

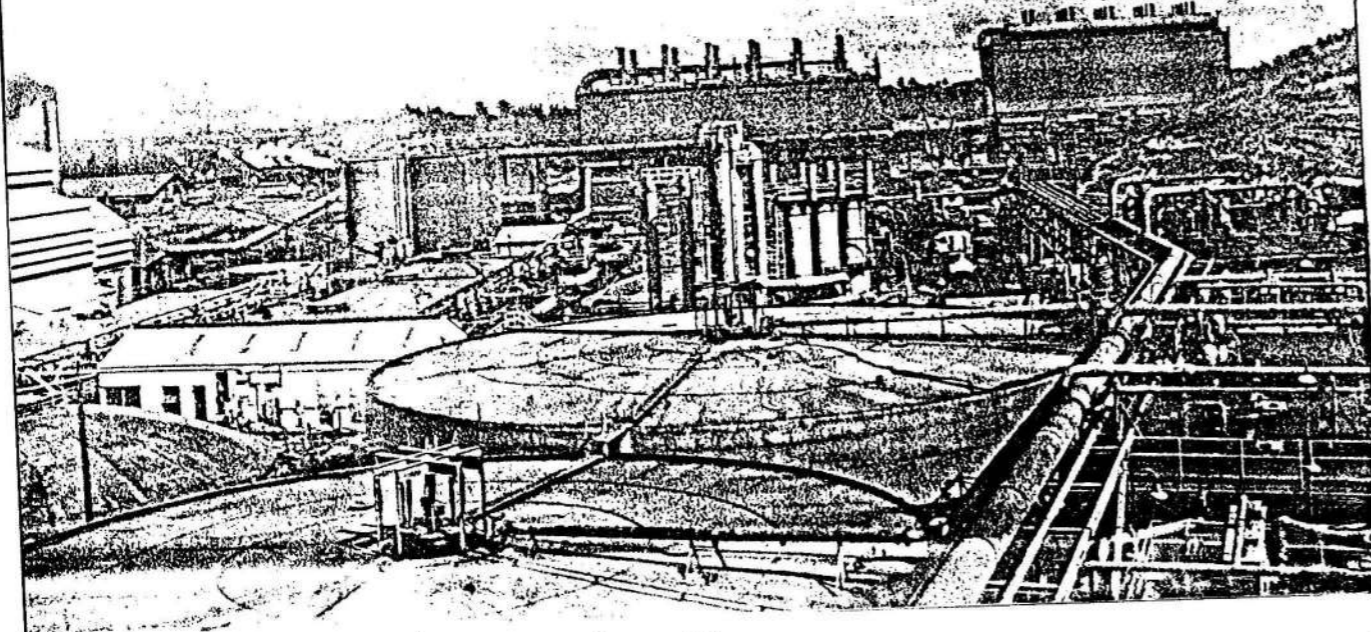
3. BULICHOV, N.S., N.N. FOTEIEVA y E.V. ESTRIELTSOV: *Proyección y cálculo de la fortificación de las excavaciones capitales*, Moscú, Nedra, 1986.
4. BULICHOV, N.S.: *Mecánica de las obras subterráneas*, Moscú, Nedra, 1982.
5. GELESKUL M.N. y V.N. KARIETNIKOV: *Manual de fortificaciones de las excavaciones mineras principales y preparatorias*, Moscú, Nedra, 1982.
6. KARIETNIKOV, V.N., V.B. KLIMIENOV y V.A. BRIEDNIEV: *Cálculo automatizado y construcción de las fortificaciones metálicas de las fortificaciones preparatorias*, Moscú, Nedra, 1984.
7. KATSAUROV, I.N.: *Mecánica de rocas*, Moscú, Nedra, 1981.
8. Manual de referencia N88 - Basic.
9. POPOV, V.L., V.N. Karietnikov y V.M. Eganov: *Cálculo de la fortificación de las excavaciones preparatorias en las MCE*, Moscú, Nedra, 1978.
10. SARGENTON R., G. y O. LOPEZ P.: "Sistema computarizado para el cálculo de las fortificaciones de las excavaciones subterráneas", Instituto Superior Minero Metalúrgico, 1989.
11. VAKLASHOV, I.V. y O.V. TIMOFIEV: *Construcción y cálculo de las fortificaciones y los revestimientos*, Moscú, Nedra, 1979.
12. VAKLASHOV, I. V. y B.A. KARTOZIA: *Mecánica de las obras subterráneas y de la estructura de las fortificaciones*, Moscú, Nedra, 1984.

