

CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

MACIZO ROCOSO

Matriz Rocosa: Material rocoso exento de discontinuidades o los bloques de “roca intacta” que quedan entre ellas.

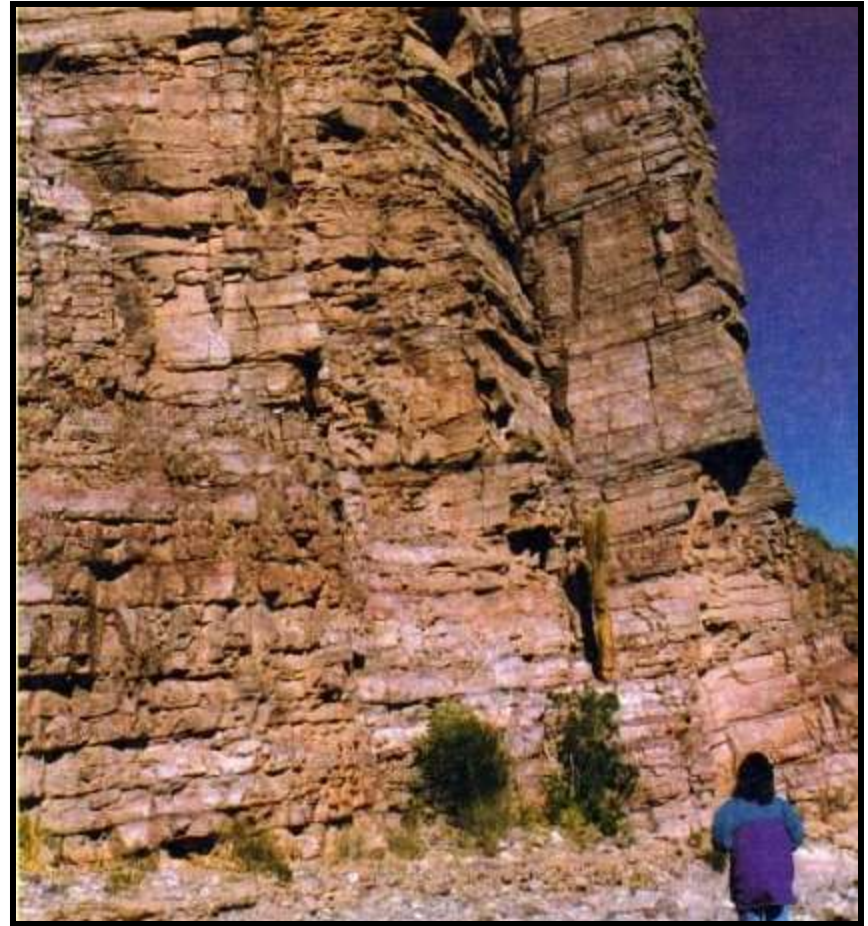
Discontinuidades: Es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso.

Macizo Rocosos: Es el conjunto de matriz rocosa y discontinuidades.

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

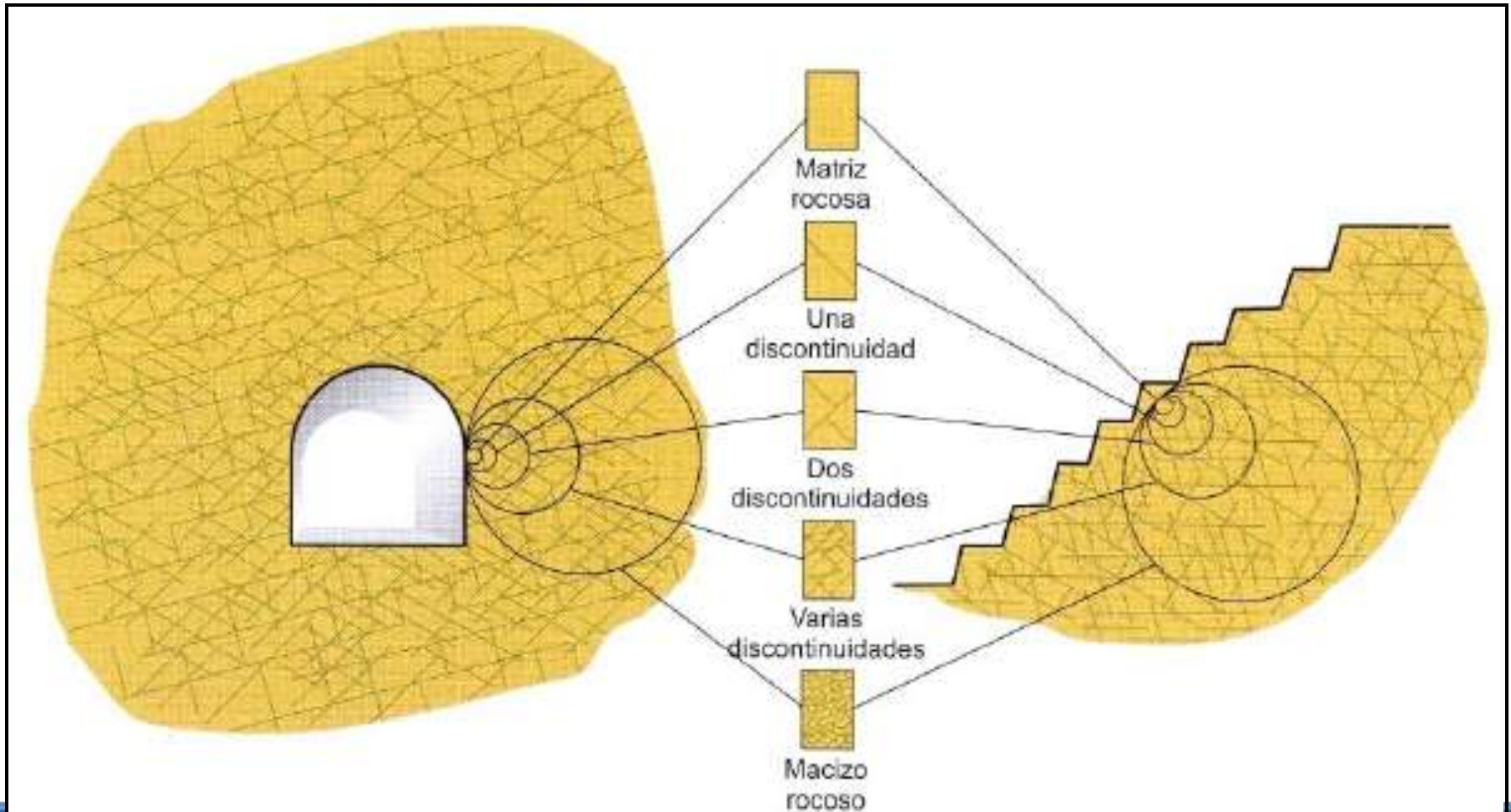


Matriz Rocosa



Discontinuidades

MACIZO ROCOSO



SISTEMÁTICA DE LA DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTO:

- 1.- Descripción de las características generales del afloramiento.
- 2.- División en zonas y descripción general de cada zona.
- 3.- Descripción detallada de cada zona.
 - Matriz rocosa.
 - discontinuidades.
- 4.- Descripción de los parámetros del Macizo Rocoso.
- 5.- Clasificación geomecánica del Macizo Rocoso.

1.- La descripción general del afloramiento debe incluir:

La identificación, condiciones y características generales del afloramiento y la de cada uno de sus componentes: rocas, suelos, zonas con agua, discontinuidades singulares, etc.

2.- La división en zonas más o menos homogéneas se realiza a partir de criterios fundamentalmente litológicos y estructurales.

El número de zonas que se establezca y la extensión de las mismas dependerá del grado de heterogeneidad de los materiales y estructuras que formen el macizo rocoso, de la extensión del afloramiento y del grado de detalle y finalidad de la investigación. Se deben describir las características generales de cada zona.

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

Trabajo:	
Fase de estudio:	Elemento investigado:
Localización y accesos:	Autor: Fecha:
Observaciones:	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; height: 150px;"><div style="text-align: center; width: 45%;">FOTO</div><div style="text-align: center; width: 45%;">ESQUEMA</div></div>	
<p>DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA GENERAL:</p> <p>DESCRIPCIÓN BÁSICA DE CADA ZONA:</p> <p>Zona I:</p> <p>Zona II:</p> <p>Zona III:</p>	

3.- La descripción de cada zona se lleva a cabo por separado, y deberá ser lo más objetiva y clara posible, utilizando terminología estandarizada, de manera que distintos observadores lleguen a la misma descripción, evitando que puedan aparecer diferencias en la interpretación de las observaciones o medidas realizadas en una misma zona.

A lo largo de esta fase se describen las características y propiedades físicas y mecánicas de la matriz rocosa y de las discontinuidades.

4.- La caracterización global del macizo rocoso constituye la fase final del proceso descriptivo, y debe proporcionar las condiciones geológicas y geomecánicas del macizo en su conjunto. A partir de estos resultados se aplican las clasificaciones geomecánicas, que proporcionan información sobre la calidad y resistencia del macizo, así como datos cuantitativos para su aplicación a diferentes fines constructivos (túneles, taludes, etc.).

Los resultados de la caracterización geomecánica de afloramientos rocosos pueden presentarse en forma de cartografías de detalle y en perfiles geológico-geotécnicos.

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

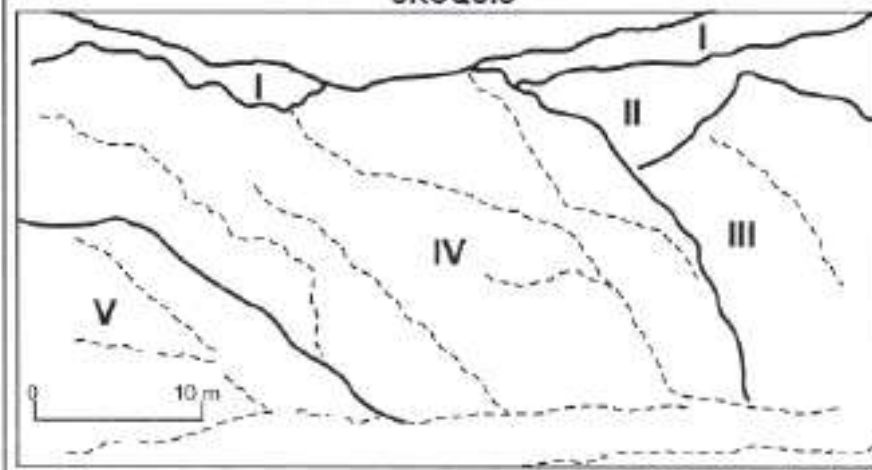
PROYECTO:	ESTACIÓN:	HOJA/PLANO:
REALIZADO POR:	LOCALIZACIÓN:	FOTO:
FECHA:		

LITOLOGÍA	NATURALEZA:				POTENCIA:		FORMACIÓN Y EDAD:			
FORMACIONES SUPERFICIALES ESTRUCTURA	NATURALEZA Y TEXTURA:				MORFOLOGÍA:				ESPESOR:	
	PLEGUES		FALLAS		OTROS					
FRACTURACIÓN	BLOQUES Jv Juntas/m²	Muy grandes ≤ 1	Grandes 1-3	Medios 3-10	Pequeños 10-30	Muy pequeños >30	Muy brechificado > 60			
RESISTENCIA DE MATRIZ ROCOSA	Extremadam. blanda (Uña) 0	Muy blanda (Navaja) 1	Blanda (Punta martillo) 2	Media (1 Golpe martillo) 3	Dura (+ 1 Golpe martillo) 4	Muy dura (Varios golpes) 5	Extremadam. dura (Sólo raya con martillo) 6			
GRADOS DE METEORIZACIÓN	I Sana		II Algo meteorizada		III Medianamente meteorizada	IV Muy meteorizada	V Completamente meteorizada	VI Suelo residual		
HIDROGEOLOGÍA	Sin presencia de agua		Seco (con señales de agua)		Húmedo		Goteos	Flujo	CAUDAL ESTIMADO	
RESISTENCIA "R" ESCLERÓMETRO	30	42	30	50	45	38	40	OBSERVACIONES:		

