

BOTON DE AYUDA

CONCEPTO DE VALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA ROCOSA (RSR)

El RSR, es un modelo de predicción de sostenimientos para excavaciones, que fue desarrollado en estaos unidos en 1972 por Wickham, Tiedemann y Skinner. El concepto presenta un método cuantitativo para escribir la calidad de un macizo rocoso y para seleccionar un adecuado sostenimiento. Este fue el primer sistema completo de clasificación de macizos rocosos propuestos desde Terzaghi en 1946.

DEFINICIÓN DEL SISTEMA.

El concepto RSR fue un gran adelanto por varios puntos de vista:

- 1) Es una clasificación cuantitativa, diferente da la cualitativa de Terzaghi.
- 2) Es una clasificación de macizos rocoso que incorporo varios parámetros, diferentes del índice RQD, el cual está limitado a la calidad de los núcleos de perforación.
- 3) Es una clasificación completa teniendo entrada y salida de datos, diferentes de la clasificación de Lauffer que confía en la experiencia práctica para decidir la clase de un macizo rocoso y el cual luego da una salida en términos del tiempo de sostén de un claro activo.

La mayor contribución del concepto RSR es que se introdujo un sistema de valoración de macizos rocosos, en el cual se suman los valores de los parámetros individuales considerados en este sistema de clasificación. Este sistema de valoración fue determinado basándose en casos históricos, así como revisiones bibliográficas sobre el tema.

El concepto RSR considera dos categorías generales de los factores que influyen en el comportamiento de un macizo rocoso para tuneleo: los parámetros geológicos y los parámetros de construcción.

Los parámetros geológicos son:

- a) Tipo de roca.
- b) Patrón de las discontinuidades (espaciado promedio de las discontinuidades).
- c) Orientación de las discontinuidades (Rumbo y buzamiento).
- d) Tipo de discontinuidades.
- e) Propiedades del material rocoso.
- f) Meteorización y alteración.

Algunos de estos factores fueron tratados separadamente y otros fueron considerados colectivamente. Las indicaciones de Wickham señalan que en algunas instancias sería posible definir exactamente ciertos factores, pero en otras, solo se podría hacer una aproximación general.

Los parámetros de construcción son:

- a) Dimensiones del túnel.
- b) Dirección de avance.
- c) Método de excavación.

PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN

Los factores antes mencionados fueron agrupados por Wickham, Tiedemann y Skinner (1972) en tres parámetros básicos: A, B y C (ver tablas 1, 2, 3.), los cuales fueron evaluados para determinar los efectos relativos de varios factores geológicos en las necesidades del sostenimiento. Estos tres parámetros son los siguientes:

1. **Parámetro A:** apreciación general de la estructura de la roca:

- a) Tipo de roca (ígneas, metamórficas, sedimentarias).

- b) Dureza de la roca (dura, media, blanda, descompuesta).
 - c) Estructura geológica (masiva, ligeramente fracturada/plegada, moderadamente fracturada/plegada, intensamente fracturada/plegada).
2. **Parámetro B:** efecto del patrón de discontinuidades con respecto a la dirección de avance del túnel:
- a) Espaciado de las discontinuidades.
 - b) Orientación de las discontinuidades (rumbo y buzamiento).
 - c) Dirección de avance.
3. **Parámetro C:** Efecto de las infiltraciones del agua:
- a) Calidad global del macizo rocoso por las combinaciones de los parámetros A y B.
 - b) Condiciones de las discontinuidades (buena, regular, mala).
 - c) Calidad de infiltraciones de agua (en galones por minuto, por cada 300m de longitud del túnel).