**ACERO
PARA EL DESARROLLO
ENTRE EN CONTACTO
CON NOSOTROS**



EMPRESA CUBANA IMPORTADORA
DE METALES, COMBUSTIBLES
Y LUBRICANTES
CUBAN METALS, FUELS AND
LUBRICANTS IMPORTING
ENTERPRISE

Infanta No. 16, Ciudad de La Habana, Cuba
P.O. Box: 6917 Telf. (Phone): 70-2561
Telex: 51-1452 CUMET



PERFECCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGIA DE LOS TRABAJOS DE PERFORACION Y VOLADURA EN LA MINA "MERCEDITA"

Gilberto Sargentón R.
Francisco Martínez T.
Pedro M. Soffi

Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa

RESUMEN: En el trabajo se analizan las condiciones y la tecnología de laboreo de las excavaciones mineras subterráneas horizontales en la mina "Mercedita". Se experimentó en condiciones de producción la explosión lisa o de contorno. Los resultados de las pruebas demuestran que es posible elevar la efectividad de la tecnología de laboreo de estas excavaciones mediante la introducción de la explosión lisa y la optimización de los trabajos de perforación y voladura.

ABSTRACT: In the work, laboral conditions and it's technology of the horizontal subterranean mineral excavation in the "Mercedita" mine is analyzed under production conditions.

The smooth explosion was experimented, the results of the tests demostrated that it is possible to raise the efectivity of the laboral technology of these excavations through the introduction of the smooth explosion and the optimization of the explosion and perforation works.

El laboreo de excavaciones subterráneas en rocas fuertes y de fortaleza media presupone la utilización del método de perforación y voladura como método de arranque más racional y económico para las condiciones mine-ro-geológicas de la Minería Cubana Actual.

El método de arranque por perforación y voladura se caracteriza por su gran versatilidad (se utiliza en rocas con coeficiente de fortaleza según M.M. Protodiákonov $f = 1-20$ y más).

En el laboreo de excavaciones subterráneas a nivel mundial es el método de arranque más difundido.

El arranque de las rocas mediante perforación y voladura puede ser mediante la explosión común (la más utilizada en el laboreo de excavaciones subterráneas en Cuba) y mediante la explosión de contorno o explosión lisa (de mucha perspectiva y que ha comenzado a ser introducida en la mayoría de los países con gran desarrollo mine-ro).

Cuando se utiliza la explosión normal como se ha demostrado por investigaciones frecuentemente se logra un contorneado incorrecto de la excavación y se produce sobreexcavación de rocas y una destrucción desmedida del macizo de rocas cercano a la excavación, esto trae consigo:

- mayores gastos en la carga y transportación de las rocas y por consiguiente un aumento del costo de construcción de la excavación;
- una disminución de la estabilidad de las excavaciones (se producen desprendimientos de roca en el techo y los

lados de la excavación) durante su explotación si no se fortifican;

- y por último aumenta la resistencia aerodinámica de las excavaciones subterráneas lo que trae aparejado dificultades en la ventilación general de la mina.

Todo lo anterior hace evidente la necesidad de plantear mayores exigencias a la calidad de los trabajos de perforación y voladura en el laboreo de excavaciones mineras capitales, particularmente en rocas agrietadas o en minas profundas.

Por consiguiente los métodos de laboreo de las excavaciones deben de ser perfeccionados de forma tal que la sobreexcavación sea mínima, sea resguardada al máximo la resistencia natural de las rocas y se obtengan superficies suficientemente lisas.

Estas exigencias se satisfacen cuando se utiliza para laborear las excavaciones el método de explosión de contorno o lisa.

Las excavaciones mineras horizontales en la mina "Mercedita" se laborean por serpentinitas, dunitas serpentinizadas (con un coeficiente de fortaleza según M.M. Protodiákonov $f = 6-8$ y agrietamiento medio e intenso) y por el mineral de cromo (cromita) que presenta el mismo agrietamiento y un coeficiente de fortaleza $f = 8-9$.

Las excavaciones tienen un área de proyecto de la sección transversal de $4,5 - 5 \text{ m}^2$ (altura 2,2 m) y son de forma abovedada (bóveda reducida) con paredes verticales y rectas.

