



Ejemplo de clasificación de roca según RQD

$$RQD = 115 - 3.3J_v$$

J_v : Número de juntas identificadas en el macizo rocoso por m³

Msc. Carlos Reátegui Ordoñez

Autor	Sin sostenimiento	Sostenimiento con anclajes	Sostenimiento con cerchas
Deere et al (1970)	RQD 75 - 100	RQD 50 - 75 Espaciados entre 1.5 - 1.8 m	RQD 50 - 75 Cerchas ligeras espaciadas 1.5 a 1.8 m como alternativas a los anclajes
		RQD 25 - 50 Espaciados entre 0.9 - 1.5 m	RQD 25 - 50 cerchas ligeras a medianas espaciadas de 0.9 a 1.5 m como alternativa a los anclajes
			RQD 0 - 25 Cerchas medianas a circulares pesadas espaciadas de 0.6 a 0.9 m
Cecil (1970)	RQD 82 - 100	RQD 52 - 82 Como alternativamente a los anclajes, 40 - 60 mm de hormigón proyectado	RQD 0 - 52 Cerchas u hormigón proyectado reforzado
Merritt (1972)	RQD 72 - 100	RQD 23 - 72 Espaciados entre 1.2 v 1.8 m	RQD 0 - 23

Entibación recomendada para túneles en roca de entre 6 y 12 m de luz, basada en el índice RQD (Deere, 1963).

Calidad de la Roca	Método de Perforación	Posibles sistemas de Entibación		
		Cerchas de Acero	Anclajes	Hormigón Proyectado
Excelente RQD ≥ 90	Con TBM	Ninguna u ocasionales cerchas ligeras. Peso de roca: (0.0-0.2)B	Ninguno u ocasionales	Nada u ocasionales aplicaciones locales
	Convencional	Ninguna u ocasionales cerchas ligeras. Peso de roca (0.0 - 0.3)B	Ninguno u ocasionales	Nada u ocasionales aplicaciones locales de 2 a 3 pulgadas de espesor
Buena 75 < RQD < 90	Con TBM	Ocasional cerchas ligeras de 5 ó 6 pies entre centros. Peso de roca: (0.0-0.4)B	Ocasional o según una maila de 5 a 6 pies entre centros	Nada u ocasionales aplicaciones locales de 2 a 3 pulgadas de espesor
	Convencional	Cerchas ligeras de 5 ó 6 pies entre centros. Peso de roca: (0.3-0.6)B	Según una maila de 5 a 6 pies entre centros	Ocasional aplicaciones locales de 2 a 3 pulgadas de espesor
Media 50 < RQD < 75	Con TBM	Cerchas ligeras a medias de 5 ó 6 pies entre centros. Peso de roca: (0.6-1.3)B	Según una maila de 4 a 6 pies entre centros	2 a 4 pulgadas en la clave
	Convencional	Cerchas ligeras a medias de 4 ó 6 pies entre centros. Peso de roca: (0.6-1.3)B	Según una maila de 3 a 5 pies entre centros	4 pulgadas o más en la clave y hastiales
Mala 25 < RQD < 50	Con TBM	Cerchas circulares medias, de 3 a 4 pies entre centros. Peso de roca: (1.0-1.6)B	Según una maila de 3 a 5 pies entre centros	4 a 6 pulgadas en la clave y hastiales, combinando con anclajes
	Convencional	Cerchas medias a pesadas, de 2 a 4 pies entre centros. Peso de roca: (1.3-2.0)B	Según una maila de 2 a 4 pies entre centros	6 pulgadas en la clave y hastiales. Combinando con anclajes
Muy Mala RQD < 25 (Excluidos los terrenos fruyentes)	Con TBM	Cerchas medias a pesadas a 2 pies entre centros. Peso de roca: (1.6-2.2)B	Según una maila de 2 a 3 pies entre centros	6 pulgadas o más en toda la sección. Combinando con cerchas pesadas
	Convencional	Cerchas circulares pesadas a 2 pies entre centros. Peso de roca: (2.0-2.8)B	Según una maila de 3 pies entre centros	6 pulgadas o más en toda la sección. Combinando con cerchas pesadas
Muy Mala (terrenos fruyentes o expansivos)	Con TBM	Cerchas circulares muy pesadas a 2 pies entre centros. Peso de roca superior a 250 pies	Según una maila de 2 a 3 pies entre centros	6 pulgadas o más en toda la sección. Combinando con cerchas pesadas
	Convencional	Cerchas circulares muy pesadas a 2 pies entre centros. Peso de roca superior a 250 pies	Según una maila de 2 a 3 pies entre centros	6 pulgadas o más en toda la sección. Combinando con cerchas pesadas

El parámetro B representa la anchura del túnel, en pies.

