

Clasificación Geomecánica de Roca

Mediante el estudio de las condiciones geológicas subterráneas del área, se pueden establecer los planes a seguir para garantizar la instalación adecuada de las fortificaciones. Existen diferentes tipos de roca, cada una de las cuales tienen sus propias características y propiedades físicas. Existen también, diferentes situaciones que requieren el uso de fortificación adicional para consolidar los estratos de la roca, afirmar los bloques y prevenir la caída de roca.

Si bien es cierto, previo a la construcción de una labor subterránea, se realiza un estudio preliminar de la geología del terreno mediante sondajes (muestras de perforación diamantina), mapeos geológicos y otros, es físicamente imposible detectar completamente las condiciones en que se encuentran los diversos elementos de un cuerpo tan complicado como es el macizo rocoso.

En la mayoría de los casos, el macizo rocoso aparece como un conjunto ensamblado de bloques irregulares, separados por discontinuidades geológicas como fracturas o fallas y, por ello la Caracterización Geomecánica de los macizos rocosos es compleja; pues debe incluir tanto las propiedades de la matriz rocosa así como de las discontinuidades.

En resumen, el diseño de una excavación subterránea, que es una estructura de gran complejidad, es en gran medida el diseño de los sistemas de fortificación. Por lo tanto, el objetivo principal del diseño de los sistemas de refuerzo para las excavaciones subterráneas, es de ayudar al macizo rocoso a soportarse, es decir, básicamente están orientados a controlar la “caída de rocas” que es el tipo de inestabilidad que se manifiesta de varias maneras. Controlar los riesgos de accidentes a personas, equipos y pérdidas de materiales (producto de la inestabilidad que presenta una labor durante su abertura), constituye una preocupación primordial que debe ser considerada en la planificación de las labores mineras.

El diseño de sostenimiento de terrenos es un campo especializado, y es fundamentalmente diferente del diseño de otras estructuras civiles. El procedimiento de diseño para el sostenimiento de terrenos por lo tanto tiene que ser adaptado a cada situación. Las razones son los hechos siguientes:

- Los “materiales utilizados” es altamente variable.
- Hay limitaciones severas en lo que se puede proporcionar la información por medio de Investigaciones Geológicas.
- Existen limitaciones en exactitud y la importancia de parámetros probados del material de la roca.
- Existen limitaciones severas en el cálculo y los métodos para modelar el sistema de sostenimiento.
- El comportamiento de aberturas es dependiente del tiempo, y también influenciado por los cambios en filtraciones de agua.
- Incompatibilidad entre el tiempo necesario para las pruebas de los parámetros, para los cálculos y modelos, comparados al tiempo disponible.

Los tres sistemas más conocidos para La Clasificación Geomecánica son:

- RQD** - (Rock Quality Designation) Designación de La Calidad de Roca, Deere et al, 1967)
- RMR** - (Rock Mass Rating) Clasificación de la Masa Rocosa, Bieniawski (1973, 1989)
- Q** - (Tunnel Quality Index) Índice de la Calidad del Túnel, Barton et al (1974)

RQD - (Rock Quality Designation) Designación de La Calidad de Roca

Proceso que utiliza la calidad de las muestras de perforación (sondajes) diamantina (Deere et al, 1967) para determinar la calidad de la roca masiva in situ.

