



CONTENIDO DEL TEMA N° 1.

INTRODUCCIÓN A LA MECANICA DE ROCAS.

- 1. DEFINICIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA, DISCONTINUIDADES Y MACIZO ROCOSO.**
- 2. DEFINICIÓN DE REOLOGÍA DE ROCAS.**
- 3. INFLUENCIA DE LA NATURALEZA DE LAS ROCAS SOBRE LA DEFORMACIÓN.**
- 4. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS EN QUE SE ENCUENTRAN LAS ROCAS.**

Definición de la Mecánica de Rocas: es el estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas. La mecánica de rocas esta ligada a la Geología Estructural, debido a que se basa en el estudio de los procesos y las estructuras geológicas, además estudia el comportamiento de las rocas alteradas y meteorizadas

Matriz Rocosa: Este término se emplea para indicar “roca intacta”. Se refiere a que la roca no presenta discontinuidades o en el mejor de los casos, roca intacta entre las discontinuidades. La matriz rocosa presenta un comportamiento heterogéneo anisótropo ligado a su fábrica y a su composición mineralógica. **FIGURA N° 1**

Discontinuidades: Es una superficie que presenta que presenta la roca cuyo origen puede ser mecánico o sedimentario, que separa en bloques la roca intacta (macizo rocoso). Una de las propiedades de las discontinuidades es que no posee u ofrece poca resistencia a la tracción y esta caracterizada por la Resistencia al Corte o por el material que contenga esas discontinuidades (Figura N° 1). A continuación se indican algunos ejemplos de discontinuidades:

FIGURA N° 2



TIPOS DE DISCONTINUIDADES.

- 1.-Planos de estratificación. (Sedimentario).
- 2.-Diaclasas. (Mecánico y Sedimentario).
- 3.-Planos de Foliación. (Meta-Sedimentario).
- 4.-Fallas y Fracturas. (Mecánico).
- 5.-Vetas (Genético-Intrínscico).
- 6.-Laminaciones. (Sedimentario).

ESTUDIO DE LAS DISCONTINUIDADES

1. Orientación. La orientación de las discontinuidades se refiere al rumbo y buzamiento de las mismas. En la Figura N° 2 se muestra las medidas que se toman al medir las discontinuidades. Por lo general se representan en familias y con la notación de (J) **FIGURA N° 2**

ESTUDIO DE LAS DISCONTINUIDADES

continuación....

2.-Espaciado. Esta característica se refiere a la distancia que existe entre los planos de discontinuidad. Esta característica es muy particular porque condiciona el tamaño de los bloques de la matriz rocosa. A mayor espaciado menores bloques se forman en el macizo rocoso y a menor espaciado, mayor número de bloques se forman.

En la Figura N° 3, se puede notar 3 familias de diaclasas y como se mide el espaciado de las discontinuidades. El espaciado más difícil de medir es el de la cara que no se ve, sin embargo la ecuación (1) ayuda a determinar este espaciado.

$$e_2 = d_2 * \text{Sen}\alpha_2$$

La finalidad de medir el espaciado en 3 dimensiones, es calcular el volumen de roca representada en bloques que conforma el macizo rocoso. **FIGURA N° 2**



ESTUDIO DE LAS DISCONTINUIDADES

continuación...

3.-Continuidad y Persistencia. La continuidad y Persistencia consiste en la extensión superficial, medida por la longitud según la dirección del plano y según su buzamiento. Esta medición es importante si se puede medir tridimensionalmente, se deben medir a lo largo de la dirección y del buzamiento. Las Discontinuidades pueden o no pueden truncarse con otras, pero esta característica se debe indicar en la descripción. **FIGURA N° 2.** Dentro de la característica más importante de las discontinuidades destaca que la familia más continua es la más importante de estudiar, ya que estas condicionan la rotura del macizo rocoso.

<i>Longitud</i>	<i>Termino descriptivo</i>
<i>< 1 m</i>	<i>Continuidad muy baja.</i>
<i>1-3 m</i>	<i>Continuidad baja.</i>
<i>3-10 m</i>	<i>Continuidad media.</i>
<i>10-20 m</i>	<i>Continuidad alta.</i>
<i>> 20 m</i>	<i>Continuidad muy alta.</i>



ESTUDIO DE LAS DISCONTINUIDADES

continuación....

4.-Rugosidad. El termino de Rugosidad se refiere a las ondulaciones de las superficies o paredes de la Discontinuidad, en algunos casos se refiere también a las irregularidades de las mismas paredes. La principal utilidad de este parámetro en el análisis de las discontinuidades es la evaluación de la resistencia al corte, que decrece con el aumento de la abertura y con el espesor del relleno **FIGURA N° 2.**

5.-Resistencia. de las superficies o paredes de la Discontinuidad. Este parámetro se refiere a la resistencia que ofrece las paredes de las discontinuidades al corte. Esta resistencia depende del tipo de roca, del grado de alteración de la misma y de la existencia o no del relleno. Si las discontinuidades están si alterar la resistencia es la misma que ofrece la roca, pero generalmente es menor debido a la meteorización de estas paredes. Esta resistencia puede estimarse en el campo con un Esclerómetro aplicado directamente sobre la pared de la discontinuidad. También se puede calcular a partir de índices de campo. Este tipo de medición se hace en las discontinuidades mas frecuentes y significativas. **FIGURA N° 2**



ESTUDIO DE LAS DISCONTINUIDADES

continuación....