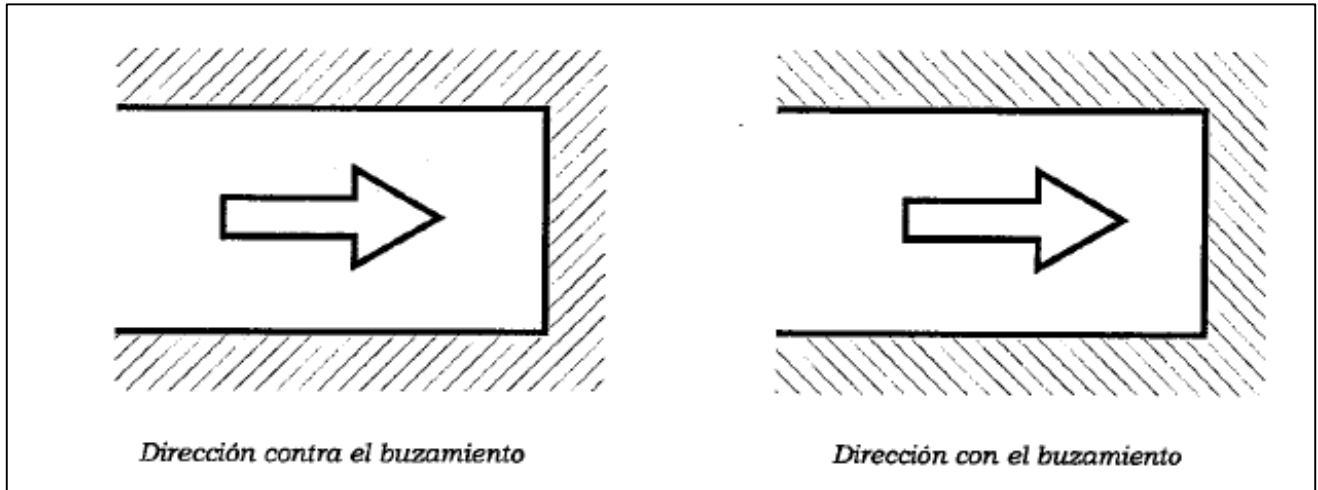


Figura 1. Dirección de avance de un túnel respecto al buzamiento.

El valor del RSR de cualquier túnel es obtenido por la suma de los valores numéricos determinados por cada parámetro. Esto es, $RSR = A+B+C$, con un máximo valor de 100.

El RSR refleja la calidad de macizo rocoso con respecto a las necesidades de sostenimiento. Una menor cantidad de sostenimiento se necesitara cuando el túnel sea excavado con TBM (tunnel Boring Machine), y una mayor cantidad cuando se excava por métodos convencionales de perforación y voladura. Se propuso que el RSR se ajustado cuando los túneles sean excavados con TBM. El resultado de esto fue una ecuación cubica obtenida del grafico que corresponde al rango de valores de RSA (rock Structure Adjustment; ajuste de fractura de roca), el factor de ajuste (AF) para varios diámetros del túnel se propone en la tabla 4.

Tabla 1. Parámetro A: geología general.

	Tipo de Roca	Estructura geológica
--	--------------	----------------------

	Dura	Media	Blanda	Descompuesta	Masiva	Ligeramente fracturada o plegada	Moderadamente fracturada o plegada	Intensamente fracturada o plegada
Ígnea	1	2	3	4				
Metamórfica	1	2	3	4				
Sedimentaria	1	3	4	4				
Tipo 1					30	22	15	9
Tipo 2					27	20	13	8
Tipo 3					24	18	12	7
Tipo 4					19	15	10	6

Tabla 2. Parámetro B: patrón de discontinuidades, dirección de avance.

Promedio de espaciado de fracturas.	Rumbo perpendicular al eje					Rumbo paralelo al eje		
	Dirección de avance					Dirección de avance		
	Ambos	Con buzamiento		Contra buzamiento		Cualquier dirección		
	Buzamiento de discontinuidades predominantes					Buzamiento de discontinuidades predominantes		
	Bajo	Medio	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Muy cerradas, < 2"	9	11	13	10	12	9	9	7
Cerradas, de 2 a 6"	13	16	19	15	17	14	14	11
Moderadas, 6 a 12"	23	24	28	19	22	23	23	19
Moderada a blocosa, 1 a 2 pies	30	32	36	25	28	30	28	24
Blocosa a masiva, 2 a 4 pies.	36	38	40	33	35	36	34	28
Masiva, >4 pies	40	43	45	37	40	40	38	34
Buzamiento Bajo =0-20°; Medio=20-50°; Alto=50-90°								

Tabla 3.Parámetro C: infiltraciones de agua, condiciones de las diaclasas.