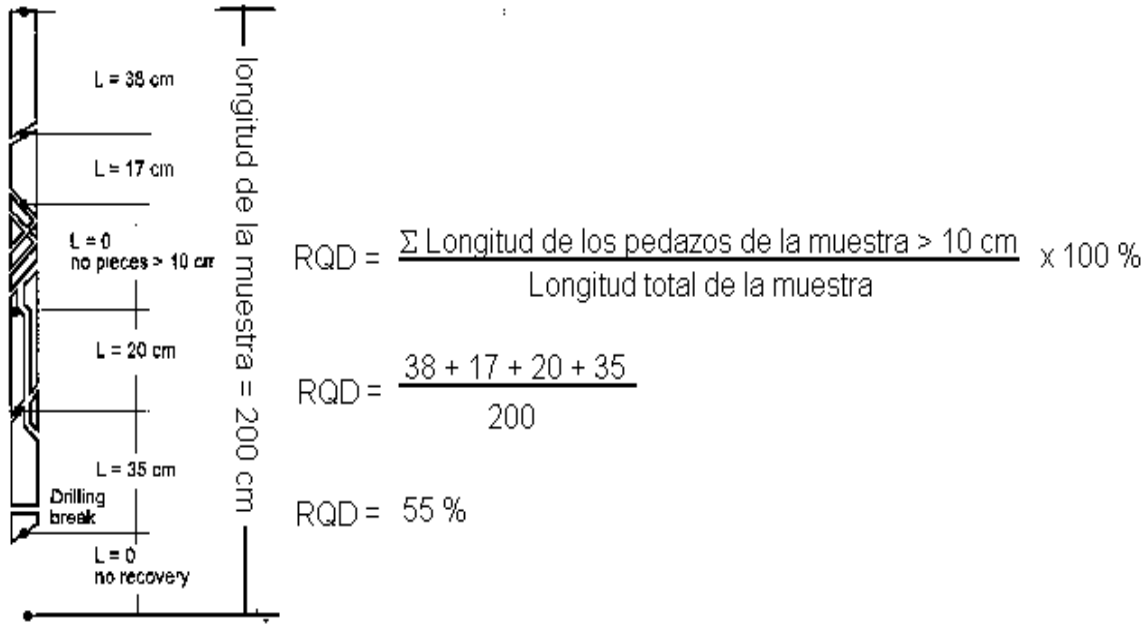


Figure 4.1: Procedure for measurement and calculation of RQD (After Deere, 1989).

Normalmente muestras de 54,7 mm x 1,5 m, resultando en un porcentaje como el siguiente;

- 0 – 25 % Muy Malo
- 25 – 50 % Malo
- 50 – 75 % Regular
- 75 – 90 % Bueno
- 90 – 100 % Muy Bueno

El valor de 10 cm = diámetro de la muestra x 2

Utilizando el sistema RQD tenemos una indicación de la calidad de la roca en el área de la muestra, la existencia de fallas, fracturas presentes y de las fuerzas presente en la roca.

Tipos de Terrenos



**RMR – (Rock Mass Rating) Clasificación del Maciso Rocoso y
Q (Tunnel Quality Index) Índice de la Calidad del Túnel**

Parámetros Utilizados Para RMR y Q:

- Dureza de la roca.
- **RQD**- Rock Quality Designation (Designación de la Calidad de la Roca).
- Frecuencia y alteración de las fracturas.
- Fuerzas en la Masa Rocosa in Situ.
- Filtraciones de agua.

