

# Diseño y Ejecución de Obras Subterráneas

## Predimensionamiento de sostenimiento en base a clasificaciones geomecánicas (II)



**José Ramón Berasategui Moreno**  
**Rubén Pérez Álvarez**

Departamento de Transportes y Tecnología  
de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS  
 PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS (II)**



Considerando la descripción del macizo siguiente, asociada a una estación geomecánica perteneciente a los estudios previos de un túnel carretero semicircular de 12 metros de diámetro, dispuesto a una profundidad de 20 metros, clasifíquelo (1 PUNTO) y determine el sostenimiento adecuado mediante las propuestas a partir de la Q de Barton y las recomendaciones de Romana (1,5 PUNTOS). Comente los resultados obtenidos (0,5 PUNTOS). Emplee la relación:  $RMR = 10,5 \cdot \ln Q + 41,8$

“El sondeo con recuperación de testigo cuya información se ha relacionado con a la estación ST-003 ha devuelto un RQD 75%, habiéndose identificado dos familias de diaclasas. El contacto entre las caras de las diaclasas constituyentes de dichas familias se alcanzaría con un desplazamiento cortante inferior a 10 cm, siendo onduladas y lisas, y presentando pequeños espesores de relleno, constituidos en su totalidad por roca triturada y arenas. Se constata el lavado ocasional de dichos rellenos. Se prevé la intersección de zonas débiles conforme avance la excavación en múltiples zonas, presentando roca desintegrada químicamente”.

3.-Índice de rugosidad de las discontinuidades		Jr
a) Contacto entre las dos caras de las discontinuidad		
b) Contacto entre las dos caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm		
A	Diaclasas discontinuas	4
B	Diaclasas onduladas, rugosas o irregulares	3
C	Diaclasas onduladas, lisas	2
D	Diaclasas onduladas, perfectamente lisas	1,5
E	Diaclasa rugosas o irregulares	1,5
F	Diaclasas planas, lisas	1
G	Diaclasas perfectamente lisas	0,5
c) No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante		
H	Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente para impedir el contacto de las caras de la discontinuidad	1
J	Zona arenosa, de gravas o triturada con un espesor suficiente para impedir el contacto entre las dos caras de la discontinuidad	1

Índice de diaclasado		Jn
A	Roca masiva, sin diaclasas o con fisuras escasas	0,5-1,0
B	Una familia de diaclasas	2
C	Una familia y algunas diaclasas aleatorias	3
D	Dos familias de diaclasas	4
E	Dos familias y algunas diaclasas aleatorias	6
F	Tres familias de diaclasas	9
G	Tres familias y algunas diaclasas aleatorias	12
H	Cuatro o más familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, roca en terrores, etc.	15
J	Roca triturada, terrosa.	20

5.- Presencia de agua		Presión agua (kg/cm <sup>2</sup> )	Jw
A	Excavaciones secas o pequeñas afluencias, inferiores a 5 l/min, de forma localizada	<1	1
B	Afluencia a presión medida, con lavado ocasional de los rellenos de las discontinuidades	1-2,5	0,66
C	Afluencia importante o presión alta en rocas competentes con discontinuidades sin relleno	2,5-10	0,5
D	Afluencia importante o presión alta, produciéndose un lavado considerable de los rellenos de las diaclasas	2,5-10	0,33
E	Afluencia excepcionalmente alta o presión elevada en el momento de realizar las voladuras, decreciendo con el tiempo	>10	0,2-0,1
F	Afluencia excepcionalmente alta, o presión elevada de carácter persistente, sin disminución apreciable.	>10	0,1-0,05

**DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS**  
**PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS (II)**



