

CONTROL DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y MEDIDAS PARA SU ESTABILIZACIÓN



INTRODUCCIÓN.

Los estudios de estabilidad de taludes no solo se circunscribe a la determinación del ángulo de talud estable, si no que además está orientado a controlar la estabilidad del macizo rocoso, es decir; llevar a cabo un conjunto de actividades de carácter técnico dirigidos a la determinación de los parámetros óptimos del tajo abierto relacionados: al trabajo seguro, profundización del tajo y límites del tajo, volumen de desbroce y la determinación de los principales parámetros económicos.

Toda forma de deformación de taludes en minas a cielo abierto está relacionada en cierto grado a la variación del estado tensional de las rocas provocado por los trabajos mineros.

Como se sabe, en las condiciones naturales las rocas se encuentran en estado de equilibrio tensional, donde actúan las fuerzas gravitacionales y tectónicas, así como las condiciones hidrogeológicas. El desequilibrio inicial del estado de compresión originada por las fuerzas tectónicas o por la acumulación lenta de rocas sedimentarias va a tensionándose a través del tiempo por acción del intemperismo y la relajación de la tensión tangencial.

Los trabajos de minado a cielo abierto, incrementa el desequilibrio del estado de compresión de las rocas y conduce al incremento de la tensión tangencial en los taludes del macizo rocoso, con frecuencia sobrepasando los límites permisibles y causando la inestabilidad de taludes.

Para garantizar la estabilidad de taludes es necesario realizar el control permanente del comportamiento geomecánico de las rocas circundantes al tajo abierto a cargo del área de geotecnia, encargado de los siguientes trabajos:

- Observación sistematizada del estado de los taludes y crestas en el tajo abierto.
- Estudio detallado de las condiciones geomecánicas de estabilidad de taludes en zonas de interés en el tajo abierto.
- Trabajos de estabilización, entre otros.

OBSERVACIÓN SISTEMATIZADA DEL ESTADO DE LOS TALUDES Y CRESTAS DEL TAJO ABIERTO

OBSERVACIÓN VISUAL

Es la actividad más efectiva durante los trabajos de minado y se realiza con la finalidad de establecer las formas de inestabilidad que se presentan en las diferentes zonas del tajo abierto.

En la evaluación de la estabilidad de taludes tiene especial importancia el estudio de la forma cómo se manifiestan las deformaciones y conjuntamente con el mapeo geológico nos permite hallar las causas de las deformaciones de los taludes.

Toda forma de deformación de taludes se puede clasificar en: desmoronamiento, caída, derrumbe, deslizamiento y reptación.

Desmoronamiento.- Es un proceso irreversible, regulado por la fuerza de rozamiento, caracterizado por el desprendimiento de rocas, que por fuerza de gravedad se desplaza a través de la cara del talud.

Caída.- Fragmento de roca en movimiento que viaja mayormente por el aire y que puede desplomarse.

Derrumbe.- Masa de roca que por su deformación está próximo a convertirse en lodo.

Deslizamiento.- La inestabilidad se produce a lo largo de la superficie de corte O de falla, lo que puede ser visible ó razonablemente estimado. Los principales tipos de deslizamiento son: falla por superficie circular, falla en cuña.

Reptación.- Este tipo de falla se produce por superficie circular, generalmente es lento y sucede antes del fallamiento del talud.

OBSERVACIÓN INSTRUMENTAL

Se realiza con la finalidad de establecer datos cuantitativos sobre el incremento de la deformación en un determinado periodo de tiempo, en relación a las condiciones geográficas. Estos pueden ser:

Evaluación del proceso de deformación con ayuda de extensómetros.

Estaciones con postes de concreto para determinar el desplazamiento vertical y horizontal.

Caballote metálico para medir el desplazamiento absoluto en sistemas de fisuramiento próximo al tajo y que a demás sirven para la instalación de equipos de alarma como medidas preventivas.