FOTO



CROQUIS



Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

ESTACIÓN Nº 14		ESPACIADO en mm		CONTINUIDAD		ABERTURA en mm		RUGOSIDAD		RELLENOS												
TIPO DE PLANO		DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO (°)		BUZAMIENTO (°)		Rumbo		Buzamiento		Escalonada		Ondulada		Plana		Meteorización		Filtraciones		Resistencia		RESISTENCIA AL PENETRÓMETRO DE BOL-SILLO kg/cm²
60	90	Extrem juntas																				
90	30	Muy juntas																				
120	80	Juntas																				
35	85	Modestam. juntas																				
280	60	Separadas																				
15	90	Muy separadas																				
325	30	Extrem. separadas																				
350	10																					
255	75																					
255	90																					
282	25																					
286	60																					
295	75																					
65	75																					
285	90																					
70	40																					
210	90																					
270	85																					
355	40																					
190	80																					
270	70																					
TIPO DE PLANO		S _E -Estratificación S _E -Esquistosidad		J ₁ ...J _n -Juntas F ₁ ...F _n -Fallas		RELLENO G-Gravas		S-Arena A-Arcillas		B-Brecha M-Milonita		Q-Cuarzo C-Calcita		O-Óxidos F-Feidspatos								



Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

Ámbito de estudio	Característica o propiedad	Método	Clasificación
Matriz rocosa	Identificación	Observaciones de visu y con lupa	Clasificación geológica y geotécnica
	Meteorización	Observaciones de visu	Índices estándar
	Resistencia	Índices y ensayos de campo	Clasificaciones empíricas de resistencia
Discontinuidades	Orientación	Medida directa con brújula de geólogo	
	Espaciado	Medidas de campo	Índices y clasificaciones estándar
	Continuidad		
	Rugosidad	Observaciones y medidas de campo	Comparación con perfiles estándar
	Resistencia de las paredes	Martillo Schmidt Índices de campo	Clasificaciones empíricas de resistencia
	Abertura	Observaciones y medidas de campo	Índices estándar
	Relleno		
	Filtraciones		
Macizo rocoso	Número de familias de discontinuidades	Medidas de campo	Índices y clasificaciones estándar
	Tamaño de bloque		
	Intensidad de fracturación		
	Grado de meteorización	Observaciones de campo	Clasificaciones estándar

Caracterización de la matriz rocosa:

- a.- Identificación
- b.- Grado de Meteorización
- c.- Resistencia

a.- Identificación:

- Composición mineralógica
(clasifica litológicamente la roca)
Lupa, secciones finas
- Forma y tamaño de los granos
(Dimensiones medias del grano)
- Color y transparencia
- Dureza

Tamaño de grano, mm	Rocas estratificadas (mayormente sedimentarias)										Rocas con foliación		Rocas con estructura masiva y textura cristalina (mayormente ígneas)						Tamaño de grano, mm										
Mayor de 20	Descripción por tamaño de grano		CONGLOMERADO Cantos rodados, bolos y gravas cementadas por una matriz fina.		>50% de los granos son carbonatos		>50% de los granos son de rocas volcánicas de grano fino				Descripción por tamaño de grano		GNEISS Foliación bien desarrollada frecuentemente muy espaciada.		Descripción por tamaño de grano		PEGMATITA GRANITO DIORITA		Piroxenita		Mayor de 20								
20	RUDITAS		BRECHA Fragmentos irregulares de roca en una matriz fina.		CALIZADA Calclutrita		Fragmentos de productos volcánicos en una matriz fina. Granos redondeados		ROCAS SALINAS		GRUESO		MIGMATITA Foliación irregular. Esquistos y neises mezclados.		MÁRMOL CUARCITA Granulita CORNEANA Anfibolita Serpentina		GRUESO		Estas rocas a veces son porfídicas y entonces se describen como granitos porfídicos		GABRO		20						
AGLOMERADO Granos angulosos.							Halita		Peridotita																				
6							BRECHA VOLCÁNICA																Anhidrita						
2	ARENITAS		Grueso		DOLOMITA		Ceniza volcánica cementada		Yeso		MEDIO		ESQUISTO Foliación ondulada bien desarrollada; generalmente abundante mica				MEDIO		MICRO-GRANITO MICRO-DIORITA		Dolerita		2						
0,6			Medio				Calcarenita																						
0,2			Fino				TOBA																						
0,06	LUTITAS		MASIVAS		CARBONATADAS		Limolita cálcica		TOBA de grano fino		FINO		FILITA Foliación ligeramente ondulada				FINO		RIOLITA ANDESITA		BASALTO		0,06						
0,002			LAMINADAS				ARCILLITA		Calclutrita														TOBA de grano grueso		PIZARRA Planos de foliación bien desarrollados				
Menor de 0,002			Sillex: aparece como bandas o nódulos en la creta.						CARBÓN				MILONITA Asociado a zonas de falla, principalmente en áreas ígneas y metamórficas				Obsidiana		Vidrio volcánico		Menor de 0,002								
Amorfo o Cripto cristalino			Chert: aparece como módulos y bandas en limolitas y calcarenitas.						LIGNITO												Amorfo o Cripto cristalino								
		Cemento granular excepto rocas amorfas								CRISTALINAS				Clase ← Color → Oscuro															
		SILICEAS								SILICEAS				SILICEAS		Principalmente SILICEAS				ÁCIDA Mucho cuarzo		INTERMED. Algo de cuarzo		BÁSICA Poco o Nada de cuarzo		ULTRA BÁSICA			
ROCAS SEDIMENTARIAS Las rocas con cemento granular presentan gran variación de resistencia, algunas areniscas son más resistentes que muchas rocas ígneas. La estratificación puede no observarse en muestras de mano sino en afloramiento. Sólo las rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas derivadas de ellas contienen fósiles. Las rocas calcáreas contienen calcita (CO3Ca) que se reconoce por su efervescencia con ácido clorhídrico diluido.										ROCAS METAMÓRFICAS Se distinguen por su foliación. La foliación en los gneises se observa mejor en el afloramiento. Las rocas metamórficas sin foliación son muy difíciles de reconocer. Cualquier roca generada por metamorfismo de contacto se describen como comeanas y generalmente son algo más resistentes que la roca original.										ROCAS ÍGNEAS Constituidas por granos minerales fuertemente unidos. Elevada resistencia cuando aparecen sanos; no porosas. Aparecen como: 1. Batolitos; 2. Lacolitos; 3. Sills; 4. Diques; 5. Flujos de lava; 6. Filones.									

b.- Grado de meteorización de la matriz rocosa:

término	descripción
fresca	No se observan signos de meteorización.
decolorada	Se observan cambios de color original de la matriz rocosa. Conviene indicar al grado de variación o si están restringida a minerales concretos.
desintegrada	La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniendo la fábrica original. La roca es friable, pero los granos minerales no están descompuestos.
descompuesta	La roca se ha alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos.

c.- Resistencia de la matriz rocosa:

Ensayos de laboratorio:

Ensayo de Compresión simple (σ_c)

Ensayos de Campo:

Índices de campo.

Ensayo de Carga Puntual. (PLT)

Martillo de Schmidt. (esclerómetro)

Índices de campo para suelos:

Clase	Descripción	Identificación en el campo	≈MPa
S ₁	muy blanda	el puño penetra fácilmente varios cm	<0,025
S ₂	débil	el dedo penetra fácilmente varios cm	0,025-0,05
S ₃	firme	se necesita apretar para hincar el dedo	0,05-0,1
S ₄	rígida	se debe apretar con fuerza para hincar el dedo	0,1-0,25
S ₅	muy rígida	se marca con la uña	0,25-0,5
S ₆	dura	se marca con dificultad con la uña	>0,5

Tabla de índices de campo para suelos del ISRM (1981).

Índices de campo para rocas:

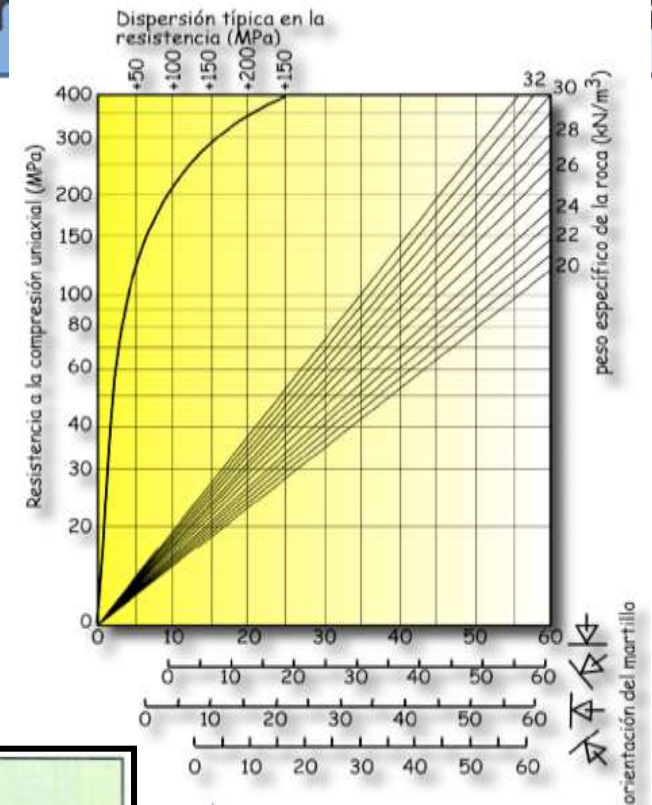
Clase	Descripción	Identificación en el campo	≈MPa
R ₀	extremadamente blanda	se puede marcar con la uña	0,25-1,0
R ₁	muy blanda	se desmenuza con el martillo, se talla con navaja	1-5
R ₂	blanda	se marca con el martillo, cuesta tallar con navaja	5-25
R ₃	moderadamente dura	no puede tallarse con navaja, se rompe con martillo	25-50
R ₄	dura	se requiere más de un golpe para romperla	50-100
R ₅	muy dura	se requieren muchos golpes	100-250
R ₆	extremadamente dura	al golpear sólo saltan esquirlas	>250

Tabla de índices de campo para rocas del ISRM (1981).

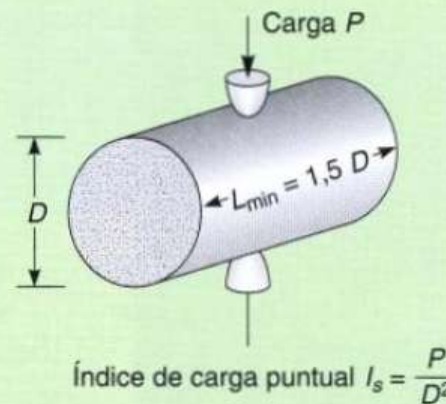
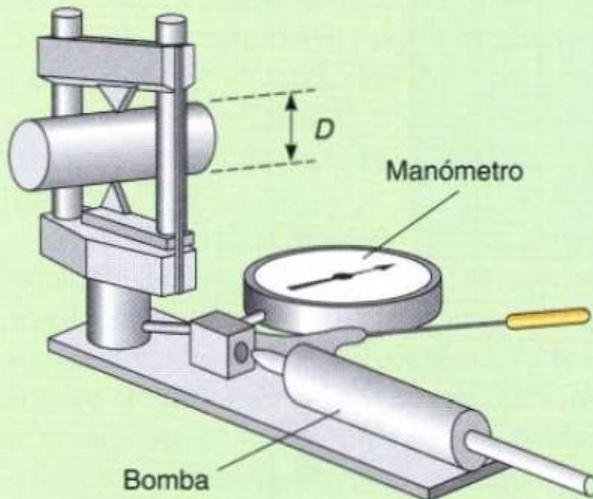
Tabla de clasificación de la resistencia de la matriz rocosa.

