

ANEXO B

ASPECTOS GENERALES DEL RMR DE BIENIAWSKY

ASPECTOS GENERALES DEL RMR DE BIENIAWSKY

El valor del RMR ha sido utilizado para estimar las propiedades del macizo rocoso. Bieniawski (1984, 1989) y Serafim y Pereira (1983) han proporcionado una relación entre el RMR y el módulo de deformación del macizo rocoso. El valor del RMR también es utilizado como una forma de estimar los factores m y s del Criterio de rotura de Hoek-Brown, las ecuaciones para su determinación son planteadas en por Hoek y Brown, (1988) al igual que el valor del GSI introducido por Hoek et al., (1995) para finalmente evaluar la resistencia del macizo rocoso.

Muchos proyectos de túneles usan el RMR como uno de los indicadores para definir las clases de sostenimiento o excavación. Sin embargo, el RMR no puede ser utilizado como el único Indicador, especialmente cuando las tensiones de la roca o sus propiedades dependientes del tiempo son importantes para el resultado de la ingeniería de rocas.

Bieniawski (1989) presenta una correlación entre el tiempo de sostenimiento y la longitud del vano o sector no soportado del túnel para los diferentes valores de RMR mostrado en la Figura B1, este diagrama es útil para la determinación de los tiempos de instalación de soporte, existen gráficos actualizados de estabilidad vs. Vano libre, tanto para túneles excavados con perforación y voladura como con TBM, conforme a que la excavación con tuneladora conduce a una mejor calidad del macizo, Alber (1993), desarrolló una relación entre el $RMR_{D\&B}$ (excavación por voladura) y el RMR_{TBM} (excavación con tuneladora) extrapolando la relación ya descrita.

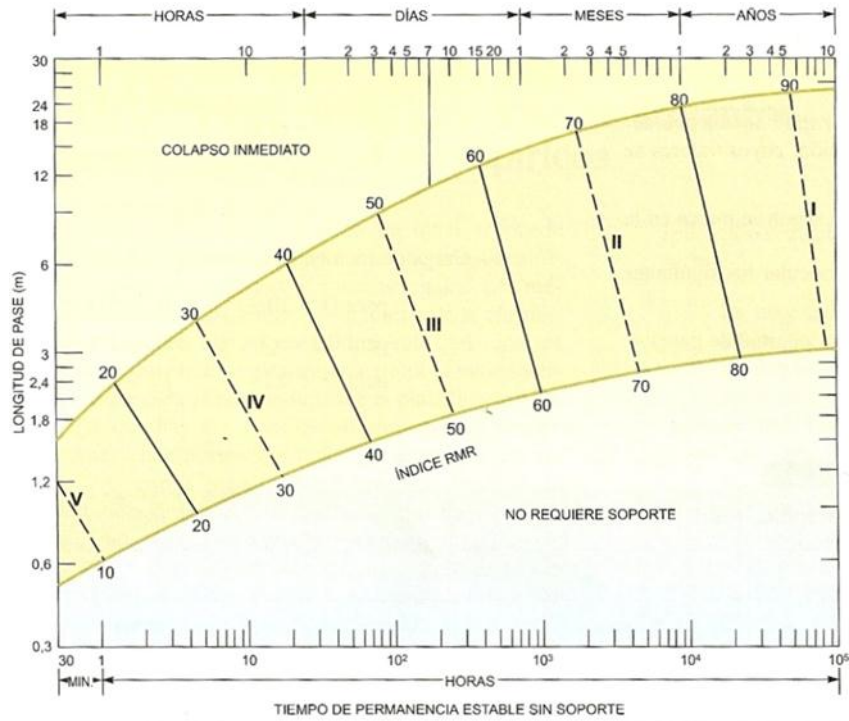


Figura B1. Longitudes y tiempos de estabilidad sin soporte, Bieniowski (1989)

La evaluación del RMR es realizada a partir de la Tabla B1, determinando el valor para cada parámetro y realizando la sumatoria de los mismos, que debe encontrarse en un rango de 0 - 100, finalmente el sostenimiento es determinado a partir de la Tabla B2 según la correspondencia del valor del RMR encontrado con el rango por clase preestablecido por Bieniowski, es de anotar que Hoek (1983) modifica algunos valores relacionados con el agua subterránea, planteando como máximo puntaje 10 en lugar de 15

Tabla B1. Determinación de los parámetros para la determinación del RMR de Bieniawski(1989)