Los frentes de avance son generalmente secos, aunque hay zonas del yacimiento donde se laborean excavaciones con apreciable afluencia de agua.

Las excavaciones se encuentran a una profundidad de 200 - 300 m de la superficie.

Las superficies denudadas de las excavaciones (techo, piso y lados) son estables y solo se producen pérdidas de estabilidad (generalmente por el techo) en zonas muy agrietadas o afectadas por las dislocaciones tectónicas.

El pasaporte de perforación y voladura existente para el laboreo de las excavaciones prevee utilizar el método de explosión común y tiene las siguientes características:

- método de explosión de los barrenos: de fuego
- sustancias explosivas utilizadas: amonita No.6 JV y amonal
- diámetro de los cartuchos de SE: 32 mm
- peso del cartucho de SE: 200 g
- longitud del cartucho de SE: 250 mm
- diámetro de los barrenos: 36 mm
- cantidad total de barrenos: 12
- cantidad de barrenos de corte: 4
- cantidad de barrenos de contorno: 8
- tipo de corte: piramidal
- longitud de los barrenos de corte: 1,9 m
- longitud de los barrenos de contorno: 1,7 m
- cantidad de cartuchos:
 - en los barrenos de corte: 7
 - en los barrenos de contorno: 6
- forma de iniciar la carga: directa

El análisis de los principales indicadores técnico-económicos de los trabajos de perforación y voladura con el pasaporte existente arrojó los siguientes resultados:

Coefficiente de utilización de los barrenos para una longitud de 1,8 m:	0,66
para una longitud de 2,1 :	0,61
Coefficiente de sobreexcavación:	1,43
Metraje de barrenación(m):	21,6
Avance del frente (m):	1,19
Metraje específico de barrenación (m/m):	25,7
Gasto de SE en un ciclo (kg):	16,8
Gasto específico de SE (kg/m ³):	2,99
Gasto específico de SE (kg/m):	19,99
Volumen de roca arrancada por ciclo (m ³):	8,03
Volumen de roca a arrancar (m ³):	5,62
Volumen de roca arrancada en exceso (m ³):	2,41
Productividad del trabajo (m ³ /HT):	2,81
(m/HT):	0,59
*velocidad mensual de avance (m/mes):	89

*Se consideran tres ciclos diarios de avance y 25 días laborables al mes.

La disposición de los barrenos en el frente, la construcción de la carga y el tipo de corte se muestran en el pasaporte de perforación y voladura (Fig. 1).

El nuevo pasaporte se elaboró a partir de la idea de perfeccionar el pasaporte existente, para esto existen dos vías a utilizar: la explosión eléctrica común o la explosión de contorno.

Inicialmente se determinó aplicar de forma experimental la explosión de contorno, como vía más actual y de mayor rendimiento para elevar la efectividad de los trabajos de perforación y voladura en el laboreo de excavaciones horizontales.

Según la bibliografía mundial los métodos de la explosión de contorno (lisa) que se utilizan en el laboreo de excavaciones horizontales se clasifican en dos grupos: la explosión de contorno con contorneado preliminar (pre-corte) y la explosión de contorno con contorneado posterior (lisa).

El primer grupo según la bibliografía consultada se aplica con mayor efectividad en las excavaciones de gran sección (Sp menor o igual a 25 m²), por esta razón se consideró la explosión de contorno con contorneado posterior como la más racional para laborear las excavaciones horizontales principales en la mina "Mercedita".

A su vez la explosión de contorno del segundo grupo se divide en subgrupos. De todos ellos el más factible a experimentar por la existencia de todos los recursos es la explosión de los barrenos de contorno con cargas espaciadas, colocando entre las cargas tacos de madera. La utilización del método en los restantes subgrupos presupone la necesidad de adquirir cartuchos de pequeño diámetro (20-24 mm) o sustancias explosivas de baja capacidad de trabajo (por ejemplo amonita PVJ-20 ó T-19).

En el método de explosión de contorno con cargas espaciadas, para evitar los barrenos fallidos, se coloca a lo largo de la carga cordón detonante.

Es necesario subrayar que hay dos parámetros de singular importancia en la construcción de la carga, primero el espaciamiento entre los cartuchos y segundo la magnitud de la carga en el barreno; en la investigación realizada los mismos fueron determinados experimentalmente, por supuesto a partir de los valores conocidos de las fuentes bibliográficas que fueron ajustados en el desarrollo de las pruebas realizadas.

