

CAPITULO II

2.- CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS

2.1.- LITOLOGÍA

Se refiere al tratado o estudio de las rocas y suelos.

2.2.- ROCAS Y SUELOS

A continuación se presenta una guía práctica Para la descripción de suelos y rocas, empleando para la distinción entre ambos la siguiente definición sugerida por Terzaghi y Peck **Suelo**.- es un agregado de granos minerales que puede ser separado por medio de agitación en agua, **Roca**,- por otro lado, es un agregado natural de minerales enlazados entre sí por fuerzas cohesivas permanentes considerando que el término permanente está sujeto a diferencias interpretaciones el límite entre suelo y roca será necesariamente arbitraria.

En este contexto los términos suelo y roca serán empleados en el sentido geotécnico y no en sentido geológico o pedológico.

2.2.1.- Rocas

La clasificación de rocas empleadas por los geólogos resulta muy complicada para su aplicación en trabajos de ingeniería, siendo difícil inferir sus propiedades geotécnicas en base a su descripción geológica usual. Por razones de simplicidad es necesario minimizar el número de nombres empleados para la roca y complementar nomenclatura con términos que las califiquen adecuadamente.

Siguiendo este criterio se recomienda el empleo de **prefijos** para los términos descriptivos microscópicos de la roca en muestras de mano tanto para el material intacto como para la masa rocosa, empleándose **sufijos** para indicar sus principales propiedades geotécnicas.

Se ha sugerido el siguiente esquema para ser empleado en las descripciones:

- A.- Prefijos** :
- Tamaño de grano
 - Color
 - Textura y estructura
 - Discontinuidades en la masa rocosa

- Estado de Intemperismo
- Estado de alteración
- Características Litológicas menores

NOMBRE DE LA ROCA

B.- Sufijos : - Resistencia Compresiva de la roca

2.3.- COLOR

el color de una roca es una propiedad que es fácil de apreciar pero difícil de cuantificar: aunque no siempre de gran valor como índice de propiedades mecánicas, su importancia no debe ser dejado de lado. El color de la roca debe ser expresado cuantitativamente en términos de 3 parámetros el **matiz** referido a un color básico el **brillo** o intensidad de un color y el **valor** o la claridad del color

La "Geological Society Of. América" ha publicado un cuadro de colores de roca en 1963, basado en una tabla propuesta por Munsell (1941)

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Rosado	Rosáceo	Claro
Rojo	Rojizo	Oscuro
Amarillo	Amarillento	
Marrón	Oliváceo	
Oliva	Verdoso	
Verde	Azulado	
Azul	Grisáceo	
Blanco		
Gris		
Negro		

2.4.- TAMAÑO DEL GRANO

Para la descripción del tamaño de los granos, parece adecuado emplear los mismos términos descriptivos utilizados para suelos, hay sin embargo ciertas dificultades, ya que muchos nombres de rocas comunes tienen implicaciones inherentes al tamaño de grano, siendo las calizas una de las pocas excepciones mientras los términos descriptivos existentes contemplan este aspecto, parece conveniente incluir alguna referencia al tamaño de grano, independientemente de si el nombre de la roca lo incluye o no, sobre todo para determinaciones de campo y trabajos de laboratorio, pudiera suceder que un observador no sea capaz de darle el nombre a un roca o que el nombre asignado no sea el correcto debiendo ser modificado.

En algunos casos en los que se requiere de mayor precisión, se podrá indicar el tamaño de los granos, por ejemplo grano medio 1mm.

Los términos recomendados son:

GRADO EQUIVALENTE DE SUELO	DESCRIPCION DEL TAMAÑO DE GRANO	TAMAÑO DE LAS PARTICULAS
Piedras y Cantos Rodados	Muy Grueso	= 60 mm.
Grava	Grueso	2 mm. - 60 mm.
Arena	Grueso	60 micras-2mm.
Limo	Fino	2 micras - 60 micras (Granos mayores de 60 micras, visibles con lupa de 10 aumentos)
Arcilla	Muy fino	= 2 micras

2.5.- TEXTURA Y ESTRUCTURA

la textura de la roca se refiere a los granos individuales y al arreglo de los mismos pudiendo este último mostrar alguna orientación preferencial. En la medida de lo posible, deberá emplearse términos comunes, los términos adicionales no se justifican al menos que la característica a describirse no esta implícita en el nombre de la roca los términos utilizados con más frecuencia incluyen: cizallada, clivada, exfoliada, masiva, bandeamiento de flujo, vetada, porfirítica, y homogénea. Las rocas sedimentarias se presentan en estratos que pueden ser: regulares, laminares, con laminación cruzada o diferenciada, los planos de estratificación pueden ser: lisos, ondulados o cuarteados.