4. Índice de alteración de las discontinuidades		fr	Ja
a) Contacto entre los planos de discontinuidad, sin minerales de relleno intermedio			
A	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimientos, impermeable, cuarzo	-	0,75
B	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas	25-35°	1
C	Planos de discontinuidades ligeramente alterados. Presentan minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc	25-30°	2
D	Recubrimientos de arcillas limosas o arenosas. Fracción pequeña de arcilla (no blanda)	20-25°	3
E	Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción (caolinita o mica). Clorita, talco, yeso, grafito, etc. Y pequeñas cantidades de arcillas expansivas	8-16°	4
b) Contacto entre los planos de la discontinuidad entre un desplazamiento cortante inferior a 10 cm (minerales de relleno en pequeños espesores)			
F	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc	25-30°	4
G	Fuertemente sobreconsolidadas, con rellenos de minerales arcillosos no blandos (continuos, pero de espesores inferiores a 5 mm)	16-24°	6
H	Sobreconsolidación media a baja, con reblandecimiento, rellenos de minerales arcillosos (continuos, pero de espesores inferiores a 5 mm)	12-16°	8
J	Rellenos de arcillas expansivas (montmorillonita). Continuos, pero de espesores inferiores a 5 mm. El valor de Ja depende del porcentaje de partículas con tamaños similares a los de las arcillas expansivas	6-12°	8 - 12
c) No se produce contacto entre los planos de discontinuidad ante un desplazamiento cortante (rellenos de mineral de gran espesor)			
K, L, M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcillas (ver G, H y J para la descripción de las condiciones de las arcillas)	6-24°	6,8 ó 8-12
N	Zonas o bandas de arcillas lisas o arenosas, con pequeñas fracciones de arcillas no reblandecibles	-	5
O, P, R	Zonas o bandas continuas de arcilla, de espesor grueso (ver clases G, H y J, para la descripción de las condiciones de las arcillas)	6-24°	10,13 ó 13-20

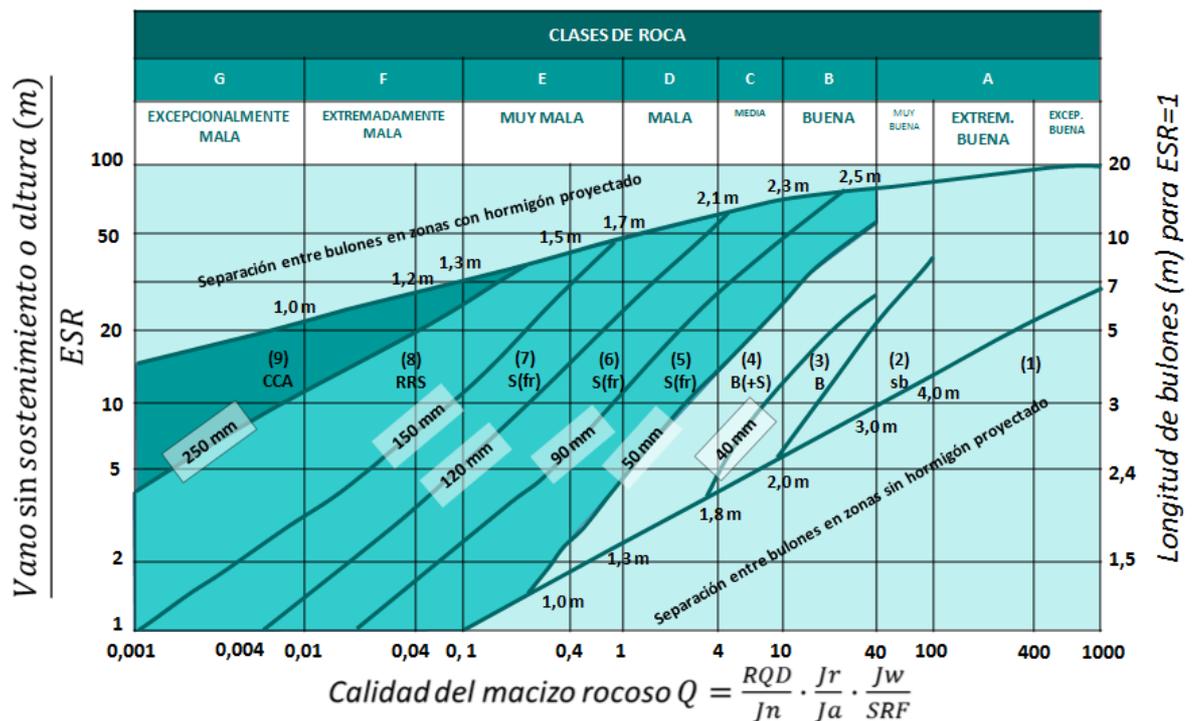
6.- Condiciones tensionales de la roca			SFR
a) Las zonas débiles intersectan a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de roca a medida que la excavación del túnel va avanzando.			
A	Múltiples zonas débiles, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca de contorno muy suelta (a cualquier profundidad)		10
B	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de la excavación ≤ 50 m)		5
C	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de la excavación > 50 m)		2,5
D	Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libre de arcillas), roca de contorno suelta (a cualquier profundidad)		7,5
E	Zonas de fractura aisladas en roca competente (libre de arcillas) (profundidad de la excavación ≤ 50 m)		5
F	Zonas de fractura aislada en roca competente (libre de arcillas) (profundidad de la excavación > 50 m)		2,5
G	Terreno suelto, diaclasas abiertas, fuertemente fracturado, en terrones, etc. (con independencia de la profundidad)		5
b) Rocas competentes, con problemas tensionales en las rocas			
H	Tensiones pequeñas cerca de la superficie, diaclasas abiertas	$\sigma/\sigma_1 > 200$	$\sigma\theta/\sigma_c < 0,01$
J	Tensiones medias, condiciones tensionales favorables	200-10	0,01-0,3
K, L, M	Tensiones elevadas, estructura muy compacta, Normalmente favorable para la estabilidad, pudiendo ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales	10 a 5	0,3-0,4
L	Lajamiento moderado de la roca tras 1 hora en rocas masivas	5 a 3	0,5-0,65
M	Lajamiento y estallido de la roca después de algunos minutos en rocas masivas.	3 ó 2	0,65-1
N	Estallidos violentos de la roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	<2	>1
c) Rocas deformables: flujo plástico de roca incompetente sometida a altas tensiones litostáticas			
			$\sigma\theta/\sigma_c$
O	Presión de deformación baja		1 a 5
P	Presión de deformación alta		>5
d) Rocas expansivas: actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua			
			SFR
R	Presión de expansión baja		5 a 10
S	Presión de expansión alta		10 a 15