Control topográfico para evaluar el volumen de masa en movimiento, la dirección y velocidad.

Extensómetro multi alámbrico de superficie para establecer el movimiento de las rocas.

Control topográfico de la superficie cercana al tajo por medio de visuales topográficos para determinar la extensión de la zona de deslizamiento.

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS DE INTERES EN EL TAJO ABIERTO

Consiste en la determinación de las particularidades de las rocas, mapeo litológico y estructural y determinación de tipos de fallas. Así como; recopilación de datos de campo para el análisis de taludes naturales y el empleo de técnicas estereográficas mediante mapeo por celdas y líneas detalladas en la determinación de la estabilidad de taludes.

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.

Entre las causas que originan la inestabilidad de taludes tenemos.

La discrepancia entre el ángulo de talud asumido respecto a las condiciones geológicas o al poco conocimiento de estas condiciones del terreno.

La ejecución incorrecta de los trabajos mineros (ejemplo en la voladura) que frecuentemente origina el deslizamiento de taludes y la intensificación del desmoronamiento causado por las vibraciones.

La apreciación incorrecta de las características de las rocas y de los fenómenos que constituyen causa de la sobre estimación ó el insuficiente estudio geogénico.

Fallas de drenaje, entre otros.

Para determinar de la conveniencia de los trabajos de estabilización (sostenimiento) de taludes, generalmente se compara el gasto necesario en la ejecución de estos trabajos entre la diferencia del costos de desbroce (sin considerar los trabajos de estabilización de taludes) y los costos de estabilización.

$$G_{est} = C_d \times V_d - C_{est} \times V_{est}$$

G_{est}	Gastos en estabilización.
C_d	Costo de 1 m ³ de desbroce.
V_d	Disminución del volumen de desbroce con la estabilización.
C_{est}	Costo de estabilización de 1 m ³ de desmonte.
V_{est}	Volumen de roca estabilizada.

El proyecto de estabilización de taludes se elabora con base a datos geotécnicos detallados, en el cual se establece las superficies potenciales de falla (fisuras, fallas tectónicas) la orientación de las fallas, características mecánicas de las rocas debilitadas y otras particularidades de las rocas.

El cálculo económico de la conveniencia de estabilización de un determinado talud se realiza partiendo de la posibilidad de reducir el costo de desbroce, asumiendo un ángulo de talud mayor.

La estabilización de taludes será conveniente si los gastos en los medios para el sostenimiento sean menores al ahorro que se obtiene gracias a la reducción del volumen de desbroce.

Conceptualmente la reducción del volumen de desbroce debido al empleo de sostenimiento se determina:

$$Vd = H_2^2 \times l (\text{ctag}_{;_1} - \text{ctag}_{;_2}), m^3$$

Donde:

H, l Altura y longitud del talud del tajo con el ángulo $;_1, ;_2$ respectivamente.