Se recomienda emplear términos descriptivos para los planos de separación entre estructuras planares incluyendo la estratificación y la laminación en rocas sedimentarias, la exfoliación en rocas metamórficas y el bandeamiento de flujo de rocas ígneas.

2.6.- METEORIZACION DE LAS ROCAS

Se refiere a la modificación sufrida en la composición o estructura de una roca, situada en la superficie terrestre o en sus proximidades, debido a la acción de agentes atmosféricos.

Existen dos clases de meteorización según se produzca una desintegración de la roca por agentes físicos, o una descomposición por agentes químicos, incluyendo esta última la disolución.

Generalmente los efectos físicos y químicos de la meteorización se producen simultáneamente, pero depende del clima el hecho que una u otra sea predominante.

La meteorización física comprende:

- * Arranque directo por partículas por erosión.
- * Congelación del agua en grietas y fracturas.
- * Cambios de volumen en la roca, debido a variaciones de temperatura.
- * Acción de las plantas, especialmente de las raíces de los árboles.

La meteorización química comprende: una serie de reacciones de oxidación, hidratación, hidrólisis, carbonatación y disolución, siendo los reactivos más importantes: el agua, el oxígeno, el dióxido de carbono y los ácidos orgánicos.

El clima es el factor que condiciona el tipo de meteorización que se produce:

- * Meteorización física en climas cálidos y secos o fríos y secos
- * Meteorización química en climas cálidos o templados y húmedos.

Se han creado una serie de escalas empíricas para el trabajo de campo. Pueden establecerse otras escalas más precisas, utilizando por ejemplo, la alteración de la dureza, que se puede determinar mediante el Martillo Schmidt.

Actualmente existe dos escalas de meteorización, la primera propuesta por [D.G. – Moye](#), para el granito y la segunda basada en ella, aplicada sobre todo para las rocas sedimentarias de orden detrítico: Areniscas, Limonitas y argilitas.

Para rocas metamórficas e Ígneas intrusivas, [Deere y Patton](#), proponen un perfil tipo de meteorización, que comprende cinco niveles similares a los cinco grados de meteorización de la escala de D.G.- Moye.

Escala de Meteorización del Granito (Según D.G.- Moye)

Grado de Meteorización	Denominación	Criterios de Reconocimiento
I	Sana	Roca no meteorizada. Las micas y los Feldespatos están lustrosos
II	Sana con juntas teñidas de óxidos	Las caras de las juntas están manchadas y cubiertas con hematitas y limonitas, pero el bloque de la roca entre juntas no está meteorizado.
III	Moderadamente Meteorizada	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica que se observa por manchas de óxido de hierro y ligera descomposición de los Feldespatos, pero su resistencia es muy similar a la roca sana.
IV	Muy Meteorizada	Meteorización en conjunto, pero con resistencia tal que piezas aproximadamente de 25 cm ² de sección transversal, no pueden romperse a mano.
V	Completamente Meteorizada	Roca intensamente meteorizada con aspecto de suelo que puede romperse y desmenuzarse a mano, pero se puede reconocer todavía la fábrica original.

**Escala de Meteorización de las Rocas Sedimentarias Detríticas
(Basada en la de D.G. Moye)**

Grado de Meteorización	Denominación	Criterios de Reconocimiento
I	Sana	Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.
II	Sana con juntas teñidas de óxidos	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre ellas mantiene el color y el lustre de la roca sana.
III	Moderadamente Meteorizada	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de fierro, la resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm ² de sección no pueden romperse a mano.
IV	Muy Meteorizada	Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles.
V	Completamente Meteorizada	Material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorización "in-situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se encuentran diferenciados, aunque totalmente diferenciados

Grado de meteorización de **Deere y Patton** en cinco clases :

2.6.1.- ROCA FRESCA

Denominada también roca sana, es aquella que no posee ningún grado de descomposición, no se encuentra teñida ni descolorada y se puede distinguir todas sus características texturales y estructurales sin dificultad. Solamente con ayuda de la lupa se pueden distinguir minerales teñidos aislados.