TABLA 3.6 PARAMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORACIONES						
Parámetro		Rango de valores				
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa
		Resistencia compresiva uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa
	Valoración	15	12	7	4	2
2	Calidad de testigo de perforación RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%
	Valoración	20	17	13	8	3
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	60 - 200 mm	< 60 mm
	Valoración	20	15	10	8	5
4	Condición de las discontinuidades	Superficies muy rugosas no continuas Cerradas, sin apertura paredes rocosas sanas	Superficies ligeras. Rugosas Apertura < 1 mm Paredes ligeramente intemperizadas	Superficie ligeras. Rugosas Apertura < 1 mm Paredes altamente intemperizadas	Espejo de falla o panizo < 5 mm de espesor Apertura de 1 - 5 mm Juntas continuas	Panizo suave > 5 mm de espesor o apertura > 5 mm Juntas continuas
		30	25	20	10	0
	Valoración	30	25	20	10	0
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud de túnel (l/m) Presión de agua / Principal máximo Condición general	Ninguno 0	< 10 < 0.1	10 - 25 0.1 - 0.2	25 - 125 0.2 - 0.5
		15	10	7	4	0
	Valoración	15	10	7	4	0

TABLA 3.7 AJUSTE DE LA VALORACION POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES (Ver TABLA 3.11)						
Parámetro		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valoraciones	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-2	-25	-50	
TABLA 3.8 CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES						
Valoración		100 - 81	80 - 61	61 - 41	40 - 21	< 21
Número de clase		I	II	III	IV	V
Descripción		Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala
TABLA 3.9 SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE ROCAS						
Número de clase		I	II	III	IV	V
Tiempo de auto sostenimiento		20 años span 15 m	1 año span 10 m	1 semana span 5 m	10 hrs span 2.5 m	30 minutos span 1 m
Cohesión de la masa rocosa Kpa		> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Angulo de fricción de masa rocosa		> 45°	35° - 35°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Clase de macizo rocoso	Excavación (pase)	Sostenimiento		
		Bulones anclaje repartido (20 mm)	Hormigón Projectado	Cerchas
I - Roca muy buena RMR: 81 - 100	Sección completa, 3 m de avance.	Generalmente sin sostenimiento, excepto bulones puntuales.		
II - Roca buena RMR: 61 - 80	Sección completa, 1-1,5 m de avance; sostenimiento a 20 m del frente.	Localmente, bulones en clave de 3 m de longitud espaciados a 2,5 m con mallazo ocasional.	50 mm en la clave.	No.
III - Roca regular RMR: 41 - 60	Avance y destroza 1,5 - 3 m en bóveda. Instalar sostenimiento después de cada voladura.; completo a 10 m del frente.	Bulonado sistemático de 4 m de longitud, espaciados a 1,5 - 2 m en clave y hastiales con mallazo en corona.	50 - 100 mm en clave y 30 mm en hastiales.	No.
IV - Roca mala RMR: 21 - 40	Avance y destroza 1,0 - 1,5 m en bóveda. Comenzar sostenimiento simultáneamente con la excavación hasta 10 m del frente.	Bulonado sistemático de 4 - 5 m de longitud, espaciados a 1 - 1,5 m en clave y hastiales con mallazo.	100 - 150 mm en clave y 100 mm en hastiales.	Cerchas ligeras a medianas espaciadas a 1,5 m donde sea necesario.
V - Roca muy mala RMR: < 20	Galerías múltiples (0,5 a 1,5 m en avance). Sostenimiento simultáneo con la excavación. Hormigón proyectado inmediatamente después de	Bulonado sistemático de 5 - 6 m de longitud, espaciados a 1 - 1,5 m en corona y hastiales con mallazo, bulonado de la contrabóveda.	150 - 200 mm en clave. 150 mm en hastiales y 50 mm de sello en el frente.	Cerchas medianas a pesadas espaciadas a 0,75 m con revestimiento de acero y paraguas si lo requiere. Contrabóveda.
Notas: 1. Secciones de túnel en herradura de 10 m de ancho. 2. Excavación por voladuras. 3. Tensión vertical (σ_v) < 25 MPa.				

TABLA 3.10 PAUTAS PARA LA CLASIFICACION DE LAS CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Longitud de discontinuidades (persistencia)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Valoración	6	4	2	1	0
Separación (apertura)	Cerrada	< 0.1 mm	0.1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeram. Rugosa	Lisa	Espejo de falla
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno (panizo)	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno suave < 5 mm	Relleno suave > 5 mm
Valoración	6	4	2	1	0
Intemperización	Sana	Ligera	Moderada	Muy intemperiz.	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
TABLA 3.11 EFECTO DE LA ORIENTACION Y BUZAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES EN TUNELERIA					
Rumbo perpendicular al eje del túnel			Rumbo paralelo al eje del Túnel		
Avance con el Buzam. 45 - 90°	Avance con el Buzam. 20 - 45°	Buzamiento 45 - 90°	Buzamiento 20 - 45°		
Muy favorable	favorable	Muy desfavorable	Moderado		
Avance contra el Buzam. 45 - 90°	Avance contra el Buzam. 45 - 90°	Buzamiento 0 - 20°, independiente del rumbo			
Moderado	Desfavorable	Moderado			