Resistencia a compresión simple (MPa)	Descripción
1-5	Muy blanda
5-25	Blanda
25-50	Moderadamente dura
50-100	Dura
100-250	Muy dura
> 250	Extremadamente dura

Geotecnia: Tema 3 Caracterización



Esclerómetro y PLT.



DISCONTINUIDADES

Tipos de discontinuidades:

Singulares:

- Fallas

- Diques

- Ejes de pliegues.

Sistemáticas:

- Planos de estratificación.

- Diaclasas.

- Micro fallas.

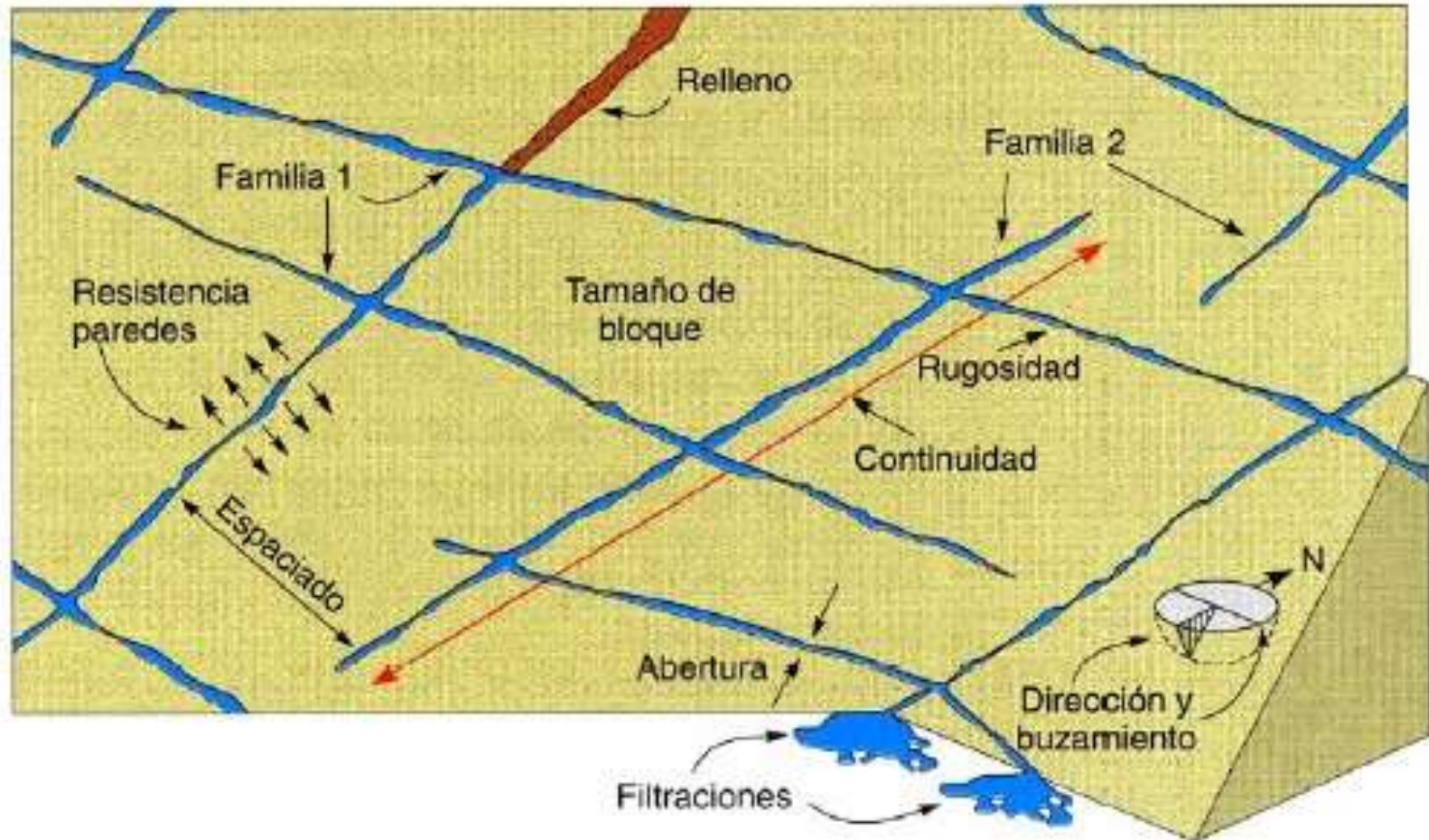
- Planos de esquistosidad.

- Juntas estilolíticas.

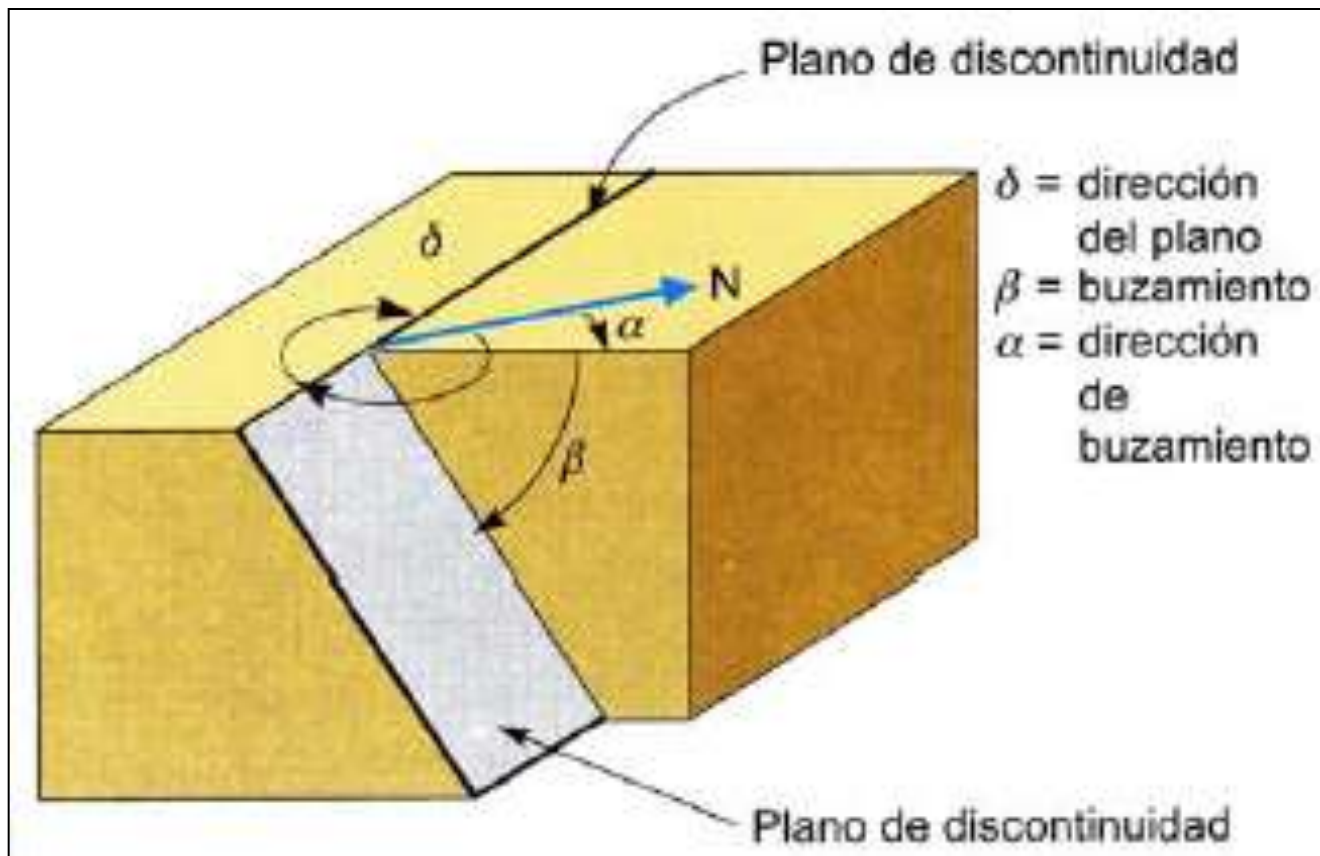
Características de las discontinuidades:

- Orientación
- Espaciado (separación)
- Continuidad o persistencia
- Rugosidad
- Resistencia de las paredes
- Abertura
- Relleno
- Filtraciones

Características de las discontinuidades:



1.- Orientación de las discontinuidades:



Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

La representación gráfica de la orientación de las diferentes familias de discontinuidades puede realizarse mediante:

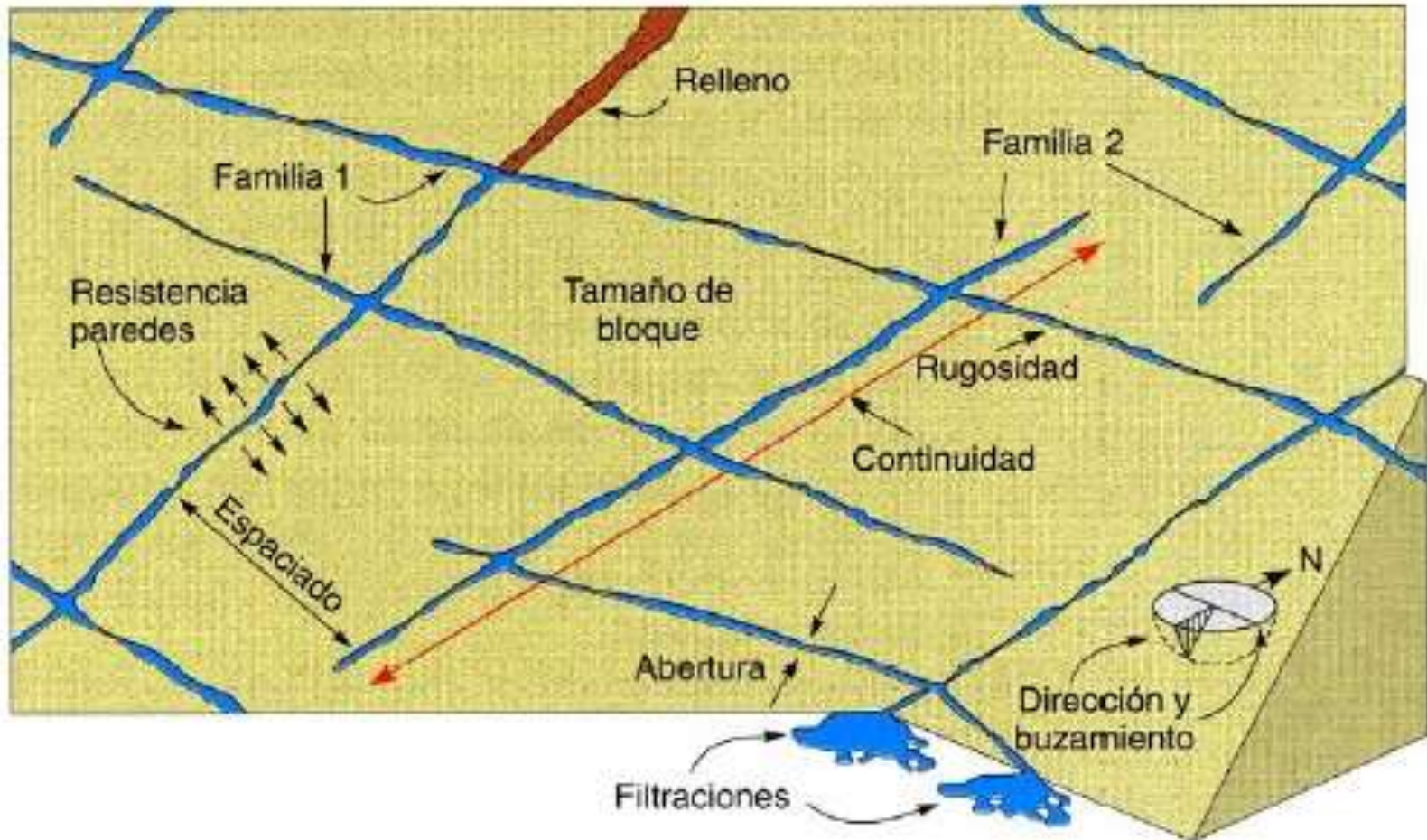
- Proyección estereográfica, representando los polos o planos con valores medios de las diferentes familias.
- Diagramas de rosetas, que permiten representar un gran número de medidas de orientación de forma cuantitativa.
- Bloques diagrama, permitiendo una visión general de las familias y sus orientaciones respectivas.
- Símbolos en mapas geológicos, que indican los valores medios de dirección y la dirección y valor del buzamiento para los diferentes tipos de discontinuidades (juntas, fallas, foliación, etc.).