6.-Abertura. La abertura es la distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad cuando no existe relleno. Este parámetro puede ser muy variable en diferentes zonas de un mismo macizo rocoso, es importante señalar que si la superficie de abertura es alta, ésta se reduce con la profundidad pudiendo llegar a cerrarse. La influencia de la abertura en la resistencia al corte de la discontinuidad, ya que modifica las tensiones efectivas que actúan en las paredes. Su medición se realiza directamente en el afloramiento con una regla graduada. **FIGURA N° 2**

Abertura.	Termino Descriptivo
< 0.1 mm	Muy Cerrada
0.1-0.25 mm	Cerrada
0.25-0.5 mm	Parcialmente Abierta
0.5-2.5 mm	Abierta
2.5 - 10 mm	Moderadamente Ancha
> 10 mm	Ancha
1 - 10. cm	Muy ancha
10 - 100 cm	Extremadamente ancha
> 1 m	Carvernosa

Descripción de las aberturas de acuerdo a su medida de separación



7.-Relleno. *En algunas ocasiones en las aberturas de las discontinuidades suelen aparecer rellenos distintos a la roca de las paredes, con propiedades físicas y mecánicas distintas y muy variables. Debe tener presente que si se trata de materiales blandos o alterados, estos pueden sufrir variaciones importantes en sus propiedades resistentes a corto plazo si cambia su contenido de humedad o si se produce algún movimiento a lo largo de las discontinuidades. **FIGURA N° 2***

Las características del relleno se describen en un afloramiento y son:

Naturaleza: *la descripción del relleno incluye la identificación del material, descripción mineralógica y tamaño del grano. 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.*

Espesor: *se mide directamente con una regla graduada en mm.*

Resistencia al corte: *La resistencia al corte se puede estimar mediante los índices de campo, mediante el esclerómetro. Si es blando o suelo remitirse a la tabla de índice respectiva.*

Permeabilidad: *debe indicarse el grado de humedad y estimar cualitativamente la permeabilidad del materia relleno.*



ESTUDIO DE LAS DISCONTINUIDADES continuación....

8.-Filtraciones. El agua en el interior de un macizo rocoso procede generalmente del flujo que circula por las discontinuidades (Permeabilidad secundaria), aunque en algunas rocas permeables las filtraciones son a través de la matriz rocosa (Permeabilidad Primaria.). Las filtraciones en discontinuidades, tanto rellenas como sin rellenas, pueden describirse de acuerdo a la siguiente tabla.

CLASE	Discontinuidades sin Relleno	Discontinuidades con Relleno
I	Junta muy plana y cerrada. Aparece seca y no parece que circule agua.	Relleno muy consolidado y seco. No es posible el flujo de agua
II	Junta seca sin evidencia de flujo de agua.	Relleno húmedo pero sin agua Libre.
III	Junta seca pero con evidencia de haber circulado agua.	Relleno mojado con goteo ocasional
IV	Junta húmeda pero sin agua libre.	Relleno que muestra señales de lavado, flujo de agua continuo (Estimar el caudal en l/min)
V	Junta ocasionalmente con goteo pero sin flujo continuo	Relleno localmente lavado, flujo considerable, según canales preferentes (Estimar caudal y presión)
VI	Junta con flujo continuo de agua. (Estimar el caudal en l/min y la presión)	Rellenos completamente lavados, presiones de agua elevadas.



Número y Orientación De Familias de Discontinuidades.

El comportamiento mecánico en un macizo rocoso, su modelo de deformación y sus mecanismos de rotura están condicionados a la presencia del número de familia **FIGURA** de discontinuidades presentes en la misma. La intensidad o grado de fracturación y el tamaño de los bloques están supeditados por el número de familias de discontinuidades y por el espaciado de cada familia. La orientación media de una familia de discontinuidades se evalúa mediante proyecciones estereográficas o la construcción de los diagramas de rosetas con los datos de las orientaciones medidas de cada discontinuidad. Un macizo rocoso puede clasificarse según el número de familias de acuerdo a la Tabla N° 6.

Tipo de Macizo Rocosos	Número de Familias
I	Masivo discontinuidades ocasionales
II	Una familia de discontinuidades
III	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales
IV	Dos familias de discontinuidades
V	Dos familias de discontinuidades mas otras ocasionales
VI	Tres familias de discontinuidades
VII	Tres familias de discontinuidades mas otras ocasionales
VIII	Cuatro o mas familias de Discontinuidades
IX	Brechificado.

Estudio de las Discontinuidades

El Diagrama de Rosetas es un diagrama estadístico que permite visualizar las direcciones de los Rumbos Generales de Discontinuidades. En este tipo de diagrama no hay información del ángulo de buzamiento y de la dirección de buzamiento. Para la elaboración de este tipo de diagrama, se necesitan entre 100 y 150 de datos y en la mayoría de los casos por la forma geométrica de las discontinuidades, es imposible medir el rumbo de las mismas, pero lo que sí se puede medir es la dirección y el ángulo de buzamiento, estos datos hay que transformarlos para obtener su rumbo general. Para obtener los datos de rumbos se sigue el siguiente procedimiento:

Se tiene un Azimut de la dirección de buzamiento de 65° (N 65° E) y un ángulo de buzamiento de 31° la notación de este tipo de datos es

65/31 la dirección del Rumbo

General, por lo tanto sería 155° .

274/74, la Figura N° 7 (B) muestra el procedimiento gráfico para calcular el rumbo. El Azimut del Rumbo General es la resta de 242° menos más los 90° que forma la dirección de buzamiento (db) y la dirección del Rumbo General, por lo tanto sería 152° .

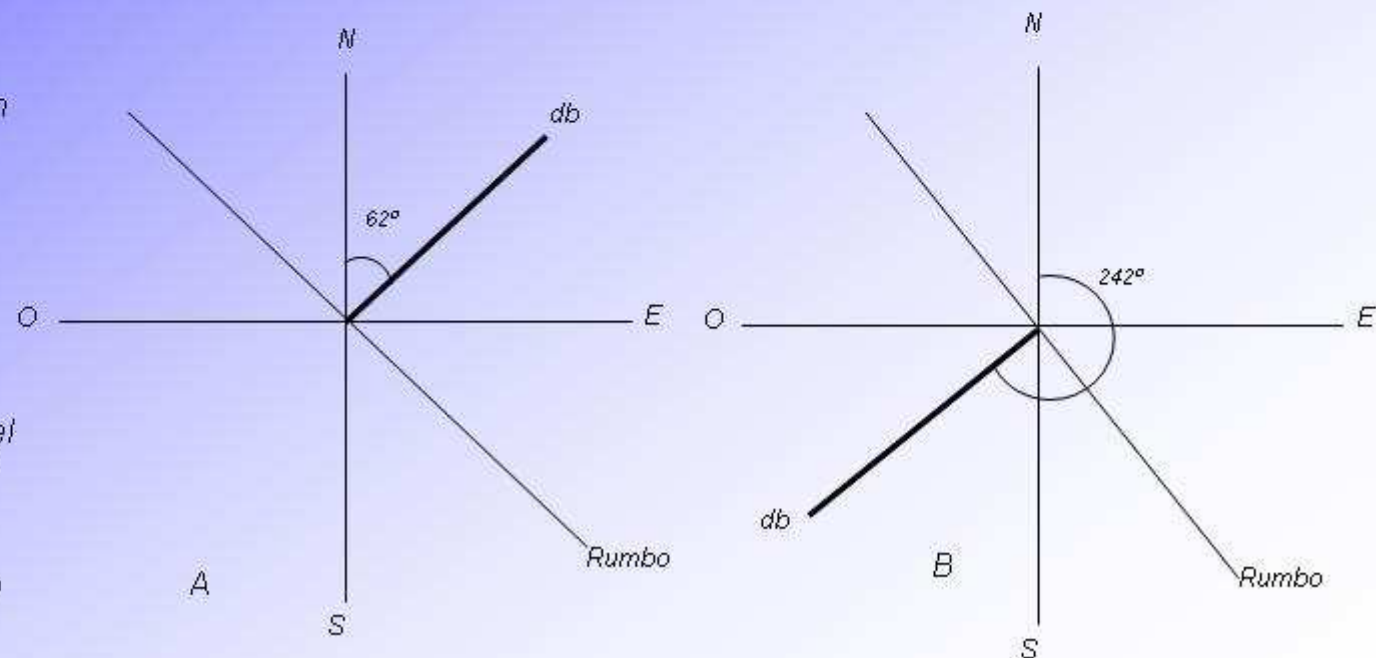
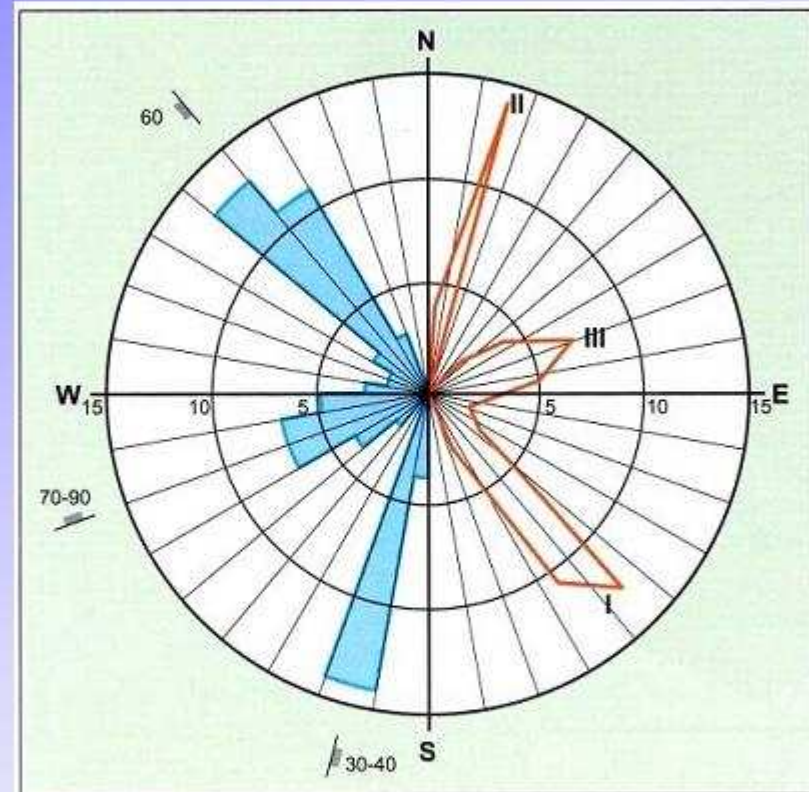
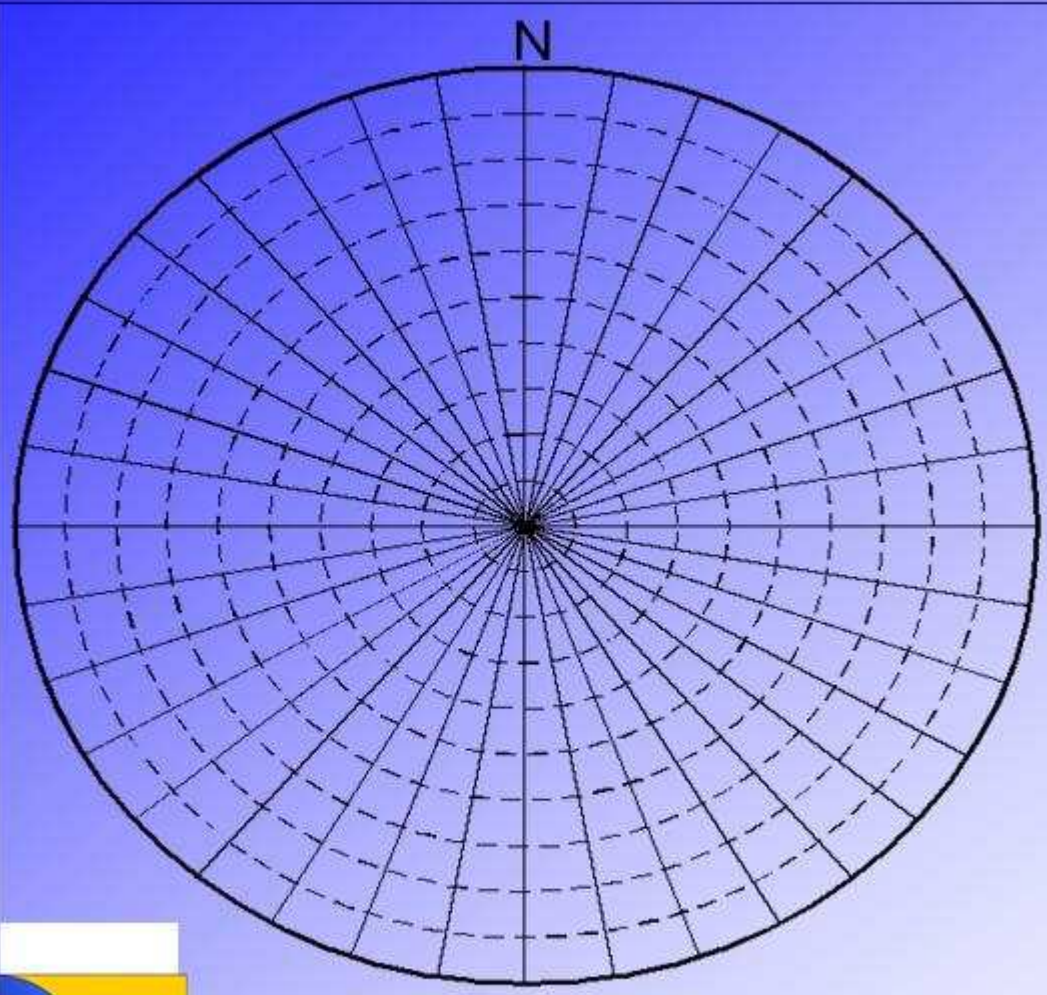




TABLA DE CALCULO DE RUMBO GENERAL

Azimut de la Dirección de Rumbo		Rumbo General	Cantidad	Porcentaje
0-9	180-189	90-99		
10-19	190-199	100-109		
20-29	200-209	110-119		
30-39	210-219	120-129		
40-49	220-229	130-139		
50-59	230-239	140-149		
60-69	240-249	150-159		
70-79	250-259	160-169		
80-89	260-269	170-179		
90-99	270-279	0-9		
100-109	280-289	10-19		
110-119	290-299	20-29		
120-129	300-309	30-39		
130-139	310-319	40-49		
140-149	320-329	50-59		
150-159	330-339	60-69		
160-169	340-349	70-79		
170-179	350-359	80-89		

Plantilla para elaborar el diagrama de rosetas.



Dimensión de los bloques y su grado de fracturación.

El tamaño de los bloques que forman un macizo rocoso condiciona de forma definitiva su comportamiento, sus propiedades resistentes y deformacionales. La dimensión y la forma de los bloques están definidas por el número de familias de discontinuidades. La descripción del tamaño del bloque se puede realizar de 2 maneras:

1.-ÍNDICE DEL TAMAÑO DEL BLOQUE (I_b): *este índice representa las dimensiones medias de los bloques medidos en un afloramiento. Ejemplo si tenemos 3 una roca sedimentaria con la superficie de estratificación bien definidos y con 2 familias de discontinuidades perpendiculares entre si, el cálculo I_b viene dado por la ecuación:*

Donde e_1 , e_2 y e_3 son los valores medios del espaciado de las 3 familias de discontinuidades

$$I_b = (e_1 + e_2 + e_3)$$

2.-MEDICIÓN DEL PARAMETRO (J_v): este parámetro representa el número total de discontinuidades en un cúbico de volumen de afloramiento (1 m³). En algunas ocasiones es difícil medir tridimensionalmente un afloramiento, en estos casos se puede determinar contando las discontinuidades de cada familia que interceptan una longitud determinada, midiendo perpendicularmente a la dirección de cada una de las familias, por cada familia de discontinuidades se aplica la ecuación

$$J_v = \sum \frac{N^\circ \text{ de discontinuidades}}{\text{Longitud de medida}}$$

Por ejemplo si un macizo rocoso posee 4 familias de discontinuidades J_1 , J_2 , J_3 y J_4 , entonces la ecuación (3) se aplica de acuerdo a la ecuación (4)

$$J_v = (N^\circ J_1 / L_1) + (N^\circ J_2 / L_2) + (N^\circ J_3 / L_3) + (N^\circ J_4 / L_4)$$

La longitud L dependerá del espaciado de cada familia y varia entre 5 y 10 mts.

Otra forma que se puede medir el parámetro J_v , pero se puede cometer un error, es contando el número de discontinuidades que interceptan una longitud L en cualquier dirección de interés (Cortando el mayor número posible de discontinuidades), correspondiendo este valor a la frecuencia de discontinuidades (λ).

$$\lambda = \frac{\text{Número de discontinuidades}}{L(m)}$$

$$\lambda = \frac{1}{\text{Espaciado medio de discontinuidades}(m)}$$

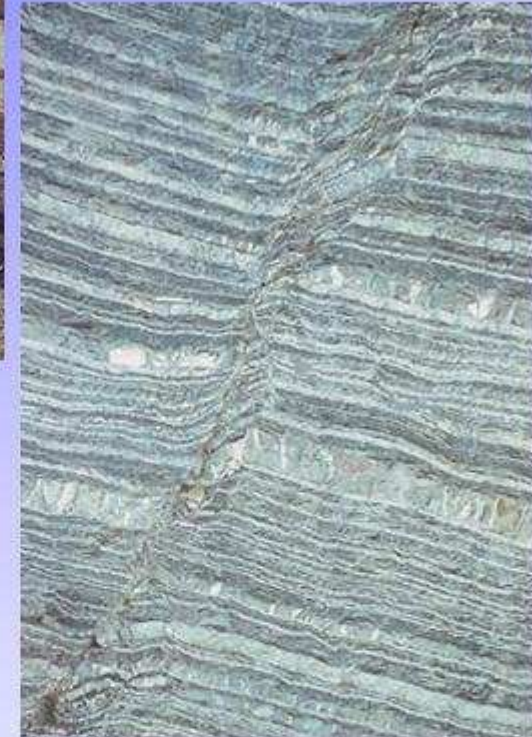


J_v (Discontinuidades en m^3)	Descripción
<1	Bloques muy grandes
1 – 3	Bloques Grandes
3 – 10	Bloques de tamaño medio
10 – 30	Bloques pequeños
> 30	Bloques muy pequeños

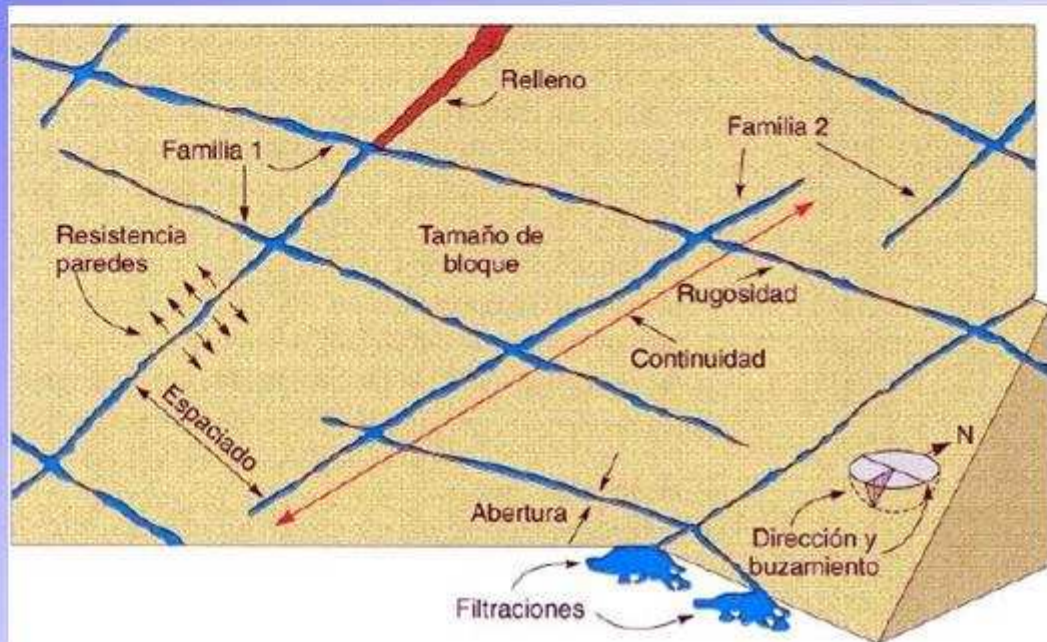
Clasificación de macizos rocosos en función del tamaño y forma de los bloques.

Clase	Tipo	Descripción
I	Masivo	Pocas discontinuidades o con espaciado muy grande
II	Cúbico	Bloques aproximadamente equidimensionales
III	Tabular	Bloques con una dimensión considerablemente menor que las otras 2
IV	Columnar	Bloques con una dimensión considerablemente mayor que las otras 2
V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques
VI	Triturado.	Macizo rocoso muy fracturado.

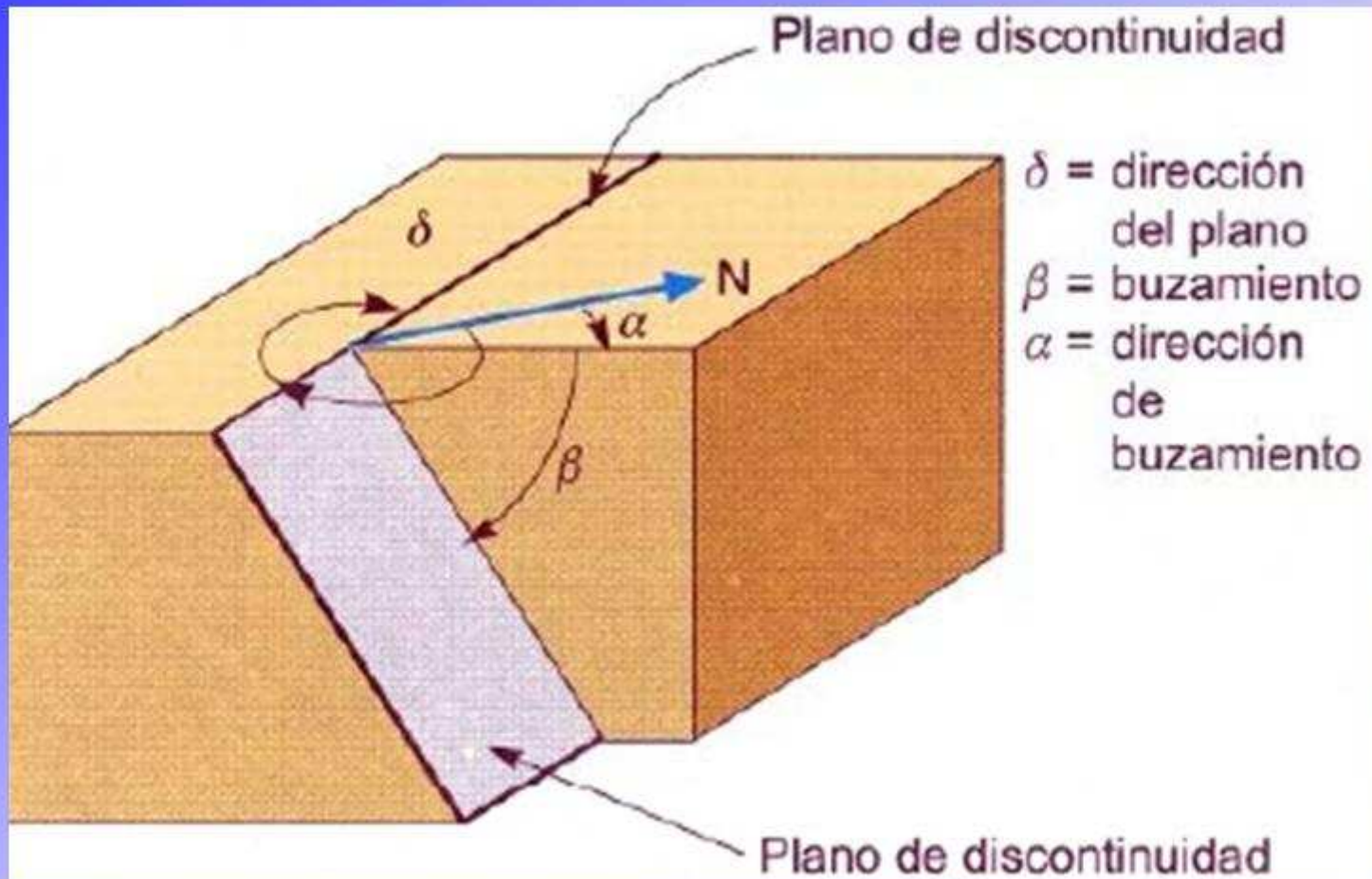


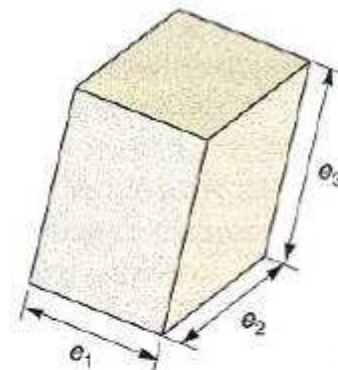
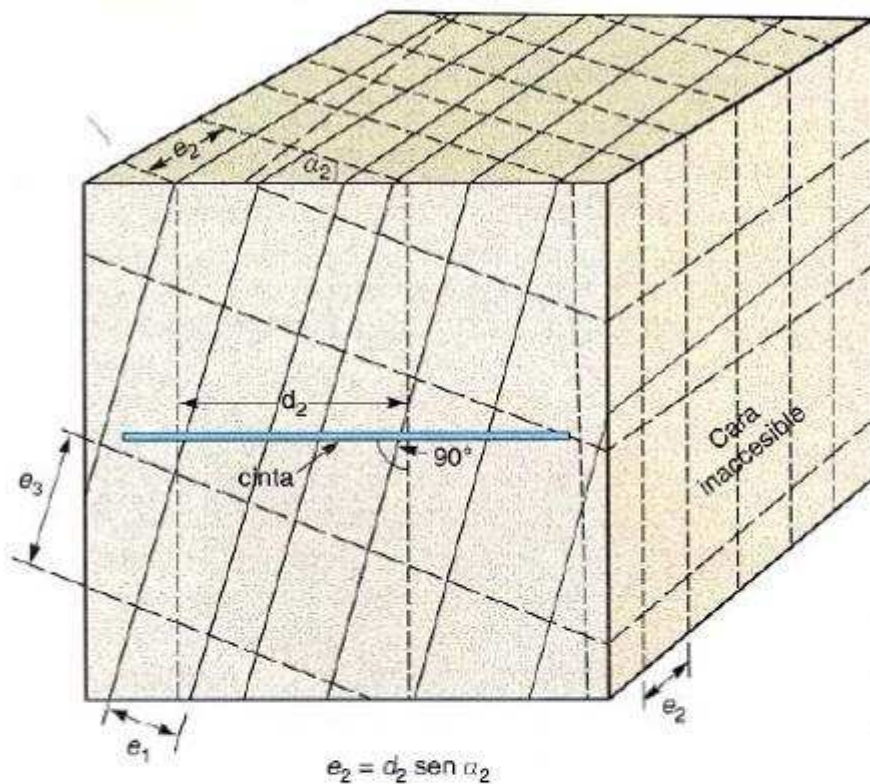


EJEMPLOS DE DISCONTINUIDADES.



ESTUDIO DE LAS DISCONTINUIDADES.





- familia 1
- - - familia 2
- - - familia 3

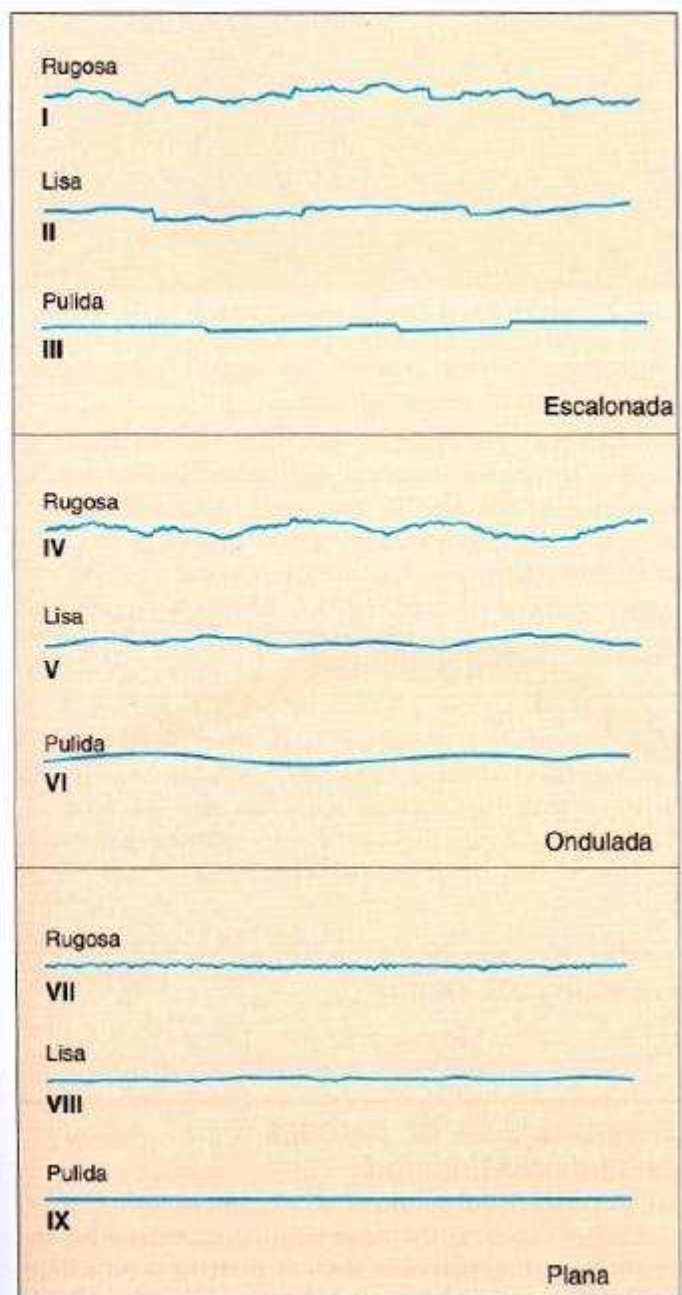
Valor del espaciado

Valor del Espaciado	Termino Descriptivo
$< 0.20 \text{ cm}$	<i>Demasiado Junto</i>
$0.20-0.60 \text{ cm}$	<i>Muy Junto</i>
$0.60-20 \text{ cm}$	<i>junto</i>
$20-60 \text{ cm}$	<i>Moderadamente Junto</i>
$60-200 \text{ cm}$	<i>Separado</i>
$200-600 \text{ cm}$	<i>Muy Separado</i>
$> 600 \text{ cm}$	<i>Demasiado sepado</i>



Rugosidad a diferente escala.

Perfiles de Comparación

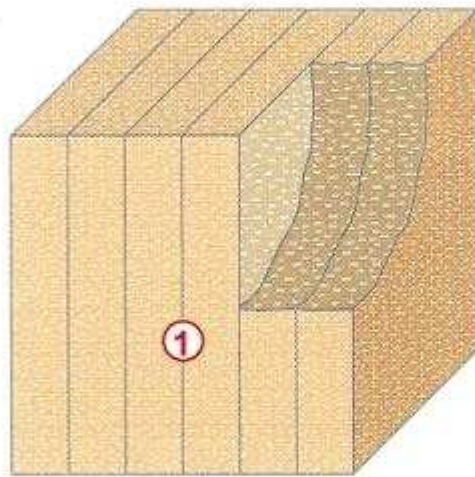




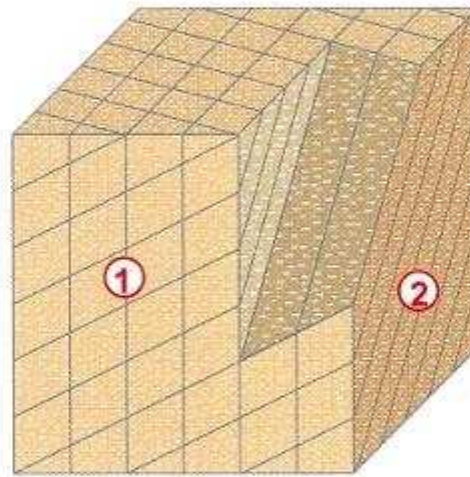
Esclerómetro o Martillo de Smith

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	APROXIMACIÓN AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
R_0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0.25 - 1.0
R_1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se raya.	1.0 - 5.0
R_2	Roca blanda	Se raya con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo, se produce pequeñas	5.0 - 25
R_3	Roca Moderadamente dura.	No puede tallarse con la Navaja. Puede fracturarse con un fuerte golpe de martillo.	25 - 50
R_4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarse.	50 - 100
R_5	Roca muy Dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarse	100 - 250
R_5	Roca Extremadamente dura	Al golpearla con el martillo solo saltan esquirlas	> 250

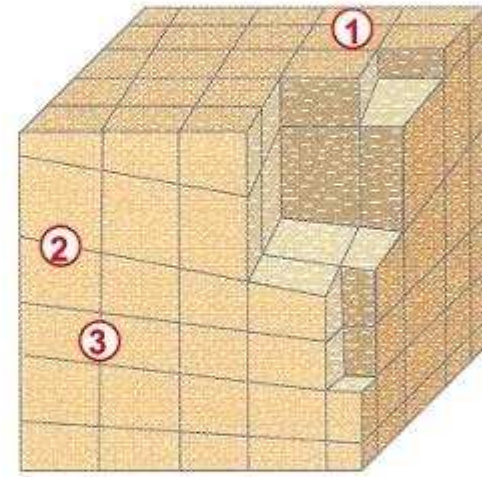
Número de familias Preferenciales en un macizo rocoso.



1 familia



2 familias



3 familias