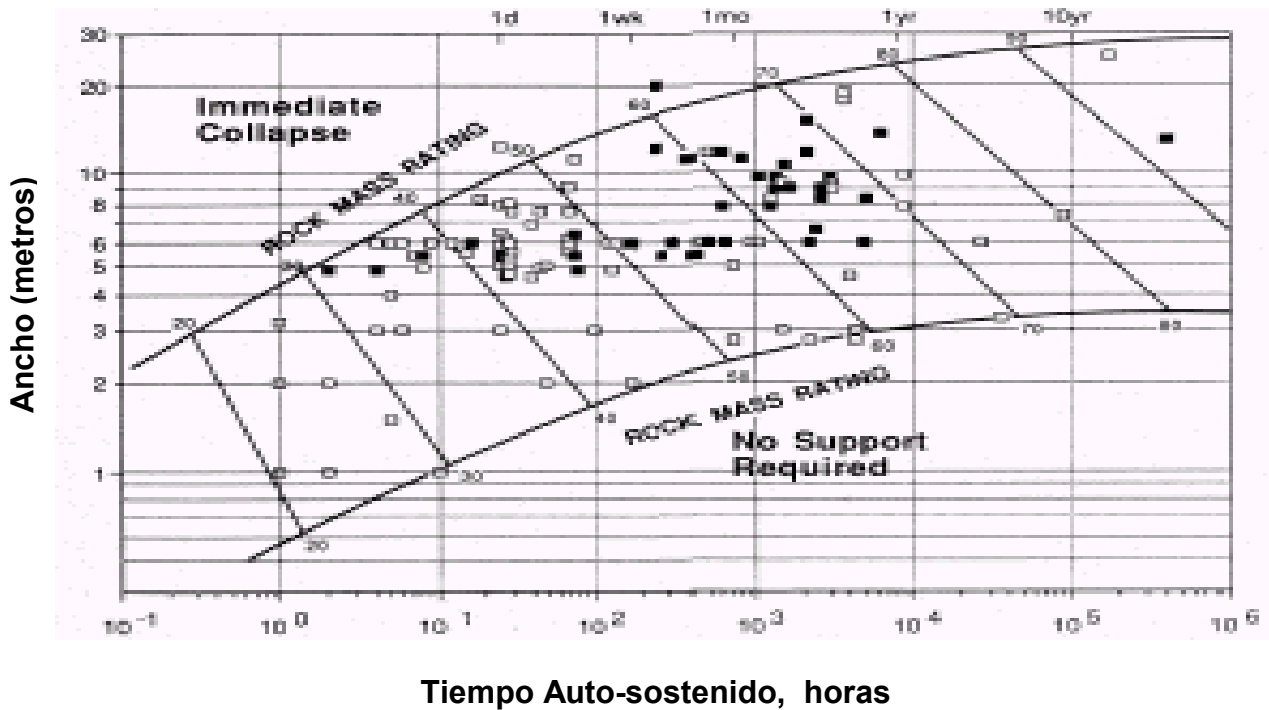
Ejemplos del sostenimiento

- Esp. - Malla del espaciamiento en metros
- L - Longitud del Perno en metros
- W - Ancho en metros

RMR – CLASIFICACIONES

DESCRIPCION	RMR	
I MUY BUENA	81-100	Sin sostenimiento, Pernos puntuales $L = 1.4 + (0.18 \times W)$
II BUENA	61-80	Puntuales $L = 1.4 + (0.18 \times W)$
III NORMAL	41-60	Pernos - Esp. 1.5, $L = 1.8 + (0.18 \times W)$, Shotcrete 50mm
IV MALO	21-40	Shotcrete 100mm, Pernos – Esp. 1m, $L = 2 + (0.18 \times W)$
V MUY MALO	< 20	Arcos, Shotcrete 150mm, Pernos– Esp. 1m, $L = 3 + (0.18 \times W)$

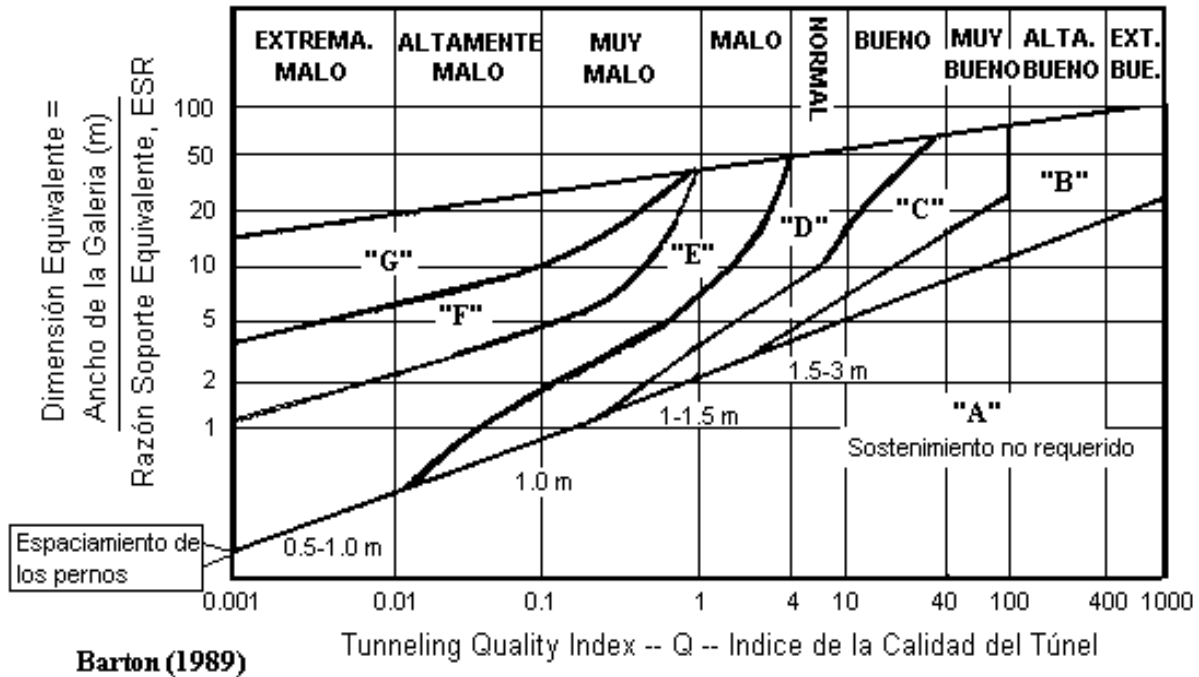
Predicción del tiempo de auto-sostenido de una labor con relación al RMR y el Ancho;



El tiempo de auto-sostenido de una abertura subterránea con relación del ancho y la calidad de la roca.