También se determinó experimentalmente la distancia entre los barrenos de contorno y la línea de menor resistencia (LMR), a partir de un cálculo preliminar de estos parámetros según las metodologías de las fuentes bibliográficas.

El pasaporte propuesto (con el empleo de la explosión de contorno) presenta las siguientes características:

- longitud de los barrenos de corte (m): 1,8
- longitud de los barrenos de contorno (m): 2,0
- distancia entre barrenos de contorno (m): 0,5
- coeficiente de utilización del barreno: 0,9
- longitud de avance (m): 1,62
- metraje de barrenación (m): 31,4
- metraje específico de barrenación (m/m): 19,3
- gasto de SE en el ciclo (kg): 12,6
- gasto específico de SE (kg/m³): 1,50
- idem - (kg/m): 7,78
- gasto específico del cordón detonante (m/m³): 2,94
- idem - (m/m): 13,89
- gasto específico de detonadores (u/m³): 2,09
- idem - (u/m): 9,87
- coeficiente de llenado de los barrenos de corte: 0,62
- de contorno: 0,42
- línea menor de resistencia (m): 0,5
- volumen de roca arrancada por ciclo (m³): 8,26
- volumen de roca a arrancar (m³): 7,65
- volumen de roca en exceso (m³): 0,61
- productividad del trabajo (m³/HT): 3,82
- idem - (m/HT): 0,81
- * velocidad mensual de avance (m/mes): 121,5

*Se consideran tres ciclos de laboreo diario en el frente de avance y 25 días laborables al mes.

El pasaporte ajustado después de las pruebas experimentales se muestra en la Fig. 2.

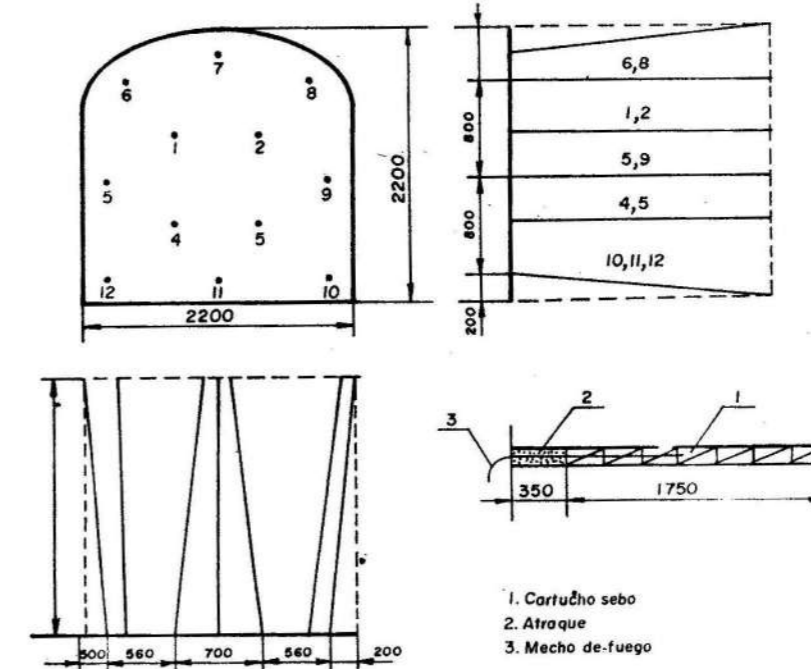


FIG.1 Pasaporte de perforación y voladura vigente en la mina "Mercedita"