Infiltración anticipada de agua gpm en 300m de túnel.	Suma de parámetros A+B					
	13 a 44			45 a 75		
	Condiciones de las discontinuidades					
	Buena	Regular	Mala	Buena	Regular	Mala
Ninguna	22	18	12	25	22	18
Ligera, < 200 gpm	19	15	9	23	19	14
Moderada, 200 a 1000 gpm	15	11	7	21	16	12
Alta, >1000gpm	10	8	6	18	14	10
Condición de discontinuidades: Buena= cerrada o cementada; Regular= ligeramente meteorizada o alterada; mala= Severamente meteorizada, alterada o abierta.						

Tabla 4.Factores de ajuste para el RSR cuando se excava con TBM

Díámetro del túnel (m)	Factor de ajuste (AF)
9.15	1.058
8.00	1.127
7.63	1.135
7.00	1.150
6.10	1.168
6.00	1.171
5.00	1.183
4.58	1.186
4.00	1.192
3.05	1.200

Esto es, que con un RSR=60 y un AF=1.15, el RSR ajustado sería 69; este número sería utilizado para la selección del sostenimiento.

Para relacionar los valores de RSR con las instalaciones de sostenimiento actual, el concepto de Rib Ratio (RR) fue introducido. El propósito fue tener en base común para correlacionar el RSR con las necesidades de sostenimiento.

DISEÑO DE SOSTENIMIENTO.

La predicción del modelo del RSR fue desarrollada principalmente con respecto al sostenimiento de marcos de acero. Datos insuficientes estuvieron disponibles para correlacionar la estructura de la roca y los pernos de anclaje u hormigón lanzado. Una estimación de los requerimientos de pernos de anclaje fue hecha teniendo en cuenta la carga de la roca con respecto a la fuerza tensora del perno. Wickham et al (1972) observaron que esto fue una observación general; se asume que el anclaje es adecuado y que todos los pernos actúan solo bajo tensión; no permite tampoco la interacción entre bloques adyacentes o para la suposición del arco pretensado formado por los pernos, en adición a esto, la carga de la roca fue desarrollada para sostenimiento de acero en túneles. Sin embargo, la siguiente relación fue dada para pernos de 25mm de diámetro con una tensión de 24000 lb:

$$\text{Espaciado (pies)} = \frac{24}{W}$$

donde

W : carga de roca en 1000 lb/pie²

También se obtuvo una ecuación para determinar el espesor del hormigón lanzado:

$$t = 1 + \frac{W}{25} \quad \text{o} \quad t = D \frac{65 - RSR}{150}$$

donde

t : espesor del hormigon lanzado, pulgadas;