2.- Espaciado de las discontinuidades:

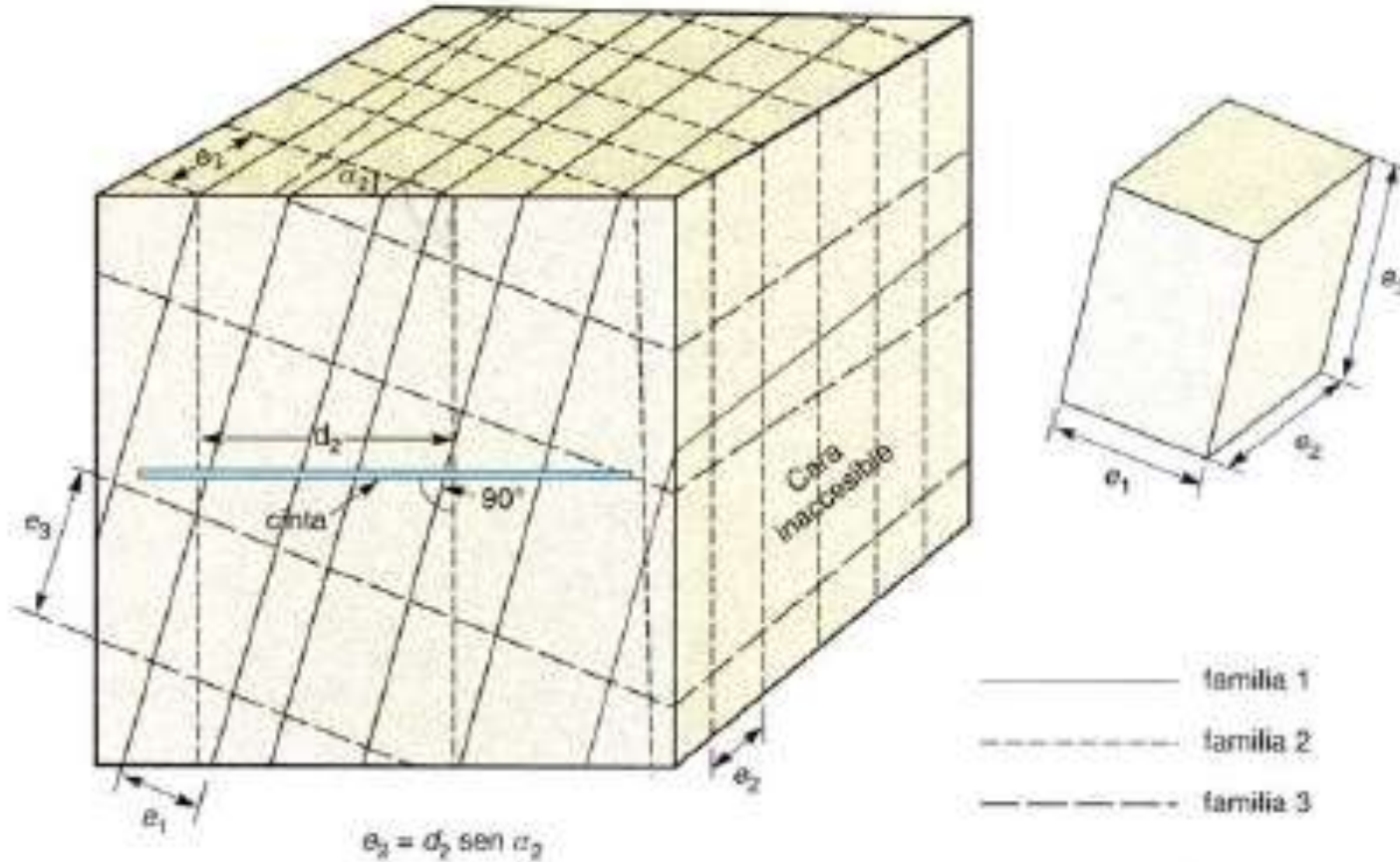
El espaciado se define como la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida en la dirección perpendicular a dichos planos.

Normalmente este valor se refiere al espaciado medio o modal de los valores medidos para las discontinuidades de una misma familia.

Características de las discontinuidades:



Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos



Medida del espaciado en una cara expuesta del afloramiento (ISRM. 1981).

$$e = d \sin \alpha \quad \left\{ \begin{array}{l} e = \text{espaciado real} \\ d = \text{distancia medida con la cinta} \\ \alpha = \text{ángulo entre la línea de medición y la dirección de la familia} \end{array} \right.$$

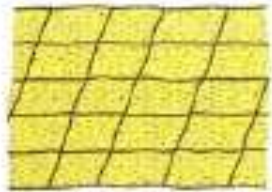
Espaciado de las discontinuidades:



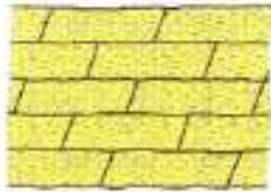
descripción	espaciado
extremadamente junto	$<20\text{mm}$
muy junto	20-60mm
junto	60-200mm
moderadamente junto	200-600mm
separado	600-2000mm
muy separado	2000-6000mm
extremadamente separado	$>6000\text{mm}$
descripción del espaciado según el ISRM, 1981	

3.-Persistencia de las discontinuidades:

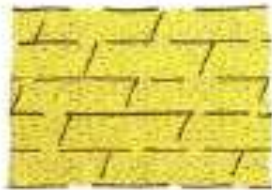
La continuidad o persistencia de un plano de discontinuidad es su extensión superficial, medida por la longitud según la dirección del plano y según su buzamiento.



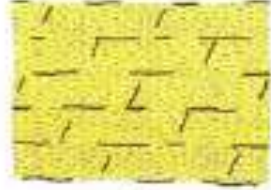
(a)



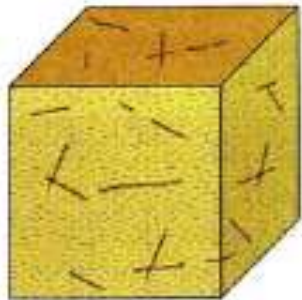
(b)



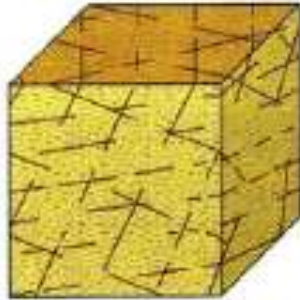
(c)



(d)



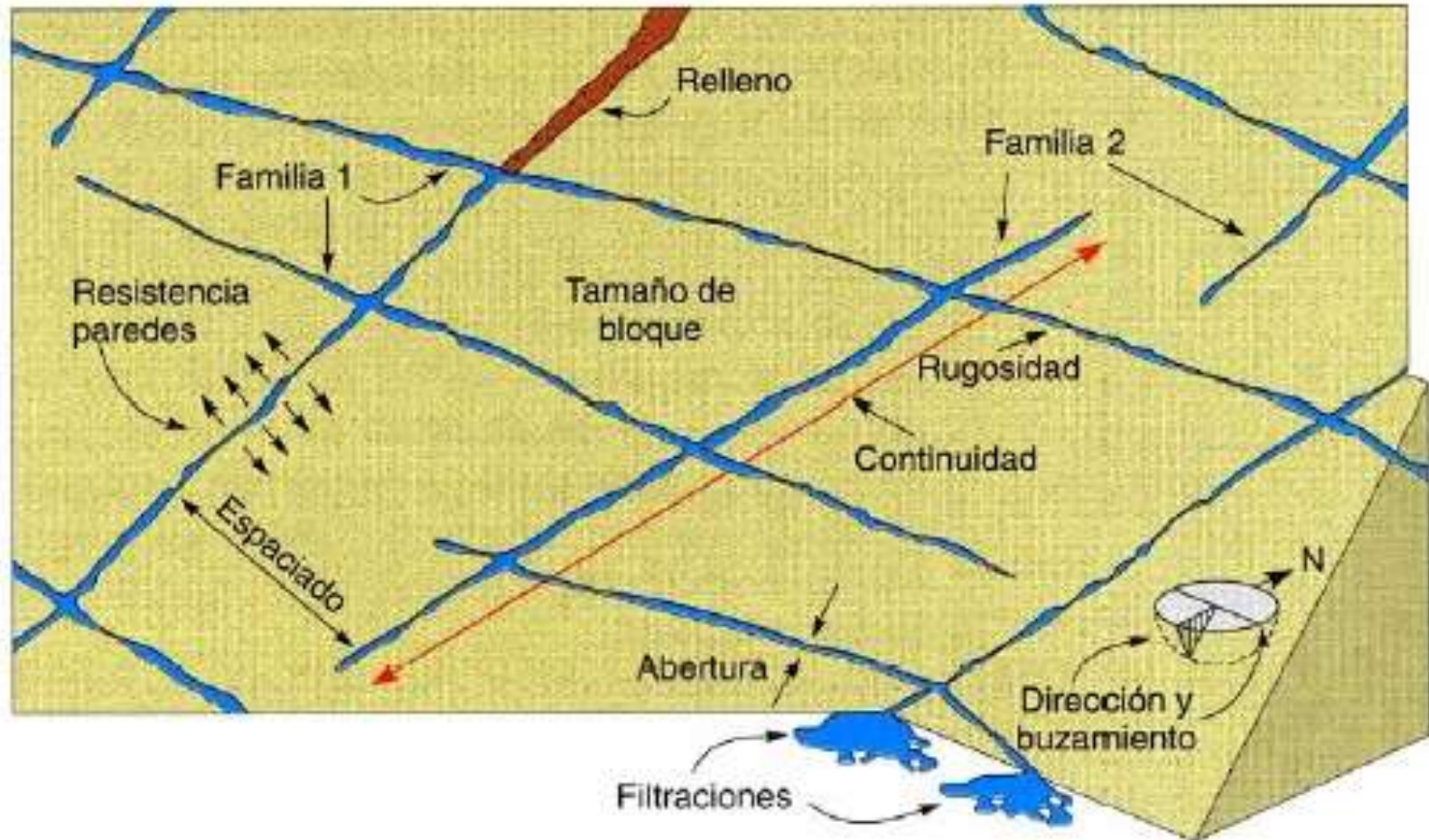
(e)