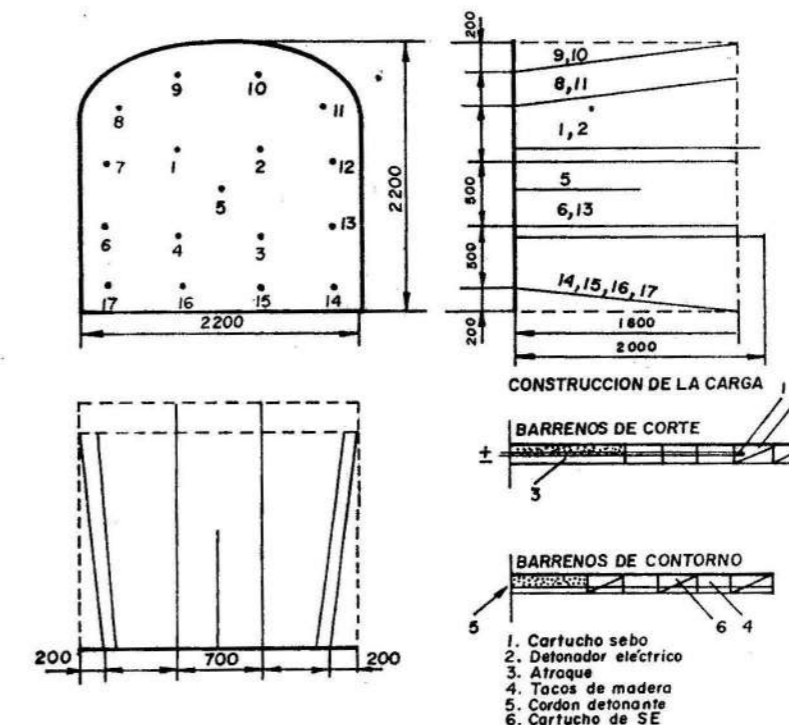


FIG.2 Pasaporte de voladura lisa experimentado

Para realizar el análisis de la calidad de los trabajos de voladura y en general de la efectividad de la tecnología de laboreo de las excavaciones tanto por el pasaporte existente como por el propuesto, se hace una comparación a partir de los indicadores fundamentales que permiten evaluar la calidad de los trabajos de perforación y voladura (coeficiente de utilización de los barrenos, coeficiente de sobreexcavación, grado de contorneado de la excavación, granulometría de la roca explosionada y lanzamiento de los pedazos) y de los que permiten evaluar la efectividad de la tecnología de laboreo (productividad del trabajo, velocidad mensual de avance y costo directo de construcción de 1 m de excavación).

Para evaluar la sobreexcavación se realizó el levantamiento de las secciones transversales de las excavaciones horizontales del nivel principal de la mina "Mercedita" que incluyen el socavón principal, las galerías transversales y las galerías de exploración geológica de ese nivel.

Las áreas de laboreo de las secciones transversales fueron medidas cada 10 m mediante una cinta y un círculo graduado montado sobre una tarjeta situada sobre un trípode. Los radios vectores fueron medidos cada 10 grados para una mayor precisión.

Este levantamiento de las áreas de la sección transversal fue realizado tanto cuando se realizó la explosión con el pasaporte existente como con el pasaporte propuesto.

Los contornos logrados con el pasaporte existente son muy irregulares y el coeficiente de sobreexcavación es muy elevado, sin embargo los contornos logrados con el pasaporte propuesto son mucho más regulares y el coeficiente de sobreexcavación se reduce considerablemente.

En la Tabla 1 se muestra una comparación de los principales indicadores obtenidos al aplicar ambos pasaportes. Los valores que se señalan se ofrecen en rangos producto de que se fluctúan a consecuencia de diferentes factores que inciden.

Como se puede apreciar en la tabla se logró un aumento sustancial en los siguientes indicadores: coeficiente de utilización de los barrenos en un 42 % y a consecuencia de ello un mayor avance, 30 %; productividad del trabajo 31 % y velocidad de avance 31 %.

El indicador gasto específico de sustancia explosiva disminuyó en un 42 % y alcanza valores que se encuentran en el rango de la experiencia mundial (1-2 kg/m³) para un valor del coeficiente de fortaleza $f = 6-8$ y el área de la sección transversal de la excavación de 4,72 m².

Aumenta el indicador metraje de barrenación en un 45 % y por ende el metraje específico de barrenación (en un 11 %) debido a que la distancia entre los barrenos de contorno en el pasaporte propuesto es menor (0,5 m), lo que se explica por la necesidad de lograr un contorno más regular y disminuir el coeficiente de sobreexcavación.