Índice de la Calidad del Túnel - Q Index

Para el cálculo del Índice **Q**, se tiene en cuenta: dureza de la roca, **RQD**, fracturas (frecuencia y alteraciones), presencia de agua y las fuerzas in situ. El valor de **ESR** "Excavation Support Ratio" (Razón del Soporte de la Excavación), es vinculado con el uso final y la vida anticipada de la excavación.



Dimensión Equivalente:

- ESR = 3 - 5 Labores temporales < 1 año
- ESR = 1.6 Excavaciones permanente, Galerías principales

Zona del Grafico

Sostenimiento Recomendado (Modificado del Original)

- Zona "A" Sostenimiento no requerido
- Zona "B" Pernos puntuales a 1.5 - 3 m
- Zona "C" Pernos instalados sistemáticamente a 1.0 - 1.5 m
- Zona "D" Pernos y Shotcrete, Pernos a 1 m
- Zona "E" Pernos y Shotcrete con Fibras, Pernos a 0.5 - 1.0 m
- Zona "F" Arcos de Acero, Shotcrete con Fibras > 15 cm, Pernos 0.5 - 1.0 m
- Zona "G" Arcos de Acero y Concreto

La práctica de La Ingeniería de Rocas

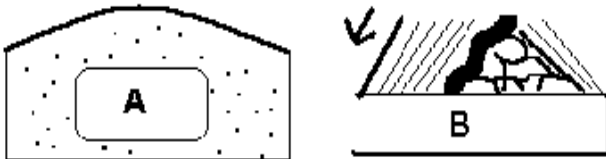
Si se consideran los tres caminos de conocimientos para la práctica de la Ingeniería de Rocas: empírico, observación y analítico; hay que señalar que hoy por hoy la aproximación empírica es todavía preponderante en la Ingeniería de Minas y Túneles. A pesar de los avances importantes en los métodos de cálculo analíticos / numéricos y en las medidas de campo durante la construcción, es un problema importante conseguir la integración de todas éstas actividades para llegar a un diseño eficaz de una excavación en roca.

Por ejemplo, las clasificaciones geomecánicas forman parte de una aproximación empírica a un problema, para el que nadie realmente tiene la última solución; pero permiten acercarnos a una solución razonable.

Las clasificaciones geomecánicas no pueden reemplazar a los procedimientos analíticos, las medidas en obra o la experiencia en ingeniería; son simplemente una ayuda adicional al diseño y pueden considerarse como una herramienta más que está a disposición del Ingeniero de Rocas.

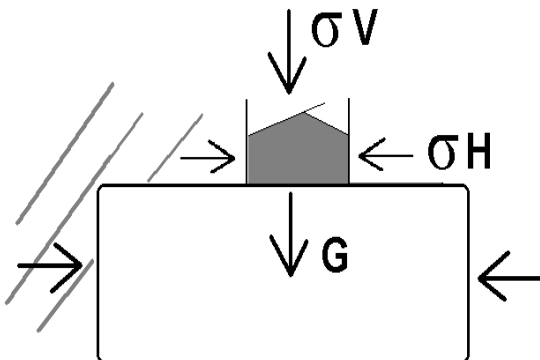
Ricardo Z. Bieniawski von Preinl

Variables en la Roca Masiva;



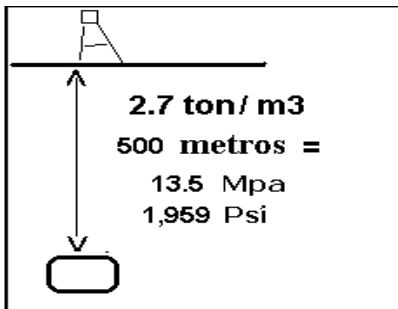
El tipo de roca y de las condiciones del terreno puede variar con el avance de una galería. Un sistema de fortificación desarrollado para la situación simple (A) debe ser también flexible para las condiciones variables de (B)

Fuerzas in situ de la Roca Masiva;



Las fuerzas principales que actúan en el maciso rocoso, son: (σV) representa la fuerza vertical de la masa rocosa sobrepuesta, (σH) es la fuerza horizontal que también se relaciona con la masa de roca sobrepuesta y la fuerza (G) es la fuerza de la gravedad en las estructuras o bloques de la roca. En este caso cuando la fuerza vertical, horizontal o la gravedad excede la fuerza horizontal la falla del techo es posible. En éstas situaciones se requiere los elementos de sostenimiento.