(f)

continuidad	longitud
muy baja	< 1m
baja	1-3m
media	3-10m
alta	10-20m
muy alta	>20m
descripción de la continuidad según ISRM, 1981	

Características de las discontinuidades:



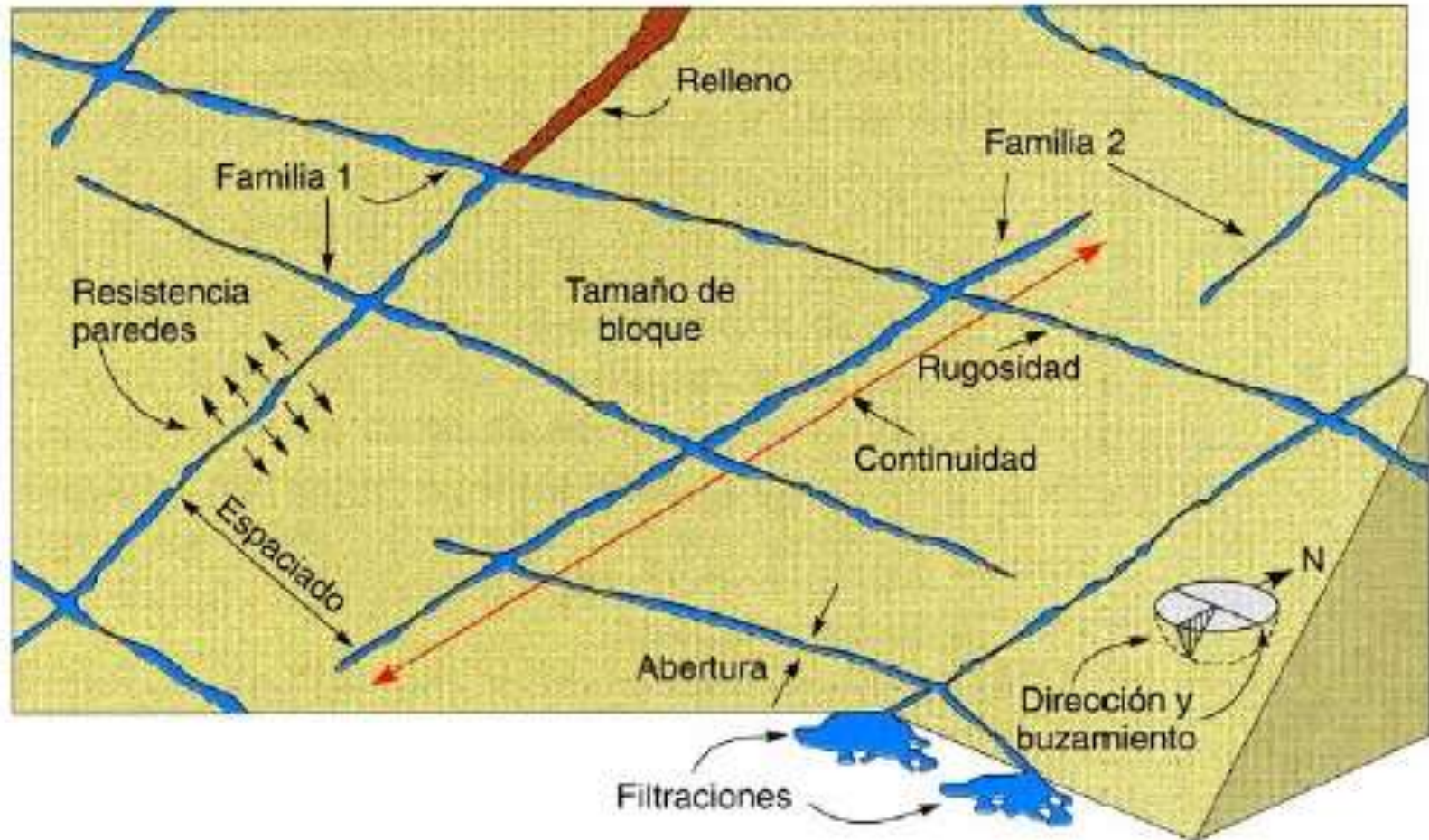
4.- Rugosidad de las discontinuidades:

La descripción y medida de la rugosidad tiene como principal finalidad la evaluación de la resistencia al corte de los planos.

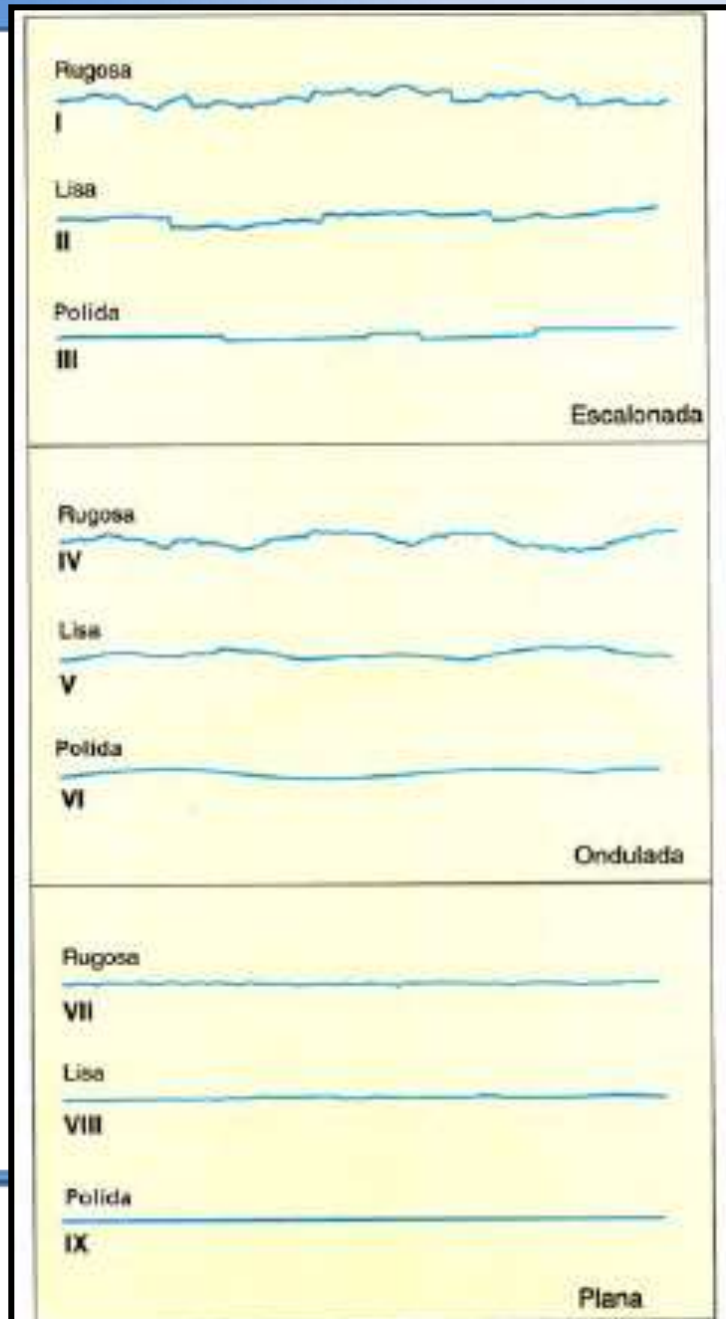
La rugosidad aumenta la resistencia al corte, que decrece con el aumento de la abertura y, por lo general, con el espesor de relleno.



Características de las discontinuidades:

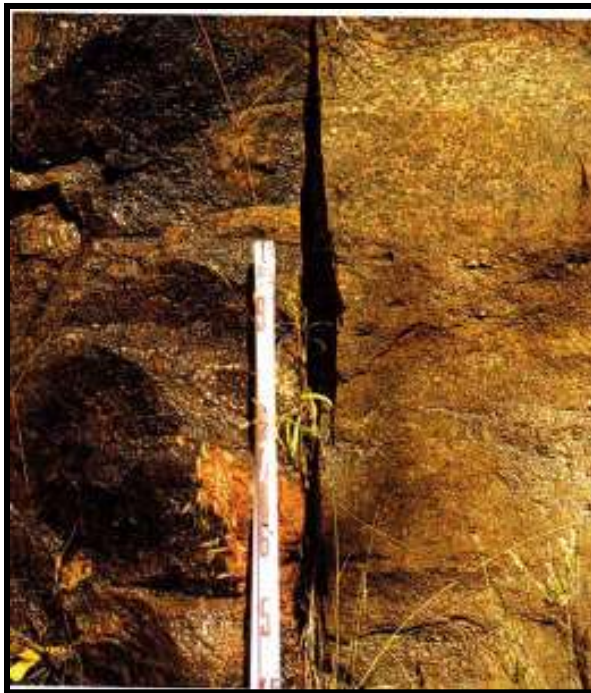


Perfil de rugosidades:



5.- Abertura de las discontinuidades:

La abertura es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad.

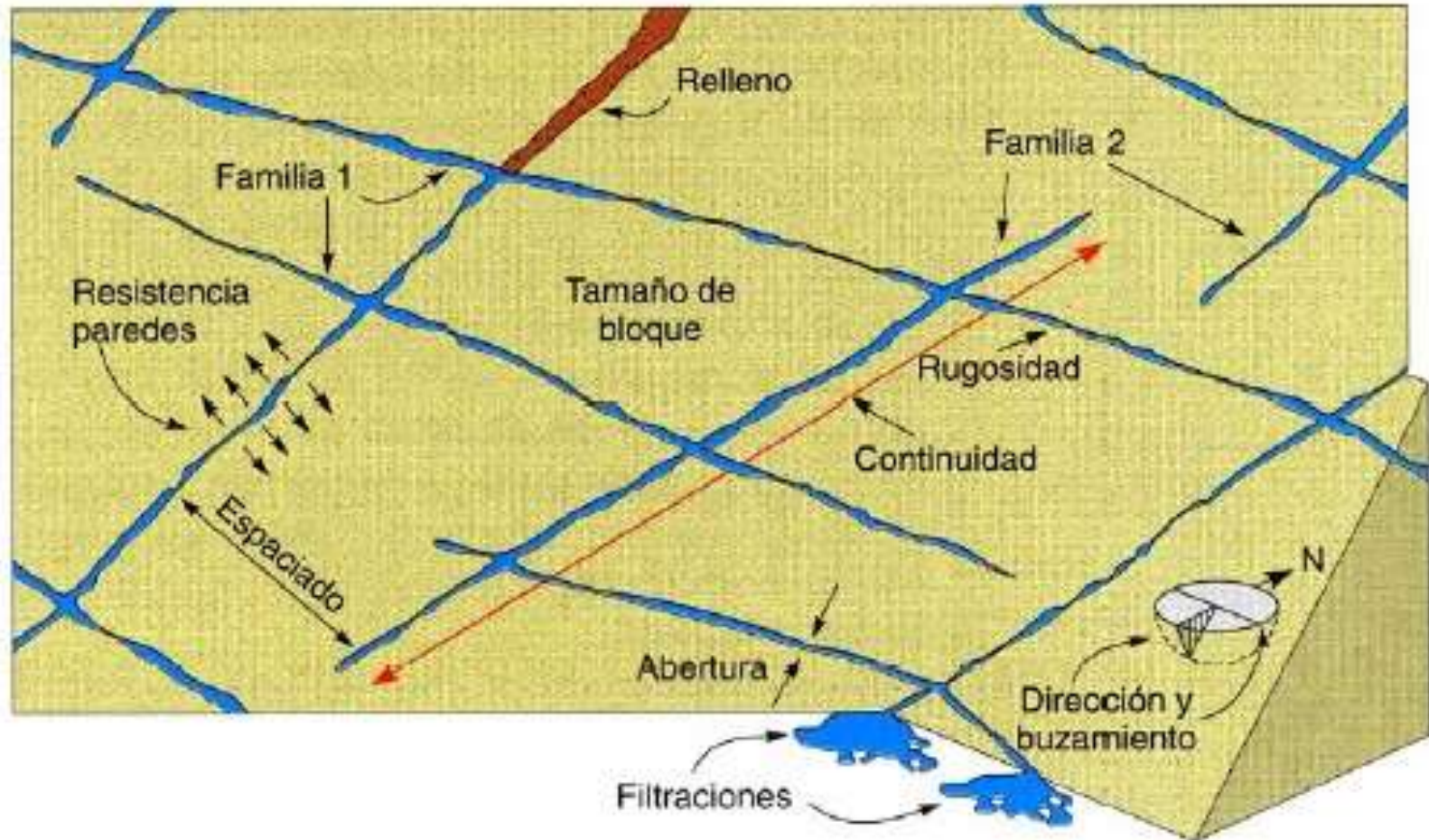


Abertura sin relleno.



Abertura con relleno.

Características de las discontinuidades:



Abertura de las discontinuidades:

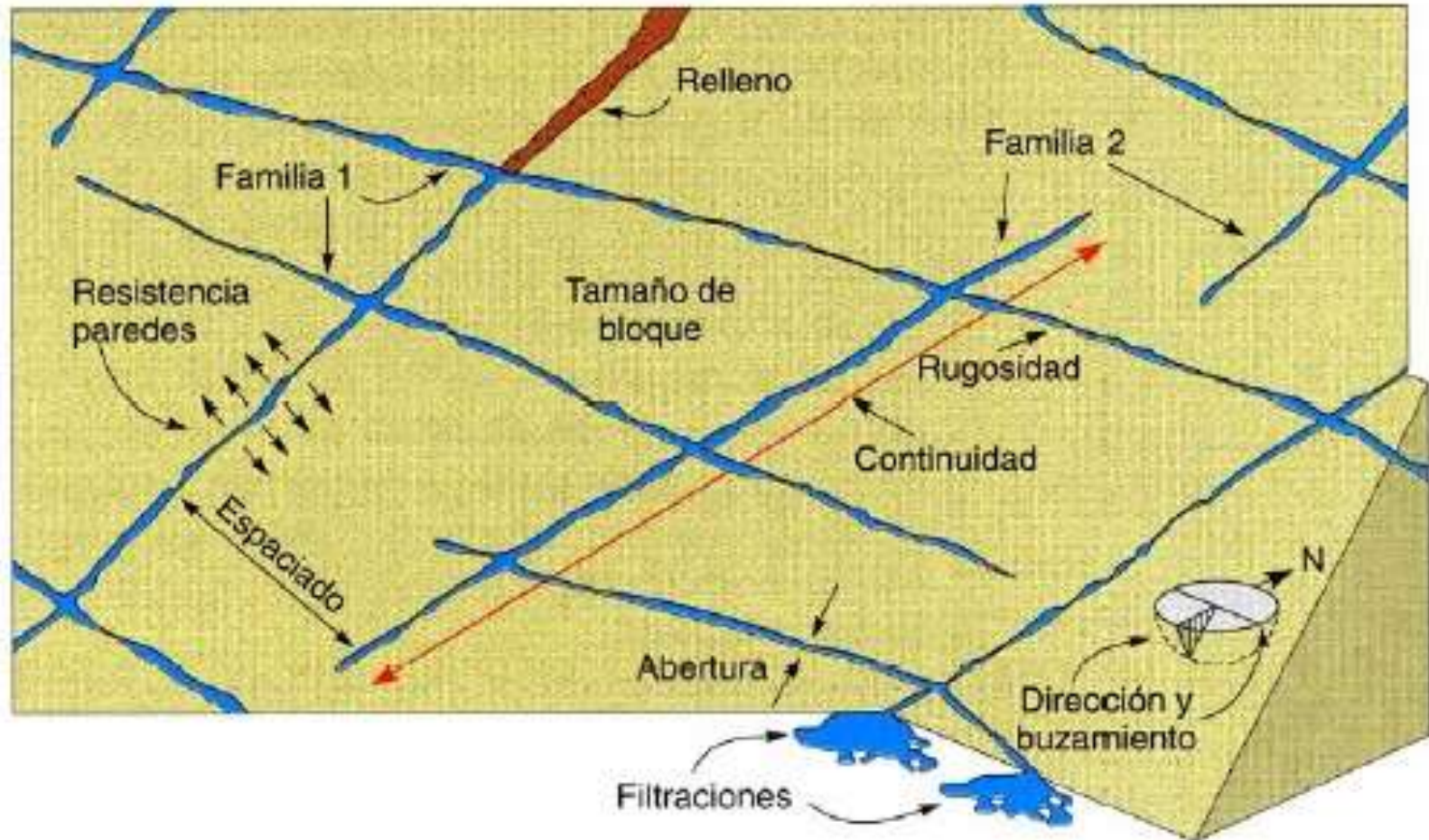
Abertura	Descripción
<0,1mm	muy cerrada
0,1-0,25mm	cerrada
0,25-0,5mm	parcialmente abierta
0,5-2,5mm	abierta
2,5-10mm	moderadamente ancha
>10mm	ancha
1-10cm	muy ancha
10-100cm	extremadamente ancha
>1m	cavernosa
Descripción de la abertura según el ISRM (1981)	

6.- Relleno de las discontinuidades:

Las discontinuidades pueden aparecer rellenas de un material de naturaleza distinta a la roca de las paredes.

El tipo de relleno puede ser de materiales blandos o alterados, éstos pueden sufrir variaciones importantes en sus propiedades resistentes a corto plazo si cambia su contenido en humedad o si tiene lugar algún movimiento a lo largo de las juntas.

Características de las discontinuidades:



Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

Las características principales del relleno que deben describirse en el afloramiento son: su naturaleza, espesor o anchura, resistencia al corte y permeabilidad:

- La anchura se mide directamente con una regla graduada en mm.
- La descripción del relleno incluye la identificación del material, descripción mineralógica y tamaño de grana. Si el relleno proviene de la descomposición y alteración del material de las paredes de la discontinuidad, deberá ser evaluado su grado de meteorización, que normalmente será descompuesto o desintegrado.
- La resistencia se puede estimar mediante los Índices de campo (si el relleno es blando corresponderá a los grados S_1 a S_6), o mediante la utilización del esclerómetro o martillo de Schmidt.
- Debe indicarse el grado de humedad, y estimarse cualitativamente la permeabilidad del material de relleno.

7.- Descripción de las filtraciones en las discontinuidades:

Clase	Discontinuidades sin relleno	Discontinuidades con relleno
I	Cerrada, seca, no parece posible la circulación	Relleno consolidado y seco, no parece posible la circulación
II	Seca, no aparecen evidencias de circulación	Relleno húmedo, pero sin agua libre
III	Seca, hay evidencias de circulación	Relleno mojado con goteo ocasional
IV	Húmeda, sin agua libre	Relleno con muestras de lavado, flujo continuo (estimar caudal)
V	Junta con rezume, ocasionalmente goteo, sin flujo continuo	Relleno localmente lavado, flujo considerable según canales preferentes (estimar caudal)
VI	Junta con flujo continuo (estimar caudal)	Relleno completamente lavado, presiones de agua elevadas
Clasificación y descripción de las filtraciones en discontinuidades, según ISRM (1981)		

8.- Resistencia de las paredes de las discontinuidades:

La resistencia de la pared de una discontinuidad influye en su resistencia al corte y en su deformabilidad.

Depende del tipo de matriz rocosa, del grado de alteración y de la existencia o no de relleno.

En discontinuidades sanas y limpias, la resistencia sería la misma de la matriz rocosa, pero generalmente es menor debido a la meteorización de las paredes: los procesos de alteración afectan en mayor grado a los planos de discontinuidad que a la matriz rocosa.

La resistencia puede estimarse en campo con el **martillo Schmidt**, aplicándolo directamente sobre la discontinuidad, **índices de campo**, la resistencia de la pared rocosa estará comprendida entre los grados R_0 a R_6 .

Resistencia al corte de las discontinuidades:

Criterio de Barton y Choubey.

$$\tau_p = \sigma'_n \tan \phi_p$$

$$\phi_p = (\phi_r + i)$$

$$i = JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma'_n} \right)$$

$$\phi_p = JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma'_n} \right) + \phi_r$$

ϕ_p = representa el ángulo de fricción de pico de la discontinuidad

τ_p = resistencia al corte de pico en discontinuidades rugosas sin cohesión

σ'_n = esfuerzo normal efectivo sobre el plan de discontinuidad

$$\tau_p = \sigma'_n \operatorname{tg} (JRC \log_{10}(JCS/\sigma') + \phi_r)$$

JCS , resistencia a la compresión simple de la pared de la discontinuidad, MPa

JRC , coeficiente de rugosidad de la discontinuidad,
 $0 \leq JRC \leq 20$

ϕ_r , ángulo de rozamiento interno residual de la discontinuidad, que puede ser estimado a partir de:

$$\phi_r = (\phi_b - 20^\circ) + 20^\circ \left(\frac{r}{R} \right)$$

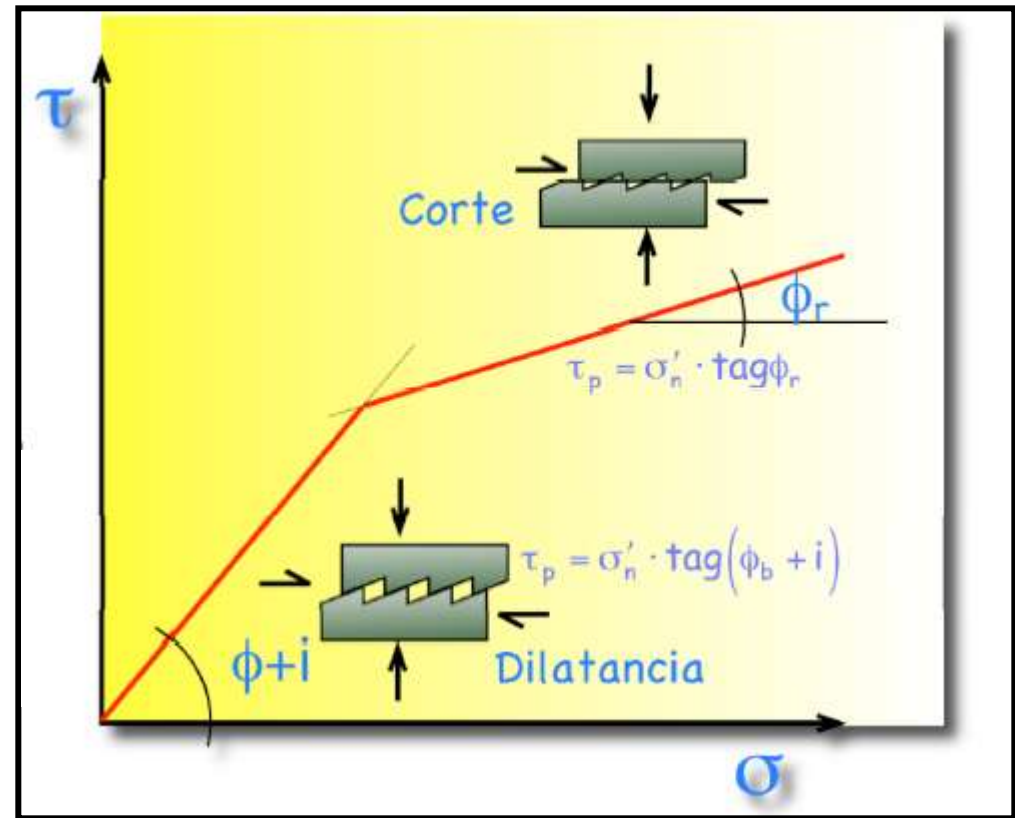
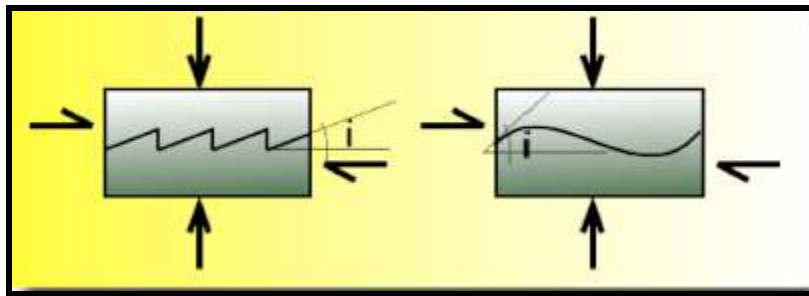
Siendo:

r , el valor del rebote del martillo Schmidt sobre la pared de la discontinuidad.