TABLA 1. Comparación de ambos pasaportes

Indicadores principales	Pasaporte existente	Pasaporte propuesto
1. Coeficiente de utilización de los barrenos	0,6-0,66	0,89-0,9
2. Coeficiente de sobreexcavación	1,33-1,43	1,08-1,09
3. Grado de contorneado	muy irregular	regular
4. Lanzamiento de las rocas (m)	20-30	10-15
5. Granulometría (mm)	100-250	menor de 100
6. Gasto específico de SE		
(Kg/m ³)	2,82-2,99	1,62-1,72
(Kg/m)	13,33-14,2	7,64-8,13
7. Avance del frente (m)	1,19-1,26	1,55-1,65
8. Metraje de barrenación (m)	21,6	31,4
9. Metraje específico de barrenación (m/m)	17,14-18,15	19,03-20,26
10. Distancia entre los barrenos de contorno (m)	0,80	0,50
11. Productividad del trabajo		
(m ³ /HT)	2,80-2,97	3,65-3,89
(m/HT)	0,59-0,63	0,78-0,82
12. Velocidad mensual de avance	89-94	116-124

CONCLUSIONES

Con el perfeccionamiento de los trabajos de perforación y voladura en las excavaciones horizontales de la mina "Mercedita" se logra:

1. Un incremento de la productividad del trabajo y de la velocidad mensual de avance de las excavaciones de un 31 %.

2. Se reduce el coeficiente de sobreexcavación desde 1,35-1,45 hasta 1,08-1,09.

Esto significa una efectividad económica por año de alrededor de \$ 11 000.

REFERENCIAS

- GOLOVIN, V. y A. MIJAILOV: *Fragmentación de rocas*, IML, Leningrado, 1981.
- GUSTAFSSON, R.: "Técnica sueca de los trabajos de voladura", s/a.
- LIJIN, V. y otros: *El conjunto de barrenos en el laboreo de excavaciones mineras*, Nedra, Moscú, 1974.
- MINDELY, E.O.: *Fragmentación de rocas*, Nedra, Moscú, 1974.
- MOSTKNOV, V.M.: *Excavaciones subterráneas de gran sección*, Nedra, Moscú, 1974.
- NOSONOV, V.F. y otros: *Trabajos de perforación y voladura en la explotación subterránea y a cielo abierto*, Nedra, Moscú, 1982.
- OTAÑO, J.A.: *Fragmentación de rocas con explosivos*, ISMM, Moa, s/a.
- POKROVSKY, N.M.: *Tecnología de construcción de minas y obras subterráneas*, Nedra, Moscú, 1982.
- SARGENTON, R. y otros: "Experimentación de la explosión de contorno en el laboreo de las excavaciones mineras horizontales de la mina "Mercedita", ISMM, Moa, 1987.
- SARGENTON, R.: Perfeccionamiento de los trabajos de perforación y voladura en la mina "Mercedita", informe parcial, Consejo Técnico. E.M.H., Mina Mercedita, 1990.
- _____: Perfeccionamiento de la tecnología de laboreo de las excavaciones subterráneas. Evento Nacional de Minería y Geología, Moa, 1990.
- TARANOV, P.Y. y A.G. GUZD: *Fragmentación de rocas con explosivos*, Nedra, Moscú, 1976.
- VUBOK, V.K. y otros: "Proyección de los trabajos de perforación y voladura en la explotación subterránea de los yacimientos minerales útiles", IML, Leningrado, 1981.

ecimetal

EMPRESA COMERCIAL PARA LA INDUSTRIA METALURGICA Y METAL-MECANICA

EMPRESA COMERCIAL PARA LA INDUSTRIA METALURGICA Y METAL-MECANICA

Dedicada a la atención de las ramas del desarrollo metal-mecánico y geológico-minero ECIMETAL es una institución que brinda sus servicios en la realización de proyectos, estudios, suministros de equipos y materiales, así como asistencia técnica para la instalación de plantas industriales, líneas tecnológicas, completamiento de plantas y entrenamiento de personal.

COMMERCIAL ENTERPRISE FOR METAL-MECHANIC AND METALLURGICAL INDUSTRY

Specialized in the development of geological-mining and Metal-Mechanic branches, ECIMETAL is an institution offering its services in the preparation of projects and studies, as well as in the supply of equipment, materials and technical assistance for the installation of industrial plants, technological lines, completion of plants and training of personnel.

ENTREPRISE COMMERCIALE POUR L'INDUSTRIE METALURGIE ET METAL-MECANIQUE

ECIMETAL est une institution consacrée au développement métal-mécanique et géologique-minier qui offre ses services dans la réalisation de projets, d'études, de fourniture des matériels et matériaux. D'autre part, ECIMETAL offre de l'assistance technique dans le montage des installations industrielles, les procédés technologiques, les compléments d'usines et les stages pour le personnel.