Cálculo de las Fuerzas Principales;

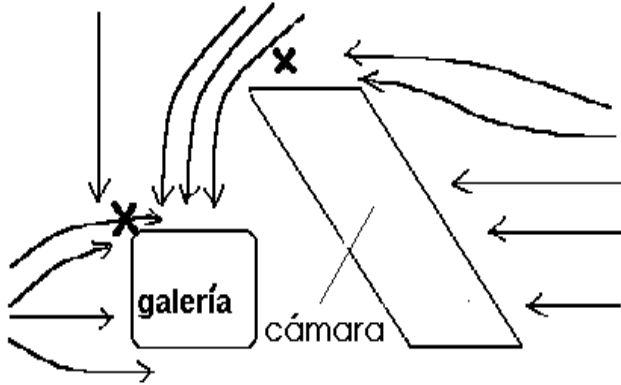


La presión vertical σV puede ser calculado tomando el volumen de la roca encima (en MPa o Psi) para llegar a un factor de + - 20% de la fuerza in situ. Para σH en roca dura, masiva se puede utilizar un factor de 1,5 – 2,0 x σV , y con una profundidad de + 1,000 m, un factor de 1.

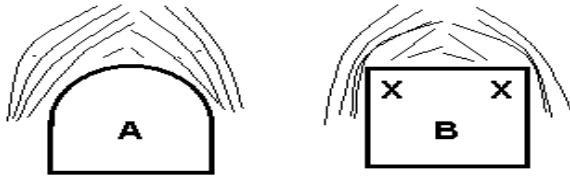
Antes de la explotación, el terreno es estable, se encuentra en un estado de equilibrio. Con la excavación de las aberturas subterráneas y durante la explotación, las presiones in situ de la masa rocosa se reorientan y concentran.

El efecto de la presión in situ en la roca varía con;

- el tipo de roca,
- proximidad de las fallas,
- dimensiones de la excavación,
- geometría de la excavación,
- proximidad con otras aperturas.



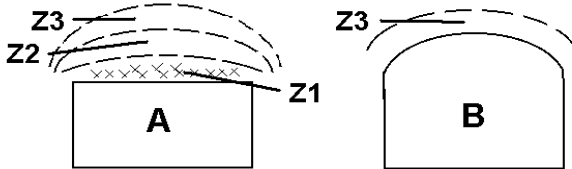
La reorientación y la concentración de la presión in situ alrededor de las excavaciones son debido a la geometría de la abertura. En tal situación, el efecto de las fuerzas se concentra más en las esquinas de la cámara y galería indicado (X)



El efecto de la Geometría-

y de la distribución de las fuerzas de compresión. El ejemplo (A) formado en arco es más resistente a la concentración de las fuerzas verticales. Las esquinas (X) en el ejemplo (B) contribuyen a una concentración más alta de las fuerzas.

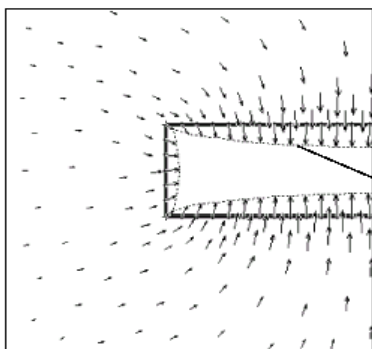
El concepto del "arco natural"



- Z1** - zona de material suelto anticipado
- Z2** - zona del arco natural
- Z3** - limite de relajación del terreno

La zona (Z1) de material suelto en su ancho natural debe ser reforzada.

Sostenimiento de avances, Roca Suave;



Deformación de un avance en roca suave. La instalación de los elementos de sostenimiento debe seguir al avance para prevenir desplazamiento del terreno.

Perfil de la deformación en un avance en roca suave