R , el valor del rebote del martillo Schmidt sobre la matriz rocosa.

ϕ_b , el ángulo de fricción básico del material.

Influencia del ángulo de rugosidad en la resistencia al corte de las discontinuidades.

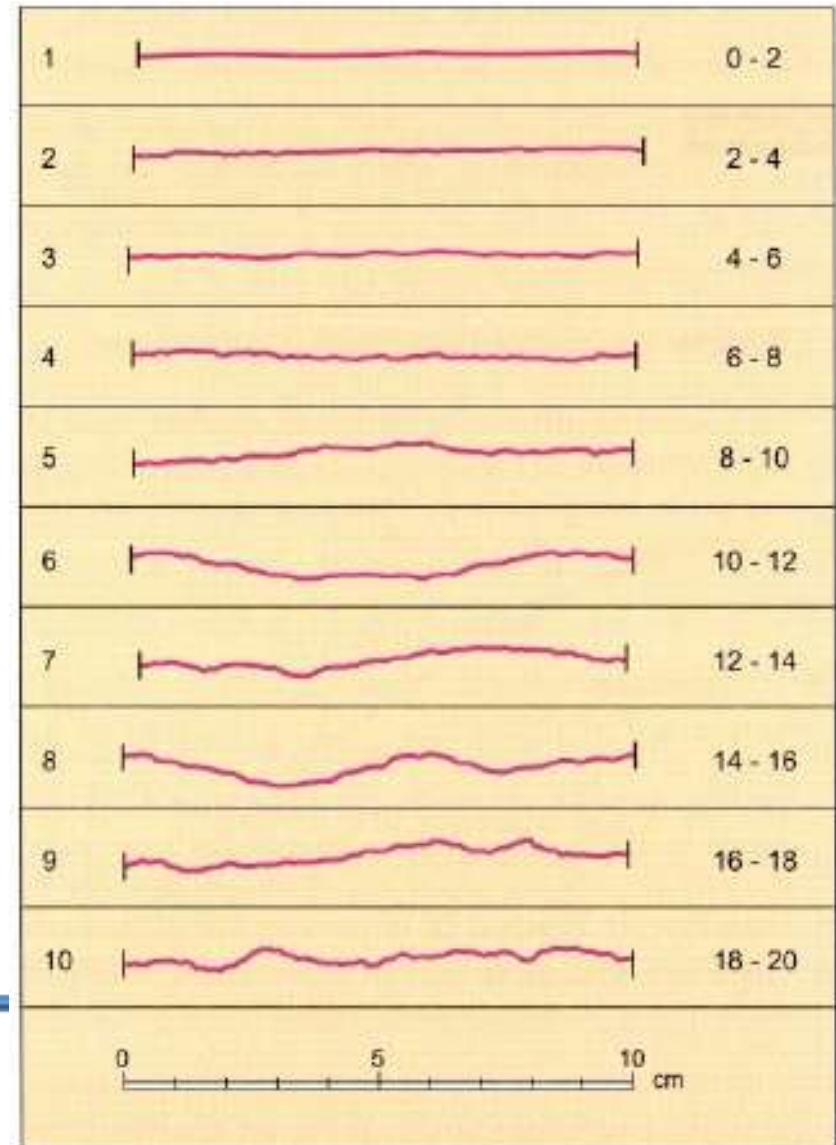


Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

Ángulo de fricción básico

Roca	Ángulo de fricción básico ϕ_b (grados)
Andesita	45
Arenisca	30 - 50
Basalto	48 - 55
Caliza	35 - 50
Caliza Margosa	30
Cuarcita	40 - 55
Diabasa	40 - 50
Diorita	50 - 55
Dolomía	25 - 35
Esquisto	25 - 30
Gabro	35
Gneis	30 - 40
Granito	45 - 58
Mármol	35 - 45
Lutita	40 - 60
Pizarra	40 - 55
Yeso	30

Perfil tipo para estimar el coeficiente de rugosidad JRC



Parámetros que caracterizan el macizo rocoso:

Para la caracterización global del macizo rocoso a partir de datos de afloramientos, además de la descripción de sus componentes, la matriz rocosa y las discontinuidades, deben ser considerados otros factores representativos del conjunto, como son:

- Número y orientación de las familias de discontinuidades.
- Tamaño del bloque e intensidad de fracturación.
- Grado de meteorización.
- Resistencia del macizo rocoso.

1.- Clasificación de macizos rocosos por el número de familias de discontinuidades.

La intensidad o grado de fracturación y el tamaño de los bloques de matriz rocosa vienen dados por el número de familias de discontinuidades y por el espaciado de cada familia.

En los reconocimientos de campo de los macizos rocosos deben ser registradas todas las familias presentes, y evaluar su grado de importancia relativa. Este grado puede expresarse mediante la asignación de números correlativos para las familias de mayor a menor importancia. Así, la familia principal (con mayor continuidad, menor espaciado, mayor abertura, etc.) sería la familia número uno.

La orientación media de una familia se evalúa mediante la proyección estereográfica o la construcción de diagramas de rosetas con los datos de las orientaciones medidas para cada discontinuidad.

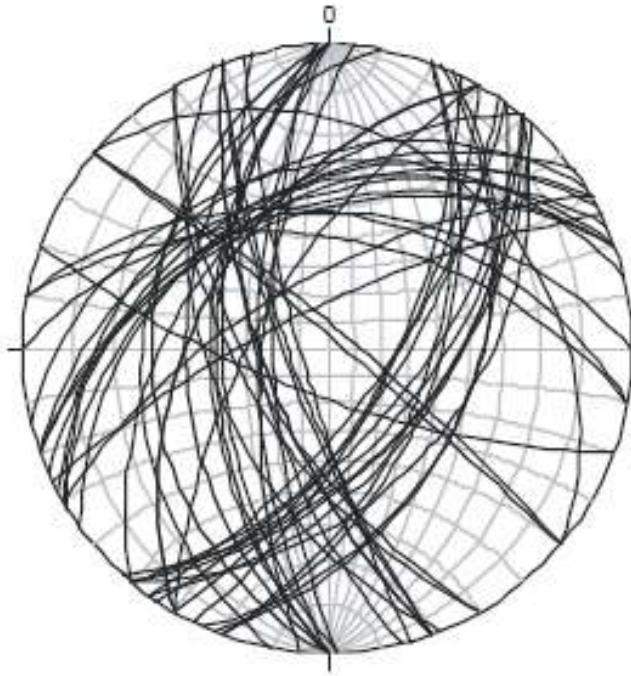


Diagrama de círculos máximos

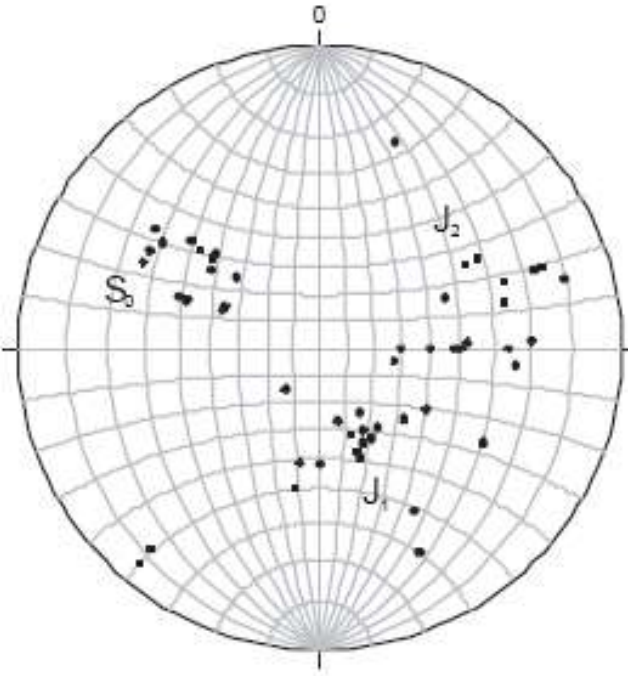


Diagrama de polos

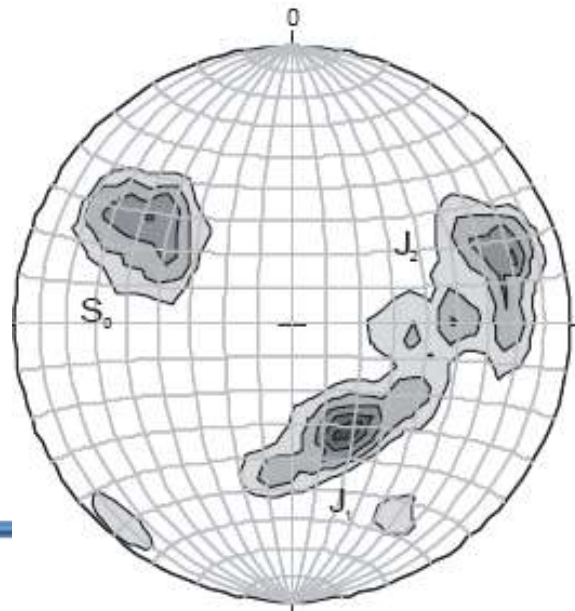


Diagrama de densidad de polos

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

Clasificación de macizos rocosos por el número de familias de discontinuidades.

Tipo de macizo rocoso	Número de familias
I	Masivo, discontinuidades ocasionales solamente
II	1 familia de discontinuidades
III	1 familia de discontinuidades más otras ocasionales
IV	2 familias de discontinuidades
V	2 familias de discontinuidades más otras ocasionales
VI	3 familias de discontinuidades
VII	3 familias de discontinuidades más otras ocasionales
VIII	4 o más familias de discontinuidades
IX	Brechificado

2.- Clasificación de macizos rocosos por el tamaño del bloque y grado de fracturación.

Tamaño del bloque

La descripción del tamaño de bloque se puede realizar de las siguientes formas:

1.- Mediante el índice de tamaño de bloque Ib , que representa las dimensiones medias de los bloques tipo medidos en el afloramiento.

$$Ib = (S_1 + S_2 + S_3)/3$$

siendo S_1 S_2 y S_3 *son* los valores medios del espaciado de las tres familias de discontinuidades.