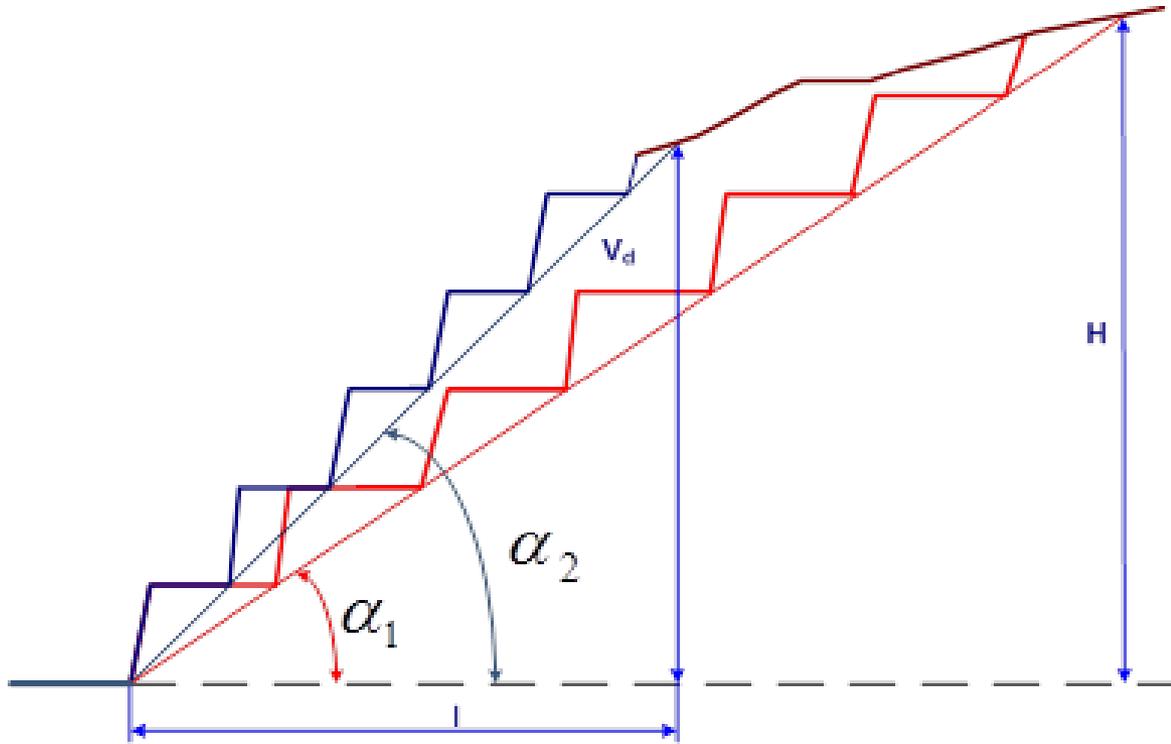


Gráfico 1 Representación esquemática de estabilización de taludes

Utilizando metodologías de cálculo de volúmenes se puede calcular el volumen de desbroce que se dejaría de extraer utilizando uno de los métodos de sostenimiento.

METODO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y LAS CONDICIONES PARA SU APLICACIÓN

Los métodos de estabilización de taludes de acuerdo al principio de influencia del macizo rocoso sobre el sostenimiento, los métodos de estabilización de taludes en los trabajos a cielo abierto, en edificaciones hidrotécnico, se dividen en 4 grupos principales:

GRUPO	MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN	CONDICIONES DE LAS ROCAS PARA SU ESTABILIZACIÓN
I	Sostenimiento mecánico, con ayuda de postes de concreto armado	Maza rocosa con fisuras poco desarrollados y con superficies debilitadas que buzan hacia el talud con un ángulo de 20° - 50°
	Cableado	Macizo de bloques grandes poco alterados, pizarras, rocas estratificadas, compactas con buzamiento hacia la zona de explotación, con un ángulo de 40° - 40°
	Paredes de defensa	Rocas fuertemente fracturadas, poco alteradas y compactas.
	Muros de contención de concreto armado	Macizo rocoso con fallas de estructura compleja, con intercalaciones de rocas sueltas y húmedas
II	Consolidación de las rocas empleando:	
	Cementación, inyección de mezclas fortificantes.	Para rocas compactas fracturadas libres de componentes arcillosas y de arena.
	Silicificación y electrosilicificación	Para rocas de caliza y rocas ligeras con coeficiente de filtración 0.1 . 5.0 m/día.
	Tratamiento térmico	En rocas arcillosas.
	Compactación con uso de energía de explosivos	En rocas arcillosas y terrosas
III	Recubrimiento de la superficie como aislantes y de protección	
	Revestimiento de concreto sobre malla metálica	En rocas muy fracturadas, alteradas y oxidadas; en caliza arcillosa.
IV	Sostenimiento combinado	Se emplea en condiciones geotécnicas complejas