**No se corregirán respuestas a lápiz.**

**DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS**  
**PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS (II)**



TIPO DE EXCAVACIÓN	ESR
Labores mineras con carácter temporal, etc.	2 a 5
Galerías mineras permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo galerías de alta presión), túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones, cámaras de compensación hidroeléctrica.	1,6-2,0
Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles de carreteras secundarias y ferrocarril, túneles de acceso.	1,2-1,3
Centrales eléctricas subterráneas, túneles de carreteras primarias y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles.	0,9-1,1
Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fábricas, túneles para tuberías principales de gas.	0,5-0,8



- 1.- Sin sostenimiento.
- 2.- Bulonado puntual, sb.
- 3.- Bulonado sistemático, B.
- 4.- Bulonado sistemático con hormigón proyectado, 40-100 mm, B+S.
- 5.- Hormigón proyectado con fibras, 50-90 mm y bulonado, S(fr)+B.
- 6.- Hormigón proyectado con fibras, 90-120 mm y bulonado, S(fr)+B.
- 7.- Hormigón proyectado con fibras, 120-150 mm y bulonado, S(fr)+B.
- 8.- Hormigón proyectado con fibras, >150 mm con bulonado y arcos armados reforzado con hormigón proyectado, S(fr)+RRS+B.
- 9.- Revestimiento de hormigón, CCA.

**No se corregirán respuestas a lápiz.**

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS  
 PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS (II)



RMR	CLASE	BULONADO			HORMIGÓN PROYECTADO			ARMADURA		CERCHAS		MÉTODOS ESPECIALES	
		L(m)	b/m <sup>2</sup>	S'(m)	e (cm)	CAPAS	SELLADO	MALLAZO	FIBRAS	TIPO	S'(m)		
100													
90	Ia	-	-	-	-	-	-	SENCILLO OCASIONAL					
80	Ib	2/3	0.10	Ocasional	2	Ocasional	No						No
70	IIa	3	0.10/0.25	Ocasional	5	1	Ocasional	FIBRAS					
60	IIb	3	0,25/0.44	2x2/1.5x1.5	6-10	½	Sí						No
50	IIa	¾	0.44/0.66	1.5x1.5/1x1.5	8-15	2/3	Sí	SENCILLO OCASIONAL	FIBRAS	TH-21			
40	IIIb	4	0.66/1	1x1.5/1x1	12-20	2/3	Sí						
30	IVa	4/4.5	0.80/1	1x1.25/1x1	16-24	3	Sí	DOBLE		TH-29			
20	IVb	4.5/5	1	1x1	20-30	3	Sí						
10	Va	-	-	-	30-40	3/4	Sí	DOBLE		HER			BERNOLD PARAGUAS
0	Vb	<b>SISTEMAS ESPECIALES</b>											