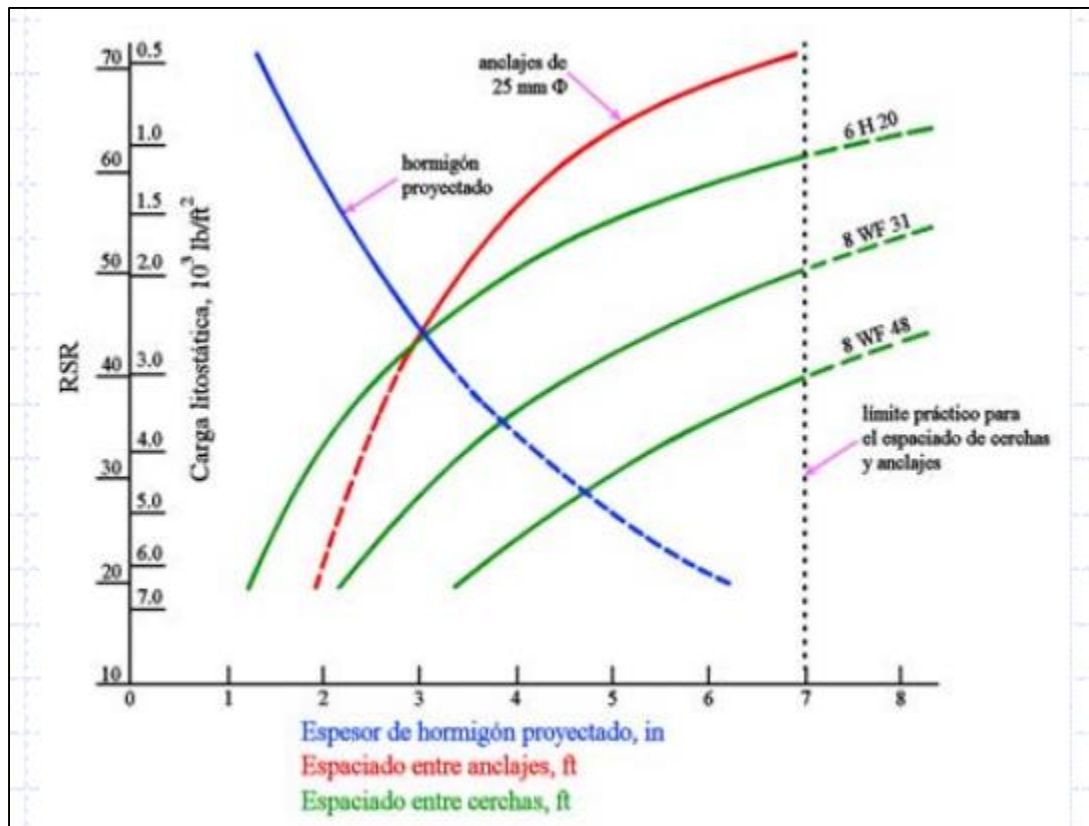
W : carga de la roca, lb/pie²;

D : diametro del tunel, pies.

RECOMENDACIONES DE SOSTENIMIENTO.

Han sido preparados varios diagramas para proveer la determinación de los sistemas de sostenimiento basados en la predicción del RSR para la calidad del macizo rocoso en túneles.

Figura 2. Estimacion del sostenimiento



EJEMPLO DE CÁLCULO

Calcular el RSR y el tipo de sostenimiento para un túnel de 7.3 m de diámetro que atraviesa una roca metamórfica dura, la cual está ligeramente diaclasada. El macizo rocoso presenta un espaciado de 6 a 12 pulgadas. El avance del túnel es perpendicular al sistema principal de diaclasado, con un buzamiento entre 20° y 50° en el sentido del avance. Las diaclasas se encuentran ligeramente meteorizadas y el macizo tiene una infiltración entre 200 y 1000 galones por minuto.

De las tablas 1, 2, 3 obtenemos un valor del parámetro $A=22$; parámetro $B=24$; de la suma de los parámetros A y B tenemos $A+B=46$; con ese valor obtenemos el parámetro $C=16$; por lo tanto, el valor del $RSR=A+B+C=62$. De la figura 2, se puede obtener el tipo de sostenimiento para un $RSR=62$, lo cual nos indica que la predicción del tipo de sostenimiento sería de 2 pulgadas de espesor de hormigón lanzado, pernos de anclaje de 25mm de diámetro, espaciados sus centro a 5 pies. En dicha figura también se indica que los marcos de acero estarían espaciados a más de 7 pies, pero este no se considera como una solución práctica de refuerzo para este túnel.

Si el $RSR=30$, es sostenimiento seria con marcos tipo 8WF31 de 8 pulgadas de ancho, sección I y 31 lb/pues, espaciados a 3.3 pies o 5 pulgadas de hormigón lanzado y pernos de 25mm de diámetro espaciado sus centros a 2.5 pies. En este caso es probable que los marcos en acero sean más baratos y efectivos que el uso de pernos y hormigón lanzado.