2.6.2.- ROCA DEBILMENTE METEORIZADA

La superficie de la roca se encuentra descolorada y/o los minerales teñidos u oxidados. Los colores más comunes en que suele teñirse son: pardo

anaranjado, pardo, pardo rojizo, marrón, ocre, pardo amarillento, etc. Eventualmente, estos u otros colores pueden manchar los dedos.

En algunos casos se puede reconocer el avance de la meteorización desde la superficie de la fractura algunos milímetros o centímetros hacia el interior de la roca. Se pueden apreciar bastantes cristales descolorados o teñidos.

2.6.3.- ROCA MEDIANAMENTE METEORIZADA

En esta etapa la mitad o menos de la roca se ha degradado a casi suelo, dejando núcleos de roca más dura. En todo caso, la estructura y la textura (o minerales individuales) en las partes blandas aún son claramente reconocible.

2.6.4.- ROCA ALTAMENTE METEORIZADA

Más de la mitad de la roca a devenido a suelo, pero en este caso aún la textura y las estructuras son reconocibles. Las partes blandas son deformables con poca dificultad y las partes rocosas son friables (que se puede desmenuzar con cierta facilidad).

2.6.5.- ROCA COMPLETAMENTE METEORIZADA

La roca se ha degradado completamente a suelo residual, aunque aún podría reconocerse eventualmente estructuras y texturas.

Para la clasificación de Laubscher utilizar los siguientes ratings:

Roca no meteorizada	95 - 100
Débilmente meteorizada	89 - 94
Medianamente meteorizada	81 - 88
Altamente meteorizada	76 - 80
Completamente meteorizada	75 - 0

Para la clasificación de Bieniawski, emplear la siguiente nomenclatura:

Roca no meteorizada	UW
Débilmente meteorizada	SW
Medianamente meteorizada	MW
Altamente meteorizada	HW
Completamente meteorizada	CW

El grado de meteorización de las rocas ha sido descrito en las tablas anteriores, en cuanto al grado de meteorización (o alteración)

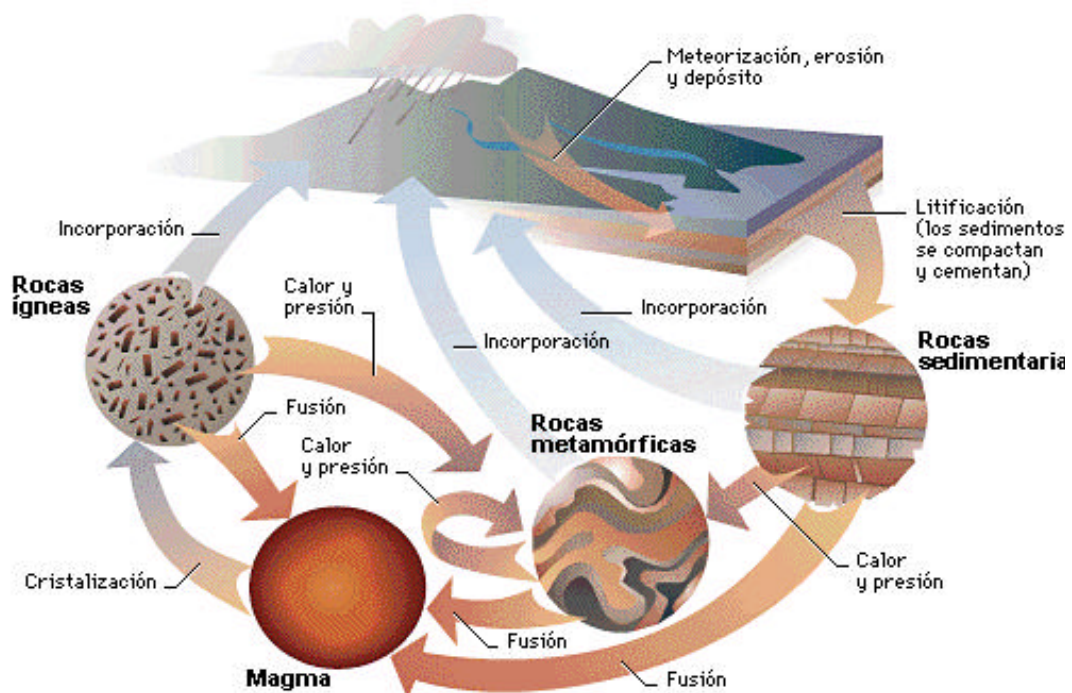
en los labios de las discontinuidades, se describe en el siguiente cuadro:

