

CDU : 622.26 : 624.1 : 338 (729.1)

PARTICULARIDADES DE LA UTILIZACION DE LAS EXCAVACIONES MINERAS SUBTERRANEAS CON OTROS FINES ECONOMICOS

Ing. Roberto Blanco Torrens, Asistente Jefe de Departamento Docente Metodológico, Vicerrectoría Docente del ISMMMOa

RESUMEN

En el presente trabajo se hace un análisis de las particularidades que ofrece la ubicación de diferentes obras económicas en excavaciones mineras subterráneas que ya no se explotan, señalándose las ventajas que esto ofrece y los diferentes aspectos que se tienen en cuenta a la hora de acometer esta tarea.

Se señalan los indicadores que se deben tener en cuenta al proyectar la ubicación de estas obras en condiciones subterráneas, los trabajos preliminares que se deben realizar y las soluciones que en dicho proyecto deben ofrecerse.

Por último se dan algunos criterios sobre cómo entrar a resolver esta tarea en las condiciones específicas de nuestro país.

Para la ubicación bajo tierra de diferentes obras de la economía pueden ser utilizados tanto los vacíos naturales que existan, como los artificiales creados por el hombre. En este último caso se pueden emplear excavaciones hechas especialmente para ese objetivo, o excavaciones mineras que ya no se explotan y se conservan en buen estado.

La utilización de las excavaciones mineras, que ya están construidas y que presentan buenas condiciones de estabilidad se consideran muy ventajosas desde el punto de vista económico para la ubicación en ellas de obras útiles a la economía, ya que las inversiones que se requieren para su uso como regla son menores que las necesarias para construir nuevas excavaciones que se destinan especialmente para esos objetivos.

Ya desde antes de la guerra (período de 1935 a 1940) se empezaron a ubicar distintas obras industriales en

ABSTRACT

In this work, an analysis is made of the peculiarities of the underground location of different economic facilities in mining excavations, which were already useless; pointing out its advantage and the various aspects that are to be taken into account, when implementing this task.

The parameters to be taken into consideration while planning the underground location of such facilities, the preliminary work that have to be done, as well as the solutions to be given in such a project are also pointed out.

Finally, some criteria are provided concerning the way of tackling this problem, under the particular conditions of our country.

excavaciones subterráneas de diferentes países (Japón, Francia, Suecia, Inglaterra y otros) [1,4]. En los años posteriores a la guerra teniendo en cuenta la experiencia acumulada se desarrolló un amplio plan de ubicación de diferentes obras bajo tierra, e incluso en algunos países, por ejemplo (EE.UU. e Inglaterra) [4,2] se crearon comités nacionales para hacer recopilaciones y catálogos de las excavaciones subterráneas existentes y se realizaron observaciones en dichas excavaciones con el objetivo de conocer el estado en que se encontraban.

La propagación de diferentes obras en excavaciones subterráneas se explica, desde el punto de vista económico, por el hecho de que el costo de construcción de una excavación subterránea (teniendo en cuenta los adelantos técnicos producidos en los trabajos de perforación y explosivos y en la mecanización de las labores subterráneas) se ha mantenido más o menos constante, mientras que el costo de los trabajos de construcción en la superficie está en crecimiento.

Ha recibido difusión la ubicación en las excavaciones mineras de diferentes obras tales como fábricas de diferentes tipos, almacenes de productos industriales y agrícolas, depósitos de combustibles gaseosos y líquidos, garajes, laboratorios, archivos, estaciones eléctricas, frigoríficos, etcétera.

Para la ubicación de las diferentes obras pueden ser usadas tanto las excavaciones mineras de apertura, las preparatorias y las de arranque de cualquier tipo de mina, aunque por la experiencia obtenida se considerarían más favorables las excavaciones subterráneas conformadas durante la explotación de yacimientos de materiales de construcción (yeso, caliza, granito, mármoles, etcétera) y de sales. Las condiciones de estas minas son, como norma, más favorables para este objetivo, debido a la poca profundidad a que se ubican estos materiales (como regla menos de 200 m), y a que ellos se explotan habitualmente por el método de cámaras y pilares, el cual es el más favorable para la ubicación de diferentes obras [4, 5, 6].

Lo expresado anteriormente conduce a la necesidad de entrar a analizar la posibilidad de explotación subterránea en nuestro país de diferentes materiales de construcción, partiendo del hecho de que las excavaciones subterráneas pueden ser utilizadas posteriormente con otros fines económicos. Esto, por un lado, hace menos costosa la explotación subterránea de estos yacimientos, y por el otro, se disminuiría la afectación al medio circundante además, de, lógicamente, aumentarse las posibilidades de obtención de materiales de construcción incluso en lugares más idóneos que los predeterminados para la explotación a cielo abierto.

En general el empleo de las excavaciones mineras para la ubicación en ellas de diferentes obras de la economía nos proporciona las siguientes ventajas:

- Una mayor protección de la obra ante los efectos externos.
- Una mayor estabilidad antisísmica.
- La utilización del macizo rocoso en su estado natural como material constructivo y de aislamiento.
- Posibilidad de una carga ilimitada sobre el piso.
- La disminución de los gastos de trabajo calificado en la construcción.
- Disminución del consumo no productivo de calor y frío, entre otros.

ASPECTOS QUE SE TENDRAN EN CUENTA A LA HORA DE REALIZAR EL PROYECTO DE UBICACION O DE OTRAS OBRAS DE LA ECONOMIA EN LAS EXCAVACIONES MINERAS

La confección de los proyectos de ubicación de distintas obras en las excavaciones mineras subterráneas es un problema complejo que habitualmente requiere la participación, tanto de especialistas que

conozcan la tecnología de explotación de esas obras, como de ingenieros de minas.

La forma en que se organiza este trabajo de utilización de las excavaciones mineras varía en los distintos países, pero existen algunos principios que son de carácter general, como por ejemplo:

- Se deben situar todas las excavaciones subterráneas en un registro que se hace estatalmente.
- La preparación de las excavaciones mineras para su ulterior utilización con otros fines económicos es realizada por las respectivas empresas mineras.
- La explotación de las obras que serán ubicadas en las excavaciones mineras debe ser realizada por parte de organizaciones o empresas especializadas.

A la hora de entrar a confeccionar el proyecto para la ubicación de una obra en una excavación minera subterránea hay que conocer previamente una serie de parámetros tales como: forma y dimensiones de las secciones transversales de las excavaciones, su longitud, tipo y estado de la fortificación, propiedades y estado en que se encuentran las rocas circundantes, flujo de agua y sus características, presencia de gases, estado de la ventilación y profundidad de las excavaciones, entre otros [6].

En el proyecto se le debe dar solución a una serie de cuestiones como por ejemplo: al transporte desde el interior de la mina al exterior, al desagüe, a la ventilación, a los trabajos de reparación y reconstrucción de excavaciones según las necesidades planteadas en concreto por la obra que se vaya a ubicar en dichas excavaciones así como, además, a una serie de trabajos de construcción y montaje relacionados con las características tecnológicas de la futura obra que se va a explotar.

Para ello se hace necesario la realización previa de una serie de trabajos de prospección e investigación minero-geológica, y basado en estos resultados realizar un informe que servirá de base o documento primario para la confección del proyecto de la obra.

Cuando se confeccione el proyecto debemos tener presente que las secciones de las excavaciones, y las soluciones constructivas elegidas se correspondan con las exigencias de explotación de la obra que en ella se va a ubicar.

Según la experiencia acumulada al respecto en diferentes países (URSS, EE.UU, RFA, Suecia y otros) debemos tener en cuenta los siguientes factores que son fundamentales al hacer el proyecto [2, 5, 6]:

- El proyecto de ubicación de cualquier obra en las excavaciones subterráneas debe hacerse sobre la base de un estudio ingeniero-geológico detallado del macizo rocoso y de las propiedades de las rocas.
- Deben establecerse las condiciones geográficas, climáticas y de transporte de la región, la presencia de materiales de construcción en la región y las condiciones hidrogeológicas.

- Debe tenerse una caracterización geológica lo más completa posible del sector donde se va a ubicar la obra.
- Durante la elección del lugar de ubicación de las obras debemos evaluar el estado de las rocas y conocer la estabilidad de las excavaciones y la profundidad a que están ubicadas.
- Debemos tener criterios sobre las características aerodinámicas de las excavaciones.

En la práctica, en muchos países se han tipificado las dimensiones de los espacios subterráneos en dependencia del tipo de obra que se vaya a ubicar en ellos. Por ejemplo, para la industria química son necesarias cámaras amplias de un ancho de 15 a 30 m, a una altura de 20 a 40 m y una longitud de 100 a 300 m [2,5].

Otro aspecto que se ha tipificado es la fortificación empleada en estas excavaciones la cual habitualmente se clasifica en 3 clases (en ocasiones en 4) en dependencia de los requerimientos de la obra.

Las fortificaciones de hormigón monolítico, de hormigón armado pretensado, de anclas con mallas y de hormigón lanzado son las más utilizadas. En dependencia del tipo de fortificación y de cómo se realiza el recubrimiento de las paredes el costo de fortificación de las excavaciones puede variar considerablemente.

De acuerdo con el tipo de obra que se vaya a ubicar en las excavaciones pueden existir exigencias especiales a la fortificación, como por ejemplo que se sea resistente al agua, al vapor de agua, etcétera.

Cuando se va a ubicar una obra dada en excavaciones mineras ya laboreadas debemos resolver el lugar de su ubicación mediante el uso de un catálogo o registro en el cual deben aparecer todas las excavaciones mineras existentes que ya no se exploten, y con él elegimos las condiciones más idóneas para la obra.

En el proyecto de ubicación también es necesario tener en cuenta los trabajos de ampliación o reconstrucción que se deben hacer en las excavaciones de acuerdo con las características constructivas y de explotación de la obra que se vaya a ubicar en ellas.

Para ello nos basamos en diferentes índices de resistencia de la roca, tales como, resistencia a compresión, tracción, corte y flexión en el agrietamiento del macizo rocoso, grado de estabilidad y otros factores.

Para una valoración preliminar de estos aspectos pueden ser utilizadas distintas tablas de propiedades de las rocas que aparecen en la literatura de diferentes países.

La tabla que damos a continuación puede ser utilizada de forma orientadora para ese fin. En ella aparecen algunas de las rocas más comúnmente empleadas [2].

Los tramos límites sin fortificar se pueden calcular por la fórmula:

$$l_{lim} \leq \frac{8}{3} \frac{10 \sigma_{Tor} h_0}{\gamma_r (1 + K_s)}, m$$

donde:

$h_0$  - Espesor del paquete de rocas del techo, m

$\gamma_r$  - Peso volumétrico de las rocas del techo, t/m<sup>3</sup>

$\sigma_{Tor}$  - Resistencia a torsión de las rocas del techo, kg/cm<sup>2</sup>

$K_s$  - Coeficiente de sobrecarga

Para un tiempo prolongado de servicio, como es nuestro caso, debemos tener en cuenta el factor tiempo. Esto se hace en la actualidad mediante el empleo de un coef. de reserva y entonces el tramo permisible será:

$$e_{Perm} \leq (0,6 \text{ a } 0,8) l_{lim}$$

Debemos aclarar que en las fórmulas dadas no se tiene en cuenta el agrietamiento del macizo, el cual también debe evaluarse.

## CONCLUSIONES

Consideramos que la elaboración de criterios y metodologías para la utilización de las excavaciones mineras abandonadas con otros fines económicos es una tarea actual y de gran importancia para nuestro país.

Para poder dar solución a esta tarea se deben resolver una serie de cuestiones entre las cuales mencionamos:

Elaborar recomendaciones para la utilización de las minas ya explotadas con otros fines económicos en las condiciones concretas de nuestro país.

Establecer el principio y metodología para la confección de mapas en los que se señalen los territorios más convenientes para la ubicación en ellos de obras subterráneas.

Establecer una metodología para el estudio de la estabilidad de dichas excavaciones que nos permita hacer pronósticos sobre su posible utilización.

Elaborar una metodología que nos permita evaluar comparativamente el costo de la obra en la superficie y el de la misma obra ubicada en dichas excavaciones.

## REFERENCIAS

1. DOBINA, A. S. y N. A. EVSTROPOV: **Construcción de depósitos subterráneos**, Moscú, 1967, (en ruso).
2. PANIENKOV, Y. I.: "Conferencias sobre el aprovechamiento de los espacios subterráneos" ISMMMoA, 1983.
3. STARSHIN, A. P.: "Problemas de la asimilación de los espacios subterráneos en el territorio del país". Construcción de Minas, no. 9, Moscú, 1980 (en ruso).
4. ZILBERBORD, A. F.; GORSCAIA y M. A. GORODESTCAIA: **Régimen térmico de las construcciones subterráneas y condiciones ingeniero-geológicas. Su ubicación óptima** (en ruso).
5. -----: **Congreso sobre la utilización de los espacios subterráneos**. Oxford 77, volumen 1, 2 y 3 Estocolmo, Suecia (en inglés).
6. -----: **Elementos ingeniero-geológicos preliminares para la utilización de los espacios subterráneos para la conservación de productos**. Ministerio de Geología de la URSS, Moscú, 1970 (en ruso).

TABLA 1. Características de las rocas.

Rocas	Resistencia temporal de las rocas kg/cm <sup>2</sup>			Tramo límite m
	Compresión	Tracción	Torsión	
Granito	de 1 000 a 2 300	de 40 a 55	de 100 a 240	34
Areniscas duras	de 500 a 800	de 20 a 60	de 15 a 215	28
Mármol	de 600 a 1 400	50	de 70 a 200	30
Calizas duras	de 600 a 2 000	50	de 50 a 200	29
Calizas débiles	de 70 a 500	10	de 10 a 50	14
Yeso	de 150 a 400	de 15 a 20	de 15 a 40	13,5
Areniscas medias	de 450 a 750	de 60 a 110	de 80 a 150	28
Areniscas débiles	de 300 a 400	de 40 a 80	de 60 a 90	22