2.- Mediante el parámetro J_v , se determina por el número de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1m^3) del macizo.

$$J_v = \frac{\text{numero de discontinuidades}}{\text{Longitud medida}}$$

Por ejemplo, para un macizo con tres familias de discontinuidades (J_1 , J_2 y J_3):

$$J_v = (n^\circ J_1/L_1) + (n^\circ J_2/L_2) + (n^\circ J_3/L_3)$$

o en función del espaciado: “**parámetro volumétrico del bloque**”:

$$J_v = \sum (1/S_i) \text{ (espaciado medio)}$$

3.- Más rápidamente, mediante el **nº total de discontinuidades por unidad de longitud** (1 m):

Se toma la longitud en cualquier dirección de interés, es decir, que corte el mayor número posible de planos de discontinuidad:

$$\lambda = n^{\circ} \text{ discontinuidades} / \text{longitud (m)},$$

o bien: **“frecuencia de discontinuidades”**:

$$\lambda = 1 / \text{espaciado medio de discontinuidades}$$

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

Descripción	J_v (discontinuidades/m ³)
Bloques muy grandes	< 1
Bloques grandes	1-3
Bloques de tamaño medio	3-10
Bloques pequeños	10-30
Bloques muy pequeños	>30

Descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades (ISRM, 1981)

Clasificación de macizos rocosos por el tamaño y forma de los bloques.

Clase	Tipo	Descripción
I	Masivo	<i>Pocas discontinuidades o con espaciado muy grande</i>
II	Cúbico	<i>Bloques aproximadamente equidimensionales</i>
III	Tabular	<i>Bloques con una dimensión considerablemente menor que las otras</i>
IV	Columnar	<i>Bloques con una dimensión considerablemente mayor que las otras</i>
V	Irregular	<i>Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques</i>
VI	Triturado	<i>Macizo rocoso muy fracturado</i>

Grado de fracturación

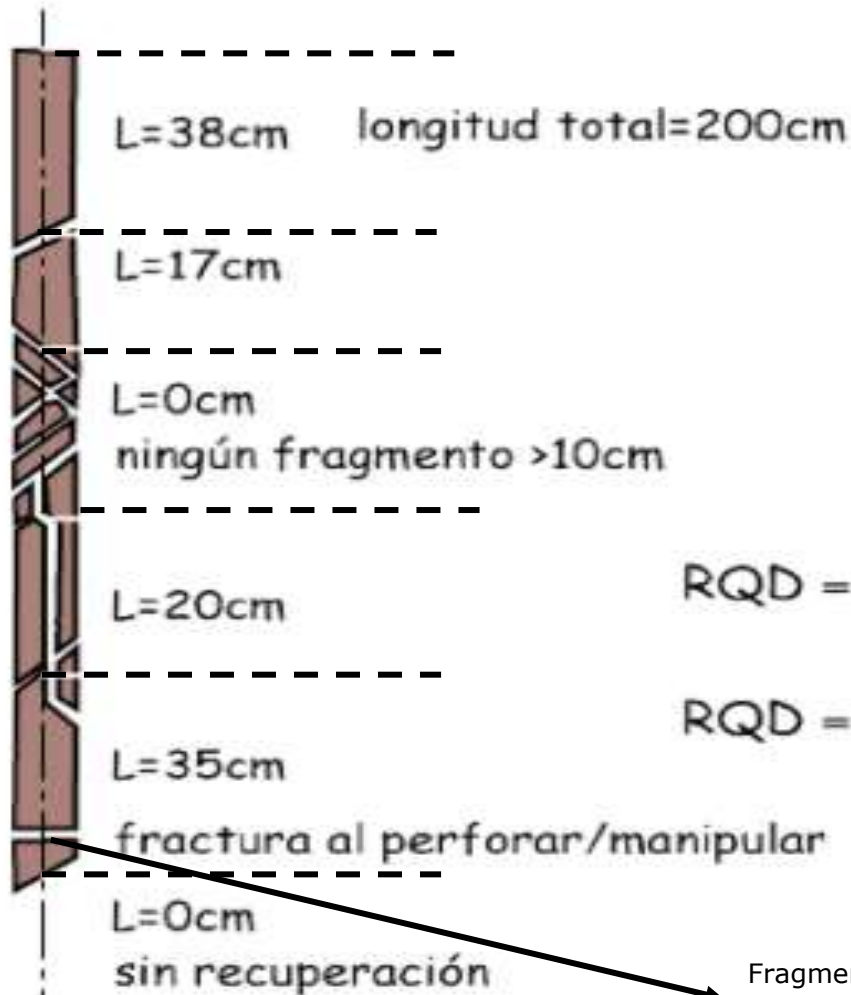
La fracturación del macizo rocoso está definida por el número, espaciado y condiciones de las discontinuidades, cualquiera que sea su origen y clase.

El **grado de fracturación** se expresa habitualmente por el valor del **índice RQD** (*rock quality designation*), que se mide en testigos de sondeos.

EL RQD se mide en testigos de roca de diámetro mínimo 54,7 mm . Incluye solo los fragmentos o testigos de material fresco, excluyéndose los de grado de alteración importante (a partir grado IV).

Se recomienda que la longitud de la maniobra no exceda 1.5 m

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

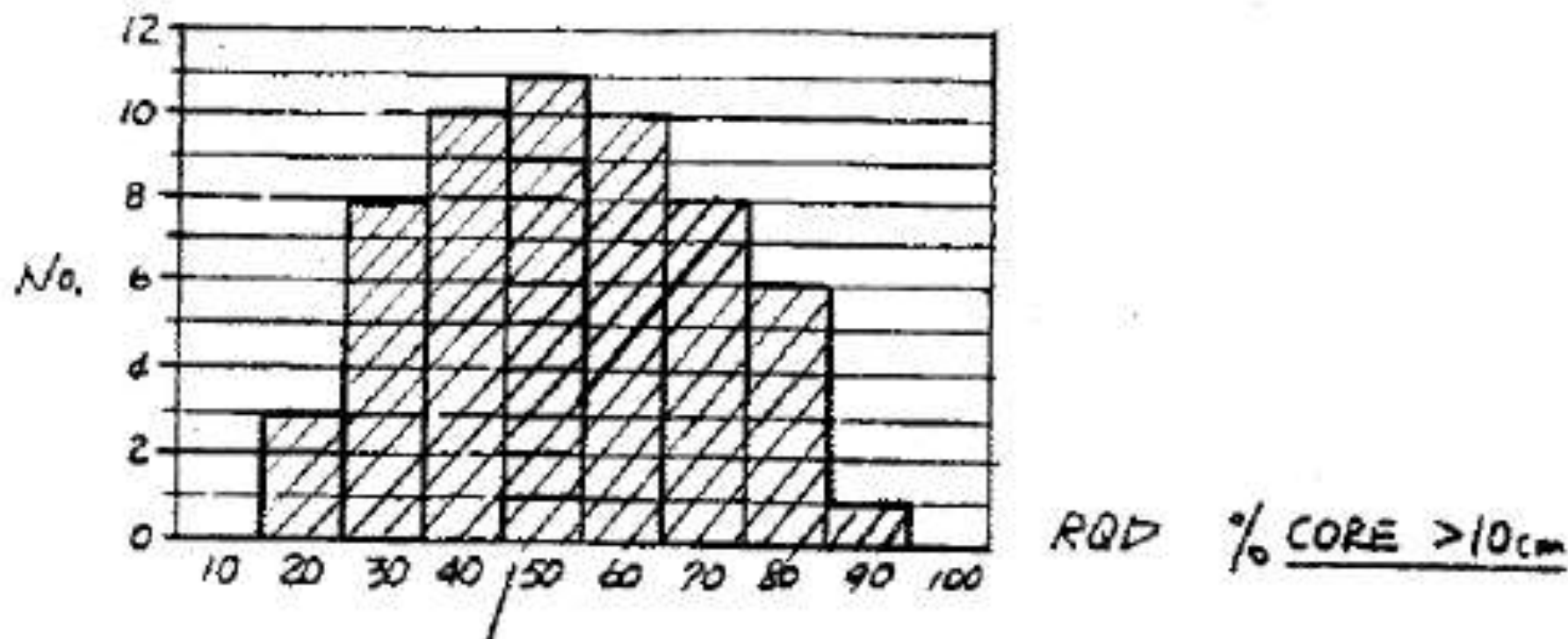


$$RQD = \frac{\sum \text{longitud fragmentos} > 10\text{cm}}{\text{longitud total}} \cdot 100$$

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 35}{200} \cdot 100 = 55\%$$

Fragmentación inducida por la perforación

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos



El **índice RQD** puede estimarse en afloramientos a partir de correlaciones empíricas como la de Palmstrom, 1975 (en ISRM, 1981):

$$\text{RQD} = 115 - 3.3 J_v$$

Para $J_v > 4.5$

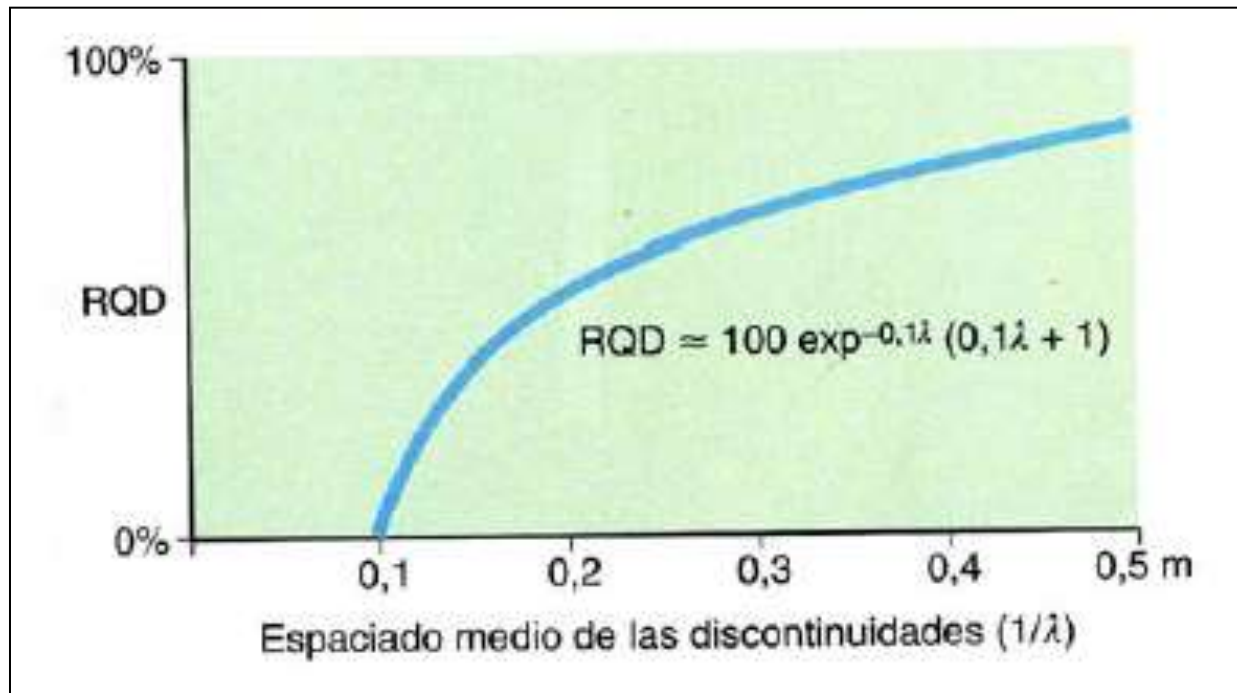
$$\text{RQD} = 100$$

Para $J_v < 4.5$

Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

La estimación del índice RQD puede también realizarse a partir de la frecuencia de discontinuidades, λ , mediante la siguiente expresión que proporciona el valor teórico mínimo del RQD:

$$\text{RQD} \approx 100 \exp^{-0,1 \lambda} (0,1 \lambda + 1)$$



Geotecnia: Tema 3 Caracterización de macizos rocosos

<i>Índice de Calidad R.Q.D. (%)</i>	<i>Calidad</i>
0 -25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Regular
75 - 90	Buena
90 - 100	Excelente.

3.- Clasificación de macizos rocosos por el grado de meteorización.

Grado de meteorización	Término	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva intacta la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material.