A: CLASIFICACION DE LOS PARAMETROS Y SU EVALUACION

PARÁMETROS		R A N G O D E P A R Á M E T R O S							
1	Esfuerzo del material rocoso Intacto	Índice de esfuerzo de carga puntual. (Mpa)	>10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Por ser un rango bajo, es preferible la prueba de compresión uniaxial.		
		Compresión uniaxial (Mpa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
	Evaluación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD %		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
	Evaluación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de discontinuidades		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 80 mm		
	Evaluación		20	15	10	8	5		
4	Condición de las discontinuidades. Ver E		Superficies muy limpias. No continuas. Sin separación. Rocas no meteorizadas	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes ligeramente alteradas	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes altamente alteradas	Superficie deslizante. $\delta < 5$ mm. Separación de 1 - 5 mm. Continua	Arcilla de falla con espesor > 5mm. Separación continua > 5 mm		
	Evaluación		30	25	20	10	0		
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Flujo a lo largo de 10 metros de túnel litros/minuto	NO	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Relación = (Presión de agua en junta / Mayor esfuerzo principal.)	0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		Condiciones generales	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteo	Flujo		
	Evaluación (original, 1979)		15	10	7	4	0		
	Evaluación (modificada por Hoek 1983)		10	7	7	4	0		

B:

AJUSTE PARA ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES

Orientación de rumbo y buzamiento de las Discontinuidades	Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable
Valores					
Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
Fundaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

C: DETERMINACIÓN DE CLASE DE MACIZO ROCOSO TOTALIZANDO LOS VALORES

VALOR CLASE No DESCRIPCIÓN	100 - 81 I	80 - 61 II	60 - 41 III	40 - 21 IV	< 20 V
	Roca muy Buena	Roca Buena	Roca Regular	Roca Pobre	Roca Muy Pobre

D: MEDIDA DE MACIZO ROCOSO

CLASE No PROMEDIO DE TIEMPO ESTABLE	I 20 Años para 15 metros	II 1 Año para 10 m	III 1 semana para 5 m	IV 10 horas para 2.5 metros	V 30 minutos para 1 metro
COHESIÓN DE LA MASA ROCOSA Kpa ANGULO DE FRICCIÓN (DEG)	> 400 > 45	300 - 400 35 - 45	200 - 300 25 - 35	100 - 200 15 - 25	< 100 < 15

E: GUÍA PARA LA CLASIFICACIÓN DE DISCONTINUIDADES
(Condiciones)

LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD Persistencia	< 1metro	1 - 3 metros	3 - 10 metros	10 - 20 metros	> 20 metros
Valor	6	4	2	1	0
SEPARACIÓN Apertura	NINGUNA	< 0.1 mm	0.1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Valor	6	5	4	1	0
RUGOSIDAD	Muy Rugosa	Rugosa	Poco Rugosa	Lisa	Espejo de fricción
Valor	6	5	3	1	0
RELLENO	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valor	6	4	2	2	0
METEORIZACIÓN	No Meteorizado	Levemente e Meteorizado	Moderadamente Meteorizado	Altamente Meteorizado	Descompuesto
Valor	6	5	3	1	0

F: EFECTO DE RUMBO Y BUZAMIENTO DE DISCONTINUIDADES
EN EL TUNEL

RUMBO PERPENDICULAR AL EJE DEL TUNEL		RUMBO PARALELO AL EJE DEL TUNEL	
Dirección de inclin a favor. Inclín 45 -90	Dirección de inclin a favor. Inclín 20 - 45	Inclinación 45 - 90	Inclinación 20 - 45
Muy Favorable	Favorable	Muy desfavorable	Regular
Dirección de inclin. En contra. Inclín 45 - 90	Dirección de inclin en contra. Inclín 20 - 45	Dirección de 0 a 20 independiente de inclinación	
Regular	Desfavorable	Regular	

Tabla B2. Sostenimiento a partir del RMR, Bieniwaski (1989)

Clase RMR	Excavación	Bulones	Gunita	Cerchas
I 100-81	Sección completa. Avances de 3m	Innecesario, salvo algún bulón ocasional	No	No
II 80-61	Sección completa. Avances de 1-1,5m	Bulonado local en clave con longitudes de 2-3m y separación de 2-2,5m, eventualmente con mallazo	5cm en clave para impermeabilización	No
III 60-41	Avance y destroza. Avances de 1,5-3m. Completar sostenimiento a 20m del frente.	Bulonado sistemático de 3-4m con separaciones de 1,5-2m en la clave y hastiales. Mallazo en clave.	5-10cm en clave y 3cm en hastiales	No
IV 40-21	Avance y destroza. Avances de 1-1,5m. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos de 10m del frente	Bulonado sistemático de 4-5m con separaciones de 1-1,5m en clave y hastiales con mallazo	10-15cm en clave y 10cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación	Cerchas ligeras espaciadas 1,5m cuando se requieran.
V <20	Fase múltiples. Avances de 0,5-1m. Gunitar inmediatamente el frente después de cada avance	Bulonado sistemático de 5-6m con separaciones de 1-1,5m en clave y hastiales con mallazo. Bulonado en solera	15-20cm en clave y 15cm en hastiales y 5cm en el frente.. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas separadas 0,75m con blindaje de chapas y cerradas en solera

Túneles de sección en herradura, ancho máximo 10m, máxima tensión vertical 250 kp/cm², Tomado de Bieniwaski (1989), completado para condiciones de agua con base en Hoek (1983)