unidades mineras y del pronóstico del desarrollo de la técnica y la tecnología del laboreo de los yacimientos.

3) La complejidad de las tareas presentadas por la producción requiere de la búsqueda e investigación de nuevos procesos y fenómenos físicos para su utilización en el laboreo de los yacimientos.

Con la conversión de la ciencia en una fuerza productiva directa, el volumen de trabajos científicos crece ininterrumpidamente, surgen contradicciones entre los nuevos requerimientos de un lado y las hipótesis y teorías existentes de otro, se revaloran teorías, se estrecha la esfera de su aplicación y se elaboran nuevas teorías; crece el número de investigaciones y la división del trabajo; junto al proceso de diferenciación ocurre el de fortalecimiento de las relaciones entre las ciencias y la integración sobre la base del enfoque en sistema y la cibernética.

## Conceptos y leyes de la ciencia minera

Como vimos con anterioridad, el objeto de estudio de la ciencia minera es la producción minera y su tarea principal es el esclarecimiento de las leyes objetivas presentes en

cada modo de extracción. Al estudiar y comprender teóricamente los distintos aspectos de los procesos de influencia de la técnica sobre las rocas, se forman los conceptos lógicos y las leyes que gobiernan la producción en la extracción de los minerales útiles.

El concepto es una categoría, resultado del análisis y refleja la estática del proceso productivo, mientras la ley es una categoría, resultado de la síntesis y expresa la dinámica del proceso productivo.

Para extraer las menas de la corteza terrestre debemos realizar una serie de labores con el fin de romper la estructura del macizo de rocas y separar partes de él, es decir, debemos efectuar la fragmentación del macizo. Esta fragmentación se puede ejecutar utilizando diferentes medios técnicos, frente a los cuales las rocas ofrecerán una determinada resistencia y, por ejemplo, si empleamos los explosivos es necesario perforar la cámara donde los vamos a situar. La resistencia que ofrecen las distintas rocas a la perforación se expresa por el concepto de *perforabilidad*, que se caracteriza por la velocidad de perforación. La cantidad de explosivo que es necesario utilizar dependerá del tipo de roca y la granulometría deseada, por lo que para caracterizar las rocas por su resistencia a la fragmentación se usa el concepto *explosionabilidad* de las rocas, que se caracteriza por el gasto de sustancia explosiva para fragmentar un metro cúbico del macizo con una granulometría dada. Asimismo, tendremos el concepto de resistencia de las rocas a los distintos eslabones del proceso productivo. Estos conceptos, que expresan la resistencia de las rocas a la acción de la técnica, se ha tratado de expresarlos a través de un índice único generalizador. El índice más utilizado para esto es el coeficiente de fortaleza, concepto que fue introducido en 1910 por el Profesor del Instituto de Minas de Leningrado, M.M. Protodiakonov.

La fortaleza de las rocas expresa su resistencia a los esfuerzos externos, condicionados en cada caso concreto por la combinación de la resistencia de las rocas a la tracción, compresión y desplazamiento.

El coeficiente de fortaleza, según Protodiakonov es:

$$f = \frac{\sigma_c}{100}$$

donde:

$\sigma_c$  - Resistencia de una muestra de roca a la comprensión monoaxial, kg/cm<sup>2</sup>.

Según el coeficiente de fortaleza, todas las rocas se dividen en diez categorías con valores de f desde 0,3 hasta 20.

## CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEGÚN SU GRADO DE FORTALEZA

Categoría	Grado de fortaleza	Tipo de roca	Coefficiente de fortaleza
I	El más alto grado de fortaleza	Los basaltos y cuarcitas más fuertes, viscosos y densos, y otras rocas similares.	20
II	Muy fuertes	Rocas graníticas muy fuertes esquistos pedregosos, cuarcitas y algunas calizas.	15
III	Fuertes	Granitos, calizas y areniscas. Mineral de hierro.	10
IIIa	Fuertes	Calizas, granitos, mármol y dolomita.	8
IV	Fuertes	Areniscas y minerales de hierro.	6
IVa	Fuertes	Esquistos arenosos, areniscas.	5
V	Fortaleza media	Esquistos arcillosos, calizas, areniscas y conglomerados débiles.	4
Va	Fortaleza media	Esquistos no fuertes y margas densas.	3
VI	Algo débiles	Esquistos débiles, areniscas muy blandas; creta, sal, yeso, antracita, etcétera.	2
VIa	Algo débiles	Terreno de cascajo, esquistos, carbón, arcilla endurecida.	1,5
VII	Débiles	Arcilla, carbón, suelos arcillosos.	1
VIIa	Débiles	Arcilla arenosa débil, grava, loess.	0,8
VIII	Terroso	Tierra vegetal, tierra arcillosa, arena seca, turba.	0,6
IX	Friable	Arena, grava blanda, carbón extraído.	0,5
X	Movedizo	Terreno movedizo, terreno cenagoso, loess disuelto.	0,3

Los procesos de la producción minera se caracterizan por una serie de regularidades como, por ejemplo, el dinamismo de los frentes de trabajo y la correspondencia y ciclicidad del desarrollo de los frentes.

El dinamismo de los frentes de trabajo se debe a que en el proceso de laboreo de los yacimientos, los frentes de trabajo se trasladan con una velocidad:

$$V = \frac{Q}{S}$$

donde:

- Q - Productividad de los equipos de arranque que trabajan en el frente, m<sup>3</sup>/mes.  
S - Área del frente, m<sup>2</sup>.