Grado de Meteorización de las discontinuidades

Termino	Descripción
Fresco	No hay signos visibles de meteorización de la masa rocosa.
Descolorido	El color es distinto del que tenía el material original sano. Hay que indicar el grado de cambio de color original. También hay que mencionar el caso en el que el cambio de color solo afecta a determinados minerales.
Descompuesto	La roca está meteorizada hasta alcanzar el grado de un suelo en el que la fábrica del material todavía permanece intacta, pero algunos o todos los granos minerales están descompuestos.
Desintegrado	La roca está meteorizada hasta alcanzar el grado de un suelo en el que la fábrica del material todavía permanece intacta. La roca es frías pero los granos minerales están descompuestos.

2.7.- CLASIFICACION DE LAS ROCAS EN INGENIERIA

2.7.1.- CICLO DE LAS ROCAS



El orden de este ciclo no es rígido. Una **roca ígnea**, por ejemplo, puede transformarse en **metamórfica** por efecto del calor y la presión sin pasar por la fase **sedimentaria**. Asimismo, las **rocas sedimentarias y metamórficas** pueden convertirse en material que forma nuevas rocas **sedimentarias**.

El ciclo clásico de las rocas que se acaba de describir, se ha puesto recientemente en relación con la tectónica de placas. El ciclo comienza con la erosión de un continente. El material del continente se acumula en sus

bordes y se puede compactar por litificación y transformarse en **roca sedimentaria**. Con el tiempo, el borde continental se transforma en borde de placa convergente (es decir, empujada contra otra placa). En esta línea, las **rocas sedimentarias** pueden transformarse por efecto de las altas presiones en cinturones de **rocas metamórficas**. Pero poco a poco los sedimentos que no han formado montañas se ven arrastrados por subducción hacia el fondo de la corteza. Allí sufren un metamorfismo aún mayor, hasta alcanzar grados de presión y temperatura tan elevados que se funden y se convierten en magma. Éste a su vez se convierte en **roca ígnea** que puede volver a la superficie terrestre, bien en forma **extrusiva**, a través de un volcán, bien por exposición de la **roca ígnea intrusiva** a consecuencia de la erosión. La meteorización y la erosión atacan las **rocas ígneas**, las transportan hasta el borde continental y el ciclo comienza de nuevo.

2.7.2.- ROCAS IGNEAS

En geología, rocas formadas por el enfriamiento y la solidificación de materia rocosa fundida, conocida como magma. Según las condiciones bajo las que el magma se enfría, las rocas que resultan pueden tener granulado grueso o fino.

Las **rocas ígneas** se subdividen en dos grandes grupos: las rocas **plutónicas o intrusivas**, formadas a partir de un enfriamiento lento y en profundidad del magma; y las rocas **volcánicas o extrusivas** formadas por el enfriamiento rápido y en superficie, o cerca de ella, del magma.

Existe una correspondencia mineralógica entre la serie de **rocas plutónicas** y la serie **volcánica**, de forma que la riolita y el granito tienen la misma composición, del mismo modo que el gabro y el basalto. Sin embargo, la textura y el aspecto de las rocas plutónicas y volcánicas son diferentes.

Las **rocas ígneas**, compuestas casi en su totalidad por minerales silicatos, pueden clasificarse según su contenido de sílice. Las principales categorías son **ácidas o básicas**. La razón de ello estriba en que proceden del enfriamiento de magmas con composición diferente y mayor o menor enriquecimiento en sílice. En el extremo de las rocas ácidas o silíceas están el granito y la riolita, mientras que entre las básicas se encuentran el gabro y el basalto. Son de tipo intermedio las dioritas y andesitas.

Diorita

La diorita es una roca ígnea de grano fino a grueso y de color gris a gris oscuro, compuesta en su mayor parte de sílice.

2.7.3.- ROCAS METAMORFICAS

Rocas cuya composición y textura originales han sido alteradas por calor y presión. El metamorfismo producido por el calor o la intrusión de **rocas ígneas** recibe el nombre de térmico o de contacto. Finalmente hay otro tipo de

metamorfismo a gran escala, relacionado con la tectónica de placas y la orogénesis y motivado por los aumentos de presión y temