

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO DE LOS FACTORES GEOMECAVICOS
QUE INFLUYEN EN LA SELECCION Y RENDIMIENTOS
DE LOS EQUIPOS DE ARRANQUE EN MINAS Y OBRAS
A CIELO ABIERTO

TOMO 0



X
R
00951

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ESTUDIO DE LOS FACTORES GEOMECANICOS QUE INFLUYEN EN LA
SELECCION Y RENDIMIENTOS DE LOS EQUIPOS DE ARRANQUE EN
MINAS Y OBRAS A CIELO ABIERTO.

I N D I C E

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO
2. CONTENIDO DEL ESTUDIO
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La evolución de la minería a cielo abierto en la última década, que ha llegado a aportar más del 70% de la producción de minerales, junto al avance tecnológico en el diseño y construcción de las máquinas mineras y aumento de capacidad de las mismas, hacen que los factores geomecánicos de los macizos rocosos incidan no sólo de forma importante en la determinación del método de arranque, mecánico o con perforación y voladuras, sino incluso en la elección del equipo más adecuado y estimación de los rendimientos.

Dentro del ciclo básico de explotación -arranque, carga y transporte- la primera operación tiene como objetivo la fragmentación de las rocas hasta alcanzar los tamaños adecuados que permitan optimizar las productividades del ciclo completo y por consiguiente abaratar los costes de explotación.

La puesta en marcha de las operaciones a cielo abierto, tanto en minería como en obra pública, precisan de grandes inversiones de capital para la adquisición de maquinaria de arranque. La correcta selección de estos equipos es pues, uno de los caminos disponibles para disminuir el riesgo económico de los proyectos y debe llevarse a cabo con criterios racionales e ingenieriles basados principalmente en el conocimiento de las características de los macizos rocosos, ritmos previstos de explotación, requerimientos de selectividad, dimensiones geométricas de las excavaciones, limitaciones ambientales, etc.

De todos estos factores, son las propiedades de los macizos rocosos el principal inconveniente para la determinación del sistema de arranque óptimo, pues al no ser un producto industrial homogéneo, sino una realidad de la Naturaleza que difícilmente se somete a modelos simplistas, es inevitable que, aún partiendo de un conocimiento y estudio riguroso, sea

necesario plantear un abanico de alternativas posibles y un rango de variación de los resultados previstos.

Desde el punto de vista del arranque de rocas, es necesario auscultar el terreno en profundidad para determinar - las propiedades más importantes de las rocas y de las discontinuidades, pero siendo conscientes de que no sería factible ni económico realizarlo en su totalidad con un grado de fiabilidad del cien por cien.

No obstante, lo anterior no debe llevar nunca a renunciar a un planteamiento técnico y racional del problema que sirva de aproximación realista y, sobre todo, que deje constancia de los factores que más pueden influir en la selección de la maquinaria y en los rendimientos de las unidades utilizadas.

2. CONTENIDO DEL ESTUDIO

El proyecto se inicia con un planteamiento general que trata de enmarcar todos los criterios básicos que intervienen en la selección de equipos, como son los criterios de rendimientos, de diseño, de servicio y económicos, haciendo especial hincapié en los primeros por ser los que más relacionados están con los objetivos del proyecto.

Al mismo tiempo, en esa primera parte se revisan los diferentes sistemas de trabajo, continuos y discontinuos, con una breve descripción de las principales máquinas de arranque que se emplean en la actualidad, rotopalas, minadores, monitores hidráulicos, tractores de orugas, excavadoras de cables, excavadoras hidráulicas, palas cargadoras, dragalinas, mototrailas y perforadoras.

En la segunda parte se estudian individualmente las propiedades geomecánicas, desde el punto de vista de excavabilidad de las rocas y selección de equipos: resistencias mecánicas, dureza, densidad, tenacidad, abrasividad, pegajosidad, capacidad portante, etc.

Muchas de esas propiedades son las que habitualmente se determinan en estudios geotécnicos, aunque el enfoque y la finalidad de los mismos son, en parte, distintos.

Alguna característica de las rocas puede parecer que en los trabajos a cielo abierto es secundaria, tal es el caso de la abrasividad o la capacidad portante de los terrenos, pero su olvido puede desembocar en unos altos costes de mantenimiento, en el primer caso, y problemas operativos con importantes períodos improductivos en el segundo.

No existe casi ningún ensayo de laboratorio que reproduzca, ni siquiera de forma aproximada, los mecanismos de rotura

de la roca bajo la acción de un útil o vástago de acero. Y además las muestras de laboratorio son, por lo general, de menor tamaño que las zonas afectadas por dichos útiles.

Con el aumento en tamaño de los equipos de arranque se demuestra que es necesario el estudio de otros parámetros geotécnicos de los macizos rocosos, tales como discontinuidades estructurales, su espaciamiento, su orientación, la forma de los bloques conformados, etc.

Así pues, se revisan y comentan todas las técnicas actuales de caracterización de los macizos rocosos y su aplicación al arranque. Se comienza con los ensayos geomecánicos clásicos y datos estructurales que contempla la clasificación de Franklin entre otras, los ensayos geomecánicos específicos, como son los de corte para el estudio de aplicación de las rotopaldas, las técnicas geofísicas, sísmica de refracción, geofísica en el interior del barreno y análisis de vibraciones producidas por voladuras. A continuación, se analiza la monitorización de las excavadoras y perforadoras, y por último, la perforabilidad de las rocas.

En esta parte no sólo se describen las técnicas, sino que se analizan y complementan en algunos casos con los resultados de los datos obtenidos en campo, especialmente en lo referente al arranque con tractores y excavadoras hidráulicas, aplicando el método de la sísmica de refracción con el que se determinan las velocidades de las ondas al propagarse por el macizo rocoso.

Lo mismo que sucede con los ensayos para la determinación de las propiedades de las rocas, se ve que no existe ninguna técnica de caracterización que por sí sola cubra un amplio espectro y sea aplicable a cualquiera de los métodos de arranque que es posible considerar.

Otra parte del proyecto trata de los sistemas especiales empleados en el arranque de rocas ornamentales, que difiere - en cuanto a la filosofía y en la tecnología del resto de las técnicas ya expuestas. Se revisa cada uno de los sistemas, - intentando describir las limitaciones que imponen las propiedades de las rocas, así como su influencia en los rendimien- tos. Las más importantes son: corte con perforación, corte - con hilo, corte con rozadora de brazo, corte con disco, cor- te con lanza térmica y corte con chorro de agua.

3. CONCLUSIONES

Fruto del proyecto llevado a cabo, además de todo lo comentado anteriormente, es en primer lugar un cuadro donde se indican los ensayos y las técnicas de caracterización que son aconsejables emplear para cada equipo de arranque en función de las dimensiones y características de la obra.

Asímismo, con el fin de delimitar los campos de excavación directa y con perforación y voladura así como clasificar los macizos rocosos en función de la facilidad al arranque, se propone la utilización de un Índice de Excavabilidad, determinado a partir de dos parámetros geomecánicos clásicos como son el Índice de Resistencia Bajo Carga Puntual " I_s " y el Índice de Espaciamiento entre Fracturas " I_f ", entendiendo por estas últimas tanto las discontinuidades abiertas como las cerradas que constituyen planos de debilidad dentro de los macizos rocosos.

Este Índice sirve como una primera aproximación de estudio de cara al planteamiento general de un proyecto de selección de maquinaria de arranque.

El algoritmo de cálculo del Índice de Excavabilidad Básico "IE" es:

$$IE = (30,4 + 8,6 L_n \cdot I_s) \cdot (4,3 + 0,6 \cdot L_n I_f)$$

donde:

I_s = Índice de Resistencia Bajo Carga Puntuales (MPa)

I_f = Espaciamiento entre fracturas (m)

El Índice de Excavabilidad Básico debe afectarse de unos coeficientes de corrección determinados a partir del tamaño relativo de los bloques conformados in-situ con respecto a la capacidad de las cucharas de aquellas máquinas que además de -- efectuar el arranque realizan al mismo tiempo la carga del material.

TAMAÑO RELATIVO DEL BLOQUE	FACTOR DE CORRECCION FC_{FT}
1/8 - 1/6	0,8
1/6 - 1/4	1,0
1/4 - 1/2	1,2

Además, es necesario tener en cuenta la orientación relativa de las discontinuidades con respecto a la dirección de arranque. Por ello, se aplica otro coeficiente de corrección FC_{OD} .

ORIENTACION RELATIVA	FACTOR DE CORRECCION FC_{OD}
Favorable	0,9
Desfavorable	1,15

El Índice de Excavabilidad Corregido "IE" será entonces:

$$IE' = IE \cdot FC_{TR} \cdot FC_{OD}$$

Según el valor obtenido de IE' puede saberse en primer lugar si el método de excavación aplicable es directo o con perforación y voladura, pues si:

IE' < 120 el método de arranque puede ser directo

IE' > 120 pero $I_f < 75$ cm se recomienda voladura de esponjamiento o prevoladura.

IE' > 120 pero $I_f < 75$ cm es necesario la preparación del terreno con voladura convencional.