De esta regularidad se desprenden una serie de consecuencias:

- 1) La productividad de las máquinas de arranque es el resultado de la interacción de los órganos de trabajo con las rocas, a medida que se traslada el frente de trabajo cae en distintas condiciones, al variar las propiedades de las rocas; el equipamiento utilizado debe trabajar exitosamente en todo el rango de las propiedades y, por tanto, para pronosticar correctamente su productividad, es necesario conocer las propiedades físicas de las rocas.
- 2) Para la extracción de las rocas es necesario superar la resistencia a la fragmentación, lo que se puede realizar a veces directamente con las máquinas y en otros casos es indispensable utilizar distintos métodos de preparación de las rocas.
- 3) Las máquinas y los mecanismos deben estar preparados para su traslado.
- 4) Para intensificar los trabajos mineros es deseable aumentar la productividad de los equipos y disminuir el área de los frentes, lo que crea una contradicción, que se hace más aguda en el laboreo subterráneo que a cielo abierto.
- 5) En los frentes de arranque se observa variabilidad de las propiedades cualitativas de las menas, por lo que surge el problema de la estabilización de la calidad de la mena extraída, lo que se resuelve mediante la distribución de los frentes y la elección de las direcciones de desarrollo de los trabajos o por aligación.

De la correspondencia y ciclicidad en el desarrollo de los trabajos mineros en espacio

y tiempo se desprende que los trabajos para asegurar el acceso al yacimiento deben aventajar en el espacio a los de preparación de los bloques y estos a su vez a los de arranque. Los trabajos de apertura del yacimiento deben desarrollarse en el espacio con mayor o igual intensidad que los preparatorios y estos deben aventajar a los de arranque.

Los trabajos mineros, al igual que la mayoría de los fenómenos en la naturaleza, se desarrollan cíclicamente. Los procesos en su desarrollo pasan por determinado estado, tienen un principio y un fin y, al concluir, se repiten; sin embargo, la situación en el frente cambia constantemente y por eso cada nuevo ciclo ocurre en condiciones distintas y sus parámetros se desvían en uno u otro sentido.

Los ciclos se pueden observar en los procesos tecnológicos y en la formación de la zona laboral como objeto geométrico.

En los procesos tecnológicos tenemos la ciclicidad del trabajo de las máquinas de perforación; la repetición de la voladura de determinados volúmenes de masa minera; la ciclicidad del trabajo de los equipos de carga, la repetición de los viajes de los medios de transporte, etcétera.

En el proceso de formación de la zona laboral, la ciclicidad aparece al repetir los trabajos de apertura y preparación de nuevas zonas del yacimiento.

Estas regularidades analizadas caracterizan la dinámica de formación de la mina como objeto geométrico y constituyen leyes que podemos llamarlas técnico-mineras, junto con estas existen otras que reflejan de forma más global el proceso productivo, como es la ley de la productividad del trabajo, que expresa la esencia de la relación entre los resultados de la actividad de la unidad minera y los gastos.

## Métodos de la ciencia minera

En la ciencia minera se utiliza ampliamente el modo analítico-sintético de investigación, el cual incluye una serie de métodos: analítico, analógico, modelación, experimentos naturales y otros. Su esencia consiste en que los fenómenos complejos se separan en sus elementos simples y al terminar la separación se pasa de la parte al todo, ascen-

diendo de lo simple a lo complejo. La comprensión teórica se compone de análisis y síntesis. El movimiento del pensamiento ocurre de lo concreto a lo abstracto y de lo abstracto a lo concreto, es decir, sin análisis no hay síntesis.

En la investigación es necesario superponer la sucesividad lógica e histórica, por cuanto la unidad de lo lógico y lo histórico está determinada por el hecho de que lo lógico está condicionado por lo histórico.

Las particularidades del objeto de la ciencia minera influyen sobre los métodos de investigación sobre los cuales, a su vez, ejerce una influencia fundamental la dirección práctica de la ciencia minera, es decir, su subordinación a los fines de la producción. Los métodos de investigación deben asegurar la realización de los índices económicos y sociales de los procesos de extracción de los minerales.

En relación con la orientación de la ciencia contemporánea a los problemas de dirección, comienza a tener una amplia utilización el enfoque en sistema, que se basa en la idea de la integridad, de la no reducción de lo complejo a lo simple y la presencia en el conjunto del objeto de propiedades que no pueden encontrarse en sus partes. En la mina se entiende como sistema a un conjunto de parámetros de los procesos productivos con una serie de relaciones entre ellos.

El análisis en sistema se basa en el enfoque funcional del objeto debido a que:

- 1) Se subordina a las tareas de optimización de los procesos analizados. El punto inicial del enfoque funcional es el comportamiento y no la constitución del sistema.
- 2) Los sistemas poseen la capacidad de conservar estabilidad en determinados límites de las influencias perturbadoras, lo que permite utilizar, para expresar su comportamiento, un modelo cuyo contenido no conocemos y su comportamiento se expresa sobre la base de los parámetros de entrada y salida.
- 3) Los distintos procesos de la producción minera se pueden expresar con ecuaciones análogas.
- 4) Un sistema que expresa un proceso se analiza como la unidad de tres orígenes: el medio, la estructura de las relaciones internas y

las relaciones funcionales con la carga actuante. Las características del sistema son la información, la organización y la dirección. La información es la medida cuantitativa de la variación al pasar el sistema de un estado a otro; la organización es el proceso de transformación de un fenómeno no regulado a regulado y por dirección de un proceso se entiende la conversión del sistema a un estado que satisfaga los requerimientos tecnológicos de la producción minera.

## Relación ciencia-técnica-producción

La ciencia y la técnica se relacionan estrechamente y esta relación es necesario analizarla tanto desde el punto de vista de la influencia de la ciencia sobre la producción como desde el punto de vista de la influencia de la producción sobre la ciencia. La correlación entre la ciencia y la técnica es una magnitud variable y cada época se caracteriza por su correlación.

De acuerdo con el académico soviético B.M. Kedrov, en la historia de la relación ciencia-técnica se pueden diferenciar tres etapas:

- 1) Hasta los siglos XVII-XVIII la ciencia, en su desarrollo, iba detrás de la técnica. Las relaciones de la ciencia con la producción eran muy débiles, ya que los instrumentos y las máquinas eran la encarnación de los conocimientos empíricos recopilados y no el resultado de investigaciones científicas.
- 2) En el siglo XIX la ciencia alcanza a la técnica. La producción maquinizada provocó un salto brusco en el desarrollo de la ciencia, al convertirse el proceso productivo en una esfera de la utilización de la ciencia y la ciencia una función del proceso productivo. Comienza la etapa de la utilización racional de la ciencia y la producción.
- 3) A mediados del siglo XX la ciencia, en su desarrollo, se adelanta a la técnica y se convierte en una fuerza productiva directa e influye sobre los objetos de trabajo, conduce a la aparición de nuevos materiales y métodos de producción.

Actualmente la parte del intelecto que entra en el producto terminado, en comparación

con la parte de energía y materiales, aumenta continuamente. En el caso general el desarrollo de la producción ocurre tanto a cuenta del aumento de la producción (factor extensivo), como de la elevación de la productividad (factor intensivo). El papel del factor intensivo en el desarrollo de la producción contemporánea aumenta constantemente debido a la influencia del desarrollo de la ciencia y la técnica.

En las condiciones de la revolución científico-técnica, la velocidad de desarrollo de la ciencia es mayor que la de la técnica y la de esta es mayor que la de la producción y por otro lado el desarrollo de la producción ejerce su influencia en el desarrollo de la técnica y la de esta en el de la ciencia, es decir, la relación entre la ciencia, la técnica y la producción es contradictoria y compleja.

La elevación de la productividad del trabajo y la efectividad de la producción depende básicamente del nivel de la técnica, la tecnología y la organización de la producción utilizados, y cuando se amplía la producción y la esfera de utilización de métodos conocidos no siempre se tienen claras las consecuencias de esta ampliación, surgen nuevos problemas y se requieren nuevas investigaciones. Los resultados científicos obtenidos al investigar determinado objeto, normalmente tienen una significación práctica mucho más amplia que la economía que se obtiene en este objeto.

### Tendencias internas del desarrollo de la técnica minera

El desarrollo de la técnica minera se caracteriza por las siguientes características internas:

1) La asimilación de formas más complejas de la materia: mecánica, física, química y biológica.

La técnica minera contemporánea tiende a la utilización más amplia de los procesos físicos y químicos para accionar sobre las rocas. Se desarrollan los métodos físico-químicos de laboreo de los yacimientos, en los cuales la mena se convierte en una solución en el lugar de yacencia, utilizando como solventes agua, soluciones ácidas y alcalinas, y como catalizadores del proceso, las bacterias que aumentan

la velocidad de disolución de los metales en decenas de veces.

2) Utilización del calor interno de las profundidades de la corteza terrestre, como nueva fuente de energía renovable.

3) Utilización de fuentes de energía más potentes, es decir, pasar de las sustancias explosivas utilizadas hoy día al empleo de la energía de las explosiones nucleares.

4) Aumento de la intensidad de los procesos. El aumento de la intensidad del laboreo de los yacimientos se produce mediante el aumento de la capacidad y la potencia de las máquinas.

5) Creciente grado de la claridad de objetivo de los procesos utilizados. Continuamente los procesos se perfeccionan y su coeficiente de rendimiento aumenta.

6) Variación de los elementos, la estructura y las funciones de la técnica. En la producción minera se utiliza la técnica energética, de perforación, de excavación, de transporte y de dirección. En su desarrollo, la técnica minera se especializa en correspondencia con los procesos componentes de la tecnología de extracción de los yacimientos y su desarrollo va tanto por la vía funcional como por el objeto. La técnica a medida que se desarrolla se hace más compleja y tiende hacia la automatización.

### Tendencias del desarrollo de la industria extractiva

El progreso técnico es el perfeccionamiento continuo de la técnica y la tecnología de producción sobre la base de los logros de la ciencia. Actualmente, el progreso técnico en la industria extractiva se lleva a cabo mediante el aumento de la escala de las unidades mineras, el perfeccionamiento de la tecnología, la mecanización y automatización de los procesos productivos incorporando a la extracción los yacimientos del fondo de los mares y océanos, disminuyendo las pérdidas de mena en las profundidades de la Tierra y el restablecimiento de la superficie dañada durante el laboreo.

Este progreso técnico se caracteriza por una serie de direcciones básicas:

1) Elevación de la potencia productiva de las unidades mineras hasta el límite en el cual la

disminución de los gastos de explotación por tonelada de mena se igualan al crecimiento de la amortización de las inversiones.

2) Ampliación del campo de utilización de los procesos continuos como base de la automatización.

3) Elevación del nivel de mecanización y automatización de los procesos productivos, aumentando el volumen de trabajo realizado con máquinas y equipos automáticos en relación con el volumen total de trabajo.

4) Perfeccionamiento de la tecnología de los distintos tipos de trabajo.

El proceso de perforación se desarrolla por la vía de la intensificación y automatización, se aumenta el surtido de máquinas que permiten perforar una amplia gama de diámetros bajo distintos ángulos, aparecen máquinas de perforación combinada y se comienzan a emplear nuevos métodos de perforación utilizando la energía de la explosión, la energía eléctrica, etcétera.

En los trabajos con explosivos se amplía el surtido de sustancias explosivas y se mecaniza la carga de los barrenos y taladros. El proceso de excavación se perfecciona con la utilización de excavadoras más potentes, el uso de cargadores frontales para trabajar en planos inclinados y el uso de máquinas cargadoras de acción continua para rocas fuertes.

El transporte se intensifica a base del uso del transporte combinado y su electrificación, aumentando la potencia de las locomotoras y la capacidad del parque rodante y la capacidad de los camiones aumentará hasta 190-200 t.

### Política de desarrollo de la industria extractiva cubana

En la Plataforma Programática del Partido Comunista de Cuba, aprobada por su Primer Congreso en diciembre de 1975, en su apartado VI "Política Económica: creación de la base material y técnica del socialismo", plantea:

Culminada una primera fase de impulso inicial en que el centro de las actividades y la orientación de las inversiones estuvieron dirigidas

fundamentalmente hacia el sector agropecuario, a la vez que se trabajaba en la creación de la infraestructura necesaria en obras hidráulicas, viales y otras construcciones con el propósito de crear la base y las condiciones para llevar a cabo el proceso de industrialización, la tarea central de los planes de desarrollo y fomento de la economía nacional a partir del próximo quinquenio 1976-1980, será la industrialización del país.<sup>1</sup>

La tarea principal de la industrialización consiste en crear la base interna necesaria para el desarrollo sistemático de las fuerzas productivas, abastecer de equipos y materiales a la propia industria, a la agricultura y a la ganadería; elevar los recursos exportables; sustituir importaciones; y producir variados artículos de amplio consumo de la población.

La producción de níquel recibirá un impulso acelerado, lo cual entraña importantes inversiones tanto en la rehabilitación de las dos plantas existentes como en nuevas plantas, de manera que en la próxima década se convierta en un renglón de mucha mayor importancia.

Se continuarán realizando investigaciones geológicas en la búsqueda de yacimientos minerales entre ellos el petróleo.<sup>2</sup>

La industria siderúrgica constituye una base indispensable para la industrialización. Ella debe hacerse capaz de abastecer de materia prima a nuestra industria mecánica, pivote de la industrialización proyectada. El inicio de la producción siderúrgica integrada en el norte de Oriente, la elaboración de laminados y perfiles, en la próxima década permitirá a Cuba elevar a los niveles requeridos esa base siderúrgica. Continuarán las investigaciones científicas dedicadas a la utilización de los yacimientos de hierro laterítico y la búsqueda de materiales de reducción que resulten los más adecuados para Cuba, país sin base carbonífera.<sup>3</sup>

Se creará una fuerte base para el desarrollo de las actividades de construcción. Se aumentará la producción de cemento y otros renglones de

<sup>1</sup> Plataforma Programática del Partido Comunista de Cuba, Editado por el Departamento de Orientación Revolucionaria del Comité Central del Partido Comunista de Cuba, La Habana, 1976, p. 61.

<sup>2</sup> Ibidem, p. 62.

<sup>3</sup> Ibidem, p. 63.

la industria de materiales de construcción, con el objetivo de asegurar el suministro de los materiales de construcción en la cantidad y calidad requeridas.<sup>4</sup>

...la productividad del trabajo desempeñará el rol más importante en el incremento de la producción social; de ahí que habrá de concentrarse la atención en la mecanización más amplia de los procesos productivos, la introducción paulatina de la automatización, la especialización y concentración, (...) la introducción más rápida de los adelantos científico-técnicos en la

producción, la elevación de la calificación de los trabajadores y el perfeccionamiento de la organización y dirección científica de los procesos de producción y del sistema salarial.<sup>5</sup>

De estos postulados de la Plataforma Programática se desprenden las tareas que tendrá que enfrentar la industria extractiva cubana para abastecer de materias primas metálicas y no metálicas a la industria metalúrgica y química y de materiales a la construcción, así como producir recursos exportables.

## CAPÍTULO V

# Plan de estudio para la preparación de los ingenieros de minas

Las tareas de la educación superior en esta especialidad vienen determinadas por los requerimientos de la industria extractiva y sus tendencias de desarrollo.

La producción contemporánea requiere de especialistas de amplio perfil, que apliquen creadoramente el marxismo-leninismo, tengan un conocimiento profundo de las ciencias naturales y técnicas, dominen los métodos de la investigación científica y posean hábitos de trabajo independiente tanto ingenieril como organizativo.

Las posibilidades de progreso de la industria minera los señala la ciencia minera.

La formación superior en la especialidad de minería es una de las formas de realización de la potencia de la ciencia minera, por eso el contenido de la educación superior debe estar permanentemente en correspondencia con el estado de las ciencias naturales y minero-técnicas.

Durante el tiempo de estudio en el Instituto, el estudiante debe asimilar el volumen básico de conocimientos que le permitan en el futuro completar su formación de modo independiente.

El plan de estudio para la preparación del ingeniero de minas refleja el estado actual de la ciencia, la técnica y la tecnología mineras. A través del proceso docente, los conocimientos científicos deben formar en el estudiante el correspondiente estilo de razonamiento,

que le permita realizar exitosamente la actividad práctica y asimilar los nuevos logros de la ciencia y la técnica. El proceso docente contempla también el cumplimiento por los estudiantes de elementos de investigaciones científicas, para iniciarlos en el trabajo científico.

El proceso de formación de un especialista de amplia cultura es inconcebible sin su desarrollo multilateral. La alta cultura del individuo se pone de manifiesto en la cultura de su pensamiento. La cultura del individuo no se basa sólo en la asimilación de los logros de la ciencia, en el conocimiento de las leyes de la lógica, sino también en el conocimiento del arte.

La ciencia desarrolla el pensamiento y la creatividad, pero el mundo emocional del individuo se forma por el arte.

Sin la asimilación de las riquezas culturales acumuladas por la humanidad no es posible la formación de una concepción comunista del mundo.

A la formación humanista del futuro ingeniero contribuyen las actividades que desarrolla el Departamento de Cultura del Instituto y la participación independiente del estudiante en las diversas actividades que se desarrollan en el país en este campo.

La práctica y los hábitos de organización y del trabajo político social los pueden adquirir los estudiantes, participando en el trabajo de

<sup>4</sup> Ibidem, p. 64.

<sup>5</sup> Ibidem, pp. 72-73.

la UJC, la FEU, los órganos del Poder Popular y las Brigadas Estudiantiles de Trabajo. La importancia de adquirir estos hábitos viene dada, ante todo, porque el dirigente contemporáneo debe unir orgánicamente el ideario comunista con una gran competencia. De este modo, el objetivo principal de la enseñanza consiste en enseñar al estudiante a aprender, a estudiar por sí solo. Esto se consigue formando en este el correspondiente estilo del desarrollo contemporáneo de la ciencia y de la cultura del pensamiento y los hábitos de organizador y educador de los trabajadores.

La escuela superior no puede dar al egresado una reserva de conocimientos suficiente para toda la vida. Actualmente el ciclo de renovación de estos es de 7-15 años y como promedio la vida laboral activa es de 40-50 años, por lo que la educación debe tener un carácter permanente, basada fundamentalmente en el estudio individual.

### Estructura del plan de estudio

El plan de estudio de la especialidad de Minería contempla dos especializaciones: Explotación de Yacimientos y Topografía. Incluye cuarenta y tres disciplinas para la especialización de Explotación de yacimientos y cuarenta y uno, para la de Topografía. El plan contempla también la realización de las prácticas de familiarización y producción, así como un proyecto de diploma como forma de culminación de los estudios.

Las distintas disciplinas se unen por grupos en: asignaturas de ciencias sociales, de formación general, básicas, básicas específicas o generales de ingeniería, de la especialidad y de la especialización.

El grupo de ciencias sociales incluye: Filosofía Marxista-Leninista, Economía Política, Historia del Movimiento Obrero y la Revolución Socialista de Cuba y Comunismo Científico.

El grupo de formación general contempla: Educación Física e Idioma extranjero. El de ciencias básicas comprende: Matemáticas, Física, Química, Geometría Descriptiva, Dibujo Básico e Introducción a la Computación.

El grupo de ciencias básicas específicas o generales de ingeniería contiene: Mecánica

Teórica, Resistencia de Materiales, Electrotecnia, Electrónica, Termotecnia e Hidráulica.

El grupo de las asignaturas de la especialidad está integrado por: Introducción a la Especialidad, Mineralogía y Petrografía, Geología General, Geología Aplicada, Tecnología de los materiales, Dibujo Topográfico y Minero, Topografía General, Nociones de Minería, Fragmentación de rocas, Construcciones Mineras de Superficie, Construcción Subterránea, Economía Minera, Organización, Planificación y Dirección de la Industria Minera, Protección del Trabajo Minero, Ventilación de Minas y Explotación de yacimientos.

El grupo de asignaturas de la especialización de Explotación de Yacimientos incluye: Hidrogeología e Ingeniería geológica, Topografía Minera, Máquinas e Instalaciones mineras, Transporte en Minas, Preparación Mecánica y Beneficio de los Minerales, Mecánica de Rocas y Proyectos de Minas.

El de la especialización de Topografía comprende: Teoría de Errores, Topografía Minera, Geodesia Superior, Geodesia Aplicada y Fotogrametría.

\* Las formas del trabajo docente utilizados son: conferencias, clases prácticas, prácticas de laboratorio y seminarios.

Para la asimilación exitosa del contenido de todas las disciplinas del plan de estudio, el estudiante debe dedicar al estudio individual un promedio de alrededor de treinta horas semanales.

El control del aprovechamiento de los estudiantes se realiza sistemáticamente a través de las preguntas de control en las distintas actividades docentes, de las tareas, de los trabajos de control en clases, de coloquios, de pruebas intrasemestrales, etc. En las asignaturas que lo contemplan en el plan de estudios, se realizan los exámenes finales de semestre. Se prevé la realización de cuarenta y tres exámenes finales, cinco trabajos y proyectos de curso y, como culminación de los estudios, un proyecto de diploma. Este consiste en un trabajo independiente del estudiante donde debe mostrar su capacidad para proyectar una unidad minera o una parte de ella, en el caso de la especialización de Explotación de Yacimientos, o para proyectar la realización de los trabajos topográficos.

### Interrelación de las ciencias sociales, naturales y técnicas

Entre las ciencias sociales, las ciencias naturales y las ciencias técnicas existe una determinada relación. Entre las ciencias sociales y naturales se realiza a través de las ciencias técnicas y el propio conocimiento técnico se presenta como una síntesis peculiar de los conocimientos sociales y naturales. De las ciencias sociales pasan a las ciencias técnicas los conocimientos sobre los fines y las regularidades del desarrollo de la sociedad y sus requerimientos técnico-productivos que deben satisfacer las ciencias técnicas; y de las ciencias naturales, las ciencias técnicas se apropiaron del conocimiento de las leyes fundamentales de la naturaleza.

Las ciencias técnicas, como sistema de conocimientos científicos y forma de actividad investigativa, surgieron a finales del siglo XVIII y principios del XIX, cuando el desarrollo de la producción maquinizada comenzó a presentar tareas que requerían, para su solución, la intervención de la ciencia. Como tarea de las ciencias técnicas se presentó la necesidad de buscar los métodos de materializar los conocimientos con el objetivo de transformar los materiales naturales en medios de trabajo, lo que requirió el esfuerzo integrado de las ciencias sociales, naturales y técnicas. Bajo la influencia de la revolución científico-técnica actual ocurre un acercamiento de las ciencias sociales, naturales y técnicas.

Una de las tareas fundamentales de las ciencias técnicas contemporáneas es la elaboración de modelos teóricos de sistemas técnicos automatizados que al usarlos en la producción liberen al hombre de su participación directa en el proceso tecnológico y permitan alcanzar la mayor productividad del trabajo necesaria para la realización de los principios del comunismo. Estos sistemas técnicos se pueden crear solo sobre la base de la más estrecha relación de las ciencias técnicas, naturales y sociales.

El criterio de progresividad de estos sistemas debe contemplar los gastos sociales, la distribución de las funciones en el sistema hombre-técnica y las condiciones de funcionamiento de los sistemas técnicos sin dañar el medio ambiente.

### El pensamiento ingenieril y su desarrollo

En la medida que el estudiante cursa las distintas disciplinas del plan de estudios va formando y desarrollando el pensamiento ingenieril como una de las formas de la conciencia social, basado en la asimilación de los logros de las ciencias naturales, técnicas y sociales, y dirigido a la elaboración y utilización de los medios y los procesos tecnológicos con el fin de transformar la naturaleza, determinando las posibilidades de explotación de los medios técnicos para solucionar los problemas que van presentando las necesidades sociales.

El pensamiento ingenieril es una síntesis de los conocimientos de las ciencias naturales, técnicas y sociales que se somete a las leyes generales de desarrollo del pensamiento y en las condiciones de la revolución científico-técnica aumenta el papel de las ciencias sociales en el mismo, debido a que el estímulo principal para la creatividad del ingeniero no viene dado por el desarrollo lógico interno de las ciencias técnicas, sino por las demandas sociales, sin olvidar que la solución efectiva de los problemas ingenieriles solo es permisible sobre la base de los logros de las ciencias naturales.

El desarrollo del pensamiento ingenieril refleja las leyes generales del desarrollo de la vida material y espiritual de la sociedad, o sea, del modo de producción y las relaciones sociales. Este desarrollo tiene una serie de regularidades como:

- a) la utilización de materiales naturales y artificiales;
- b) la utilización de las distintas formas del movimiento de la materia, desde el mecánico hasta el social;
- c) la complicación de los principios utilizados para los medios técnicos;
- d) la unión de los conocimientos de las ciencias técnicas, naturales y sociales.

La formación del pensamiento ingenieril está indisolublemente ligada a la del pensamiento filosófico, pues las categorías más generales de este son los conceptos de la dialéctica como: cantidad y calidad, necesidad y casualidad, posibilidad y realidad.

## Contenido del trabajo del ingeniero de minas

El trabajo ingenieril surge desde épocas tempranas del desarrollo de la sociedad, en la medida que se requiere ir perfeccionando los medios de trabajo y mejorando las condiciones de vida. Inicialmente se daba la categoría de ingeniero a las personas que dirigían la construcción de fortalezas militares o se dedicaban a la creación de armas.

La profesión de ingeniero aparece en forma masiva ligada a los requerimientos de la producción maquinizada en el siglo XIX. La actividad ingenieril se convierte en un elemento indispensable de la gran producción maquinizada cuando se hace objeto de la utilización tecnológica de la ciencia. Inicialmente, el trabajo ingenieril tenía, por lo regular, un carácter integral, pero en las primeras décadas del siglo XX, con el avance de la ciencia y su utilización tecnológica comienza a diferenciarse y aparecen el ingeniero investigador, el ingeniero proyectista y el ingeniero tecnólogo, lo cual da lugar a su estructura externa.

La estructura interna del trabajo ingenieril está condicionada por el contenido profesional del trabajo del ingeniero.

El trabajo ingenieril tiene una serie de particularidades. En primer lugar, es un trabajo creador. Aun, al resolver tareas tradicionales, el ingeniero está obligado a encontrar elementos nuevos.

Para trabajar creadoramente el ingeniero debe ir del brazo con el tiempo, es decir, uti-

lizar una enorme cantidad de información y mantenerse actualizado con los progresos de la ciencia.

Con el avance de la normalización la actividad del ingeniero está reglamentada por materiales normativos, pero incluso en estos casos se requiere que tenga la capacidad de encontrar nuevas soluciones combinando lo estandarizado. Por cuanto la capacidad creadora de cada individuo no es comensurable con la complejidad de los grandes problemas de ingeniería, el trabajo del ingeniero se vuelve cada vez más colectivo.

### La producción como tipo de actividad del ingeniero de minas

La función básica del ingeniero en la producción es de dirección: dirección del personal, de la técnica y de la tecnología. Es un proceso de toma de decisiones, es decir, de transformación de la información en acción.

El ingeniero de minas en la producción está obligado a asegurar la mejor organización del trabajo; el gasto racional de los medios materiales y monetarios; la asimilación y utilización de los logros científico-técnicos; la administración planificada y económica, y la utilización de los métodos económicos de dirección con habilidad.

En las unidades mineras contemporáneas trabajan máquinas muy diversas y complejas (excavadoras, locomotoras eléctricas, perforadoras, etc.), se construyen distintas instalaciones, continuamente se montan y desmontan diferentes comunicaciones (líneas eléctricas, vías férreas, caminos, etcétera).

El lugar de trabajo de las máquinas se traslada constantemente en el espacio y cambian ininterrumpidamente las condiciones de trabajo. En las grandes canteras tiene un gran significado el acarreo de considerables volúmenes de roca, bien hacia la planta de beneficio o hacia la escombrera, donde la longitud de los caminos se mide por decenas y a veces cientos de kilómetros. Todo este complejo de trabajos está en estrecha relación y se desarrolla en la zona laboral que varía en espacio y tiempo, sometándose a leyes de la ciencia minera.

Independientemente de las diferencias en la actividad de los dirigentes de distinto rango, el esquema de solución de las tareas organizativas de la producción es general y está determinado por los ciclos de dirección de la producción.

El primer ciclo básico es la dirección del proceso tecnológico en un sector de la unidad minera. Aquí la operación de dirección coincide con la actividad ejecutiva y el objetivo de la dirección es el aseguramiento de los parámetros óptimos del proceso tecnológico.

El segundo ciclo es el de la dirección operativa de la producción. La efectividad de la producción la determinan la calidad del plan calendario y la organización del control. Se presta gran atención a la compatibilización de los regímenes de trabajo de los distintos procesos tecnológicos. El objetivo de la dirección operativa es la ritmicidad y calidad.

El tercer ciclo incluye la dirección operativa del plan de producción anual y su finalidad es alcanzar las características técnico-económicas del proceso productivo determinadas por el plan estatal de la economía nacional. Sobre esta base se determinan las normas de gasto de recursos, de modo que la normación de la producción junto con las medidas técnico organizativas determinan el contenido de la dirección operativa.

El cuarto ciclo es la dirección perspectiva de la producción para su desarrollo y perfeccionamiento a cuenta de las inversiones. Su

objetivo es el aseguramiento de una producción estable con un continuo aumento de su efectividad.

El cumplimiento de los resultados económicos finales determina la efectividad de la actividad de dirección.

La producción contemporánea se puede considerar como una prolongación tecnológica de la ciencia, por lo que el dirigente de la producción debe ser un iniciador del progreso científico-técnico, dirigir la elaboración de las nuevas ideas y su introducción en la práctica.

El ingeniero de minas en la producción es, a la vez, un dirigente y un educador del colectivo. En las unidades mineras el personal no solo extrae toneladas de mineral, sino que crea a su alrededor un determinado clima psicológico que influye sobre el estado de ánimo, la cohesión y la capacidad de trabajo del colectivo, y en la medida que el dirigente sepa trabajar con el personal el colectivo se cohesionará más y su trabajo será más creativo y productivo.

### La investigación como tipo de actividad del ingeniero de minas

La ciencia es una esfera especial de la actividad cognoscitiva del hombre, dirigida a la adquisición de nuevos conocimientos sobre el mundo que nos rodea, sus leyes y propiedades. Si la tarea de la técnica es la creación de lo nuevo, la de la ciencia es el conocimiento de lo nuevo.

La actividad cognoscitiva del hombre es social ya que ella y sus resultados, los conocimientos científicos, están condicionados por requerimientos sociales y existen solo en la sociedad ya que aparecen cuando hay una necesidad real de estos.

El contenido del conocimiento se determina por el objeto del conocimiento, pero la obtención del nuevo conocimiento, la búsqueda de la verdad, por el trabajo científico.

El trabajo científico es una actividad especializada del investigador cuyo producto es un nuevo conocimiento. Esto no tiene sentido, por un lado, sin relación con los resultados de la actividad científica de las generaciones precedentes y, por otro, sin relación con otros investigadores.

El incremento del conocimiento supone la asimilación de los ya acumulados y se alcanza en el proceso de la relación científica, se caracteriza por lo nuevo, único e importante para la sociedad.

Los conocimientos obtenidos se transforman en patrimonio general y responden a los requerimientos de la sociedad por cuanto se materializan en las máquinas, en los procesos tecnológicos, además se utilizan para los fines de la enseñanza, la educación y el perfeccionamiento de los medios técnicos.

El trabajo investigativo pertenece al sistema de la producción espiritual, que no es sencillamente la producción de nuevas ideas y conocimientos, sino que constituyen también un método de organización de la actividad científica.

En el trabajo científico desempeñan un papel importante las relaciones organizativas, ya que este se realiza bajo determinadas formas (en institutos, laboratorios, unidades mineras, etc.). Las formas organizativas de la actividad científica dependen de la tecnología del trabajo investigativo y a nivel de los órganos estatales están estrechamente relacionados con el carácter de la construcción social. Su objetivo es el funcionamiento óptimo de la ciencia como sistema de información.

Para optimizar la actividad de los colectivos científicos es necesario crear un clima psicológico sobre la base de la interrelación ético-moral entre los integrantes de este, donde primen el sentimiento de colectivismo y la camaradería.

El carácter colectivo de la actividad científica contemporánea requiere de una alta calidad moral de los investigadores. Solo combinando lo individual y lo colectivo sobre los principios de la moral comunista se crean condiciones saludables para un trabajo efectivo.

La efectividad científica individual del investigador depende no solo del nivel de motivación sino también de su orientación. El investigador debe tener consecutividad en el dominio de los conocimientos, ser modesto y no sobrevalorarse, completar sus conocimientos continuamente durante toda la vida y sentir pasión por el trabajo que realiza. Debe poder concentrar su pensamiento sobre un objeto, saber distinguir la realidad y eliminar las señales falsas, no dejar que la costumbre apri-

sione su pensamiento, y al mismo tiempo estar preparado para desechar las ideas cuando sean falsas, conocer y esclarecer completamente cada detalle (no conformarse nunca con conocimientos a medias) y, por último, ser humilde.

La creatividad no aparece de súbito, es un proceso que se compone de esfuerzos conscientes y subconscientes para lo cual es necesario que se unan un conjunto de factores tales como: la existencia de una tarea difícil que nos preocupe profundamente, el sentimiento de que uno la puede resolver, la existencia de la técnica necesaria, la experiencia en la solución de tareas más sencillas de un género similar con anterioridad y abstraerse de otras preocupaciones ajenas al asunto.

La mentalidad científico-creadora requiere un pensamiento analítico y sintético y la capacidad de pronosticar, de prever el futuro desarrollo. La habilidad del investigador se caracteriza por la capacidad de analizar, sistematizar, abstraerse y realizar una demostración científica, así como por el dominio de diversos métodos de investigación y su correcta utilización.

### **El trabajo de proyección como tipo de actividad del ingeniero de minas**

Las unidades mineras son construidas por un proyecto en el cual se define cómo debe ser la futura mina o cantera. Al realizar un proyecto, el proyectista construye en su imaginación la futura unidad minera y la representa mediante planos, dibujos, cálculos y memorias (descripciones escritas).

Si en el proceso del trabajo científico el ingeniero de minas crea nuevas soluciones a distintos problemas, en el trabajo de proyección utiliza fundamentalmente soluciones conocidas y opera con el equipamiento existente o que se sabe va a existir en el momento de poner en explotación la unidad minera proyectada.

Al confeccionar un proyecto de una unidad minera hay que enfrentar cuatro tareas básicas:

a) estudiar el yacimiento cuidadosa y profundamente, así como las particularidades geográficas de la región;

b) esclarecer la situación de la mena a extraer y la influencia de la extracción en el desarrollo de la rama y en el resto de la economía nacional;

c) elegir el modo de laboreo más efectivo para el caso concreto;

d) prever todas las posibles consecuencias para la sociedad y la naturaleza al realizar las soluciones proyectadas.

La proyección es un tipo complejo de actividad, en la cual el éxito depende de la correcta combinación del arte y la ciencia. Haciendo uso de los conocimientos de la ciencia se imagina la futura mina y, actuando como un pintor, debe representar las muestras de las posibles variantes en forma de bocetos. Una vez hecho esto, el instrumento principal del proyectista es el dibujo a escala que permite ampliar considerablemente el campo de representación, pues este es un modelo de las relaciones entre los elementos del objeto que se proyecta.

En las etapas sucesivas, el proyectista utiliza métodos perfeccionados de proyección

basados en los últimos logros de la ciencia y la técnica. Los métodos matemáticos son útiles al proyectista en la etapa en que la tarea está claramente formulada, cuando para resolver las contradicciones entre los fines y los medios no se requiere variar las premisas iniciales, o lo que es lo mismo, la matemática es útil para optimizar.

El proyectista en su actividad debe predecir el futuro y, antes de esto, conocer el presente para lo cual debe tener características similares al investigador.

Al resolver cualquier tarea de proyección, es necesaria determinada combinación de la lógica con la intuición. La vía de esa combinación no ha sido establecida y es poco probable que se pueda establecer de forma general desligada de una tarea concreta.

Muchos especialistas en teoría de la proyección consideran que esta incluye tres estudios básicos: análisis, síntesis y valoración. Comúnmente estos estadios se repiten muchas veces y cada ciclo siguiente se diferencia del anterior por un gran detalle y menos generalización.

## BIBLIOGRAFÍA

- 
- ARSENTIEV, A.I., y V.A. PADUKOV, *Vvedenie y spetsialnost gornogo injenesa otkritchika*, L.G.I., Leningrado, 1979.
- CALVCHE, ANTONIO, *Historia y desarrollo de la minería en Cuba*, Editorial Neptuno, La Habana, 1944.
- GOLOVIN, GRIGORI MIJAILOVICH, *Introducción a la minería*, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, s/a.
- SOTO, LUIS, *Apuntes sobre la historia de la minería cubana*, Editorial Oriente, Santiago de Cuba, 1981.
- Plataforma Programática del Partido Comunista de Cuba*, Departamento de Orientación Revolucionaria del Comité Central del Partido Comunista de Cuba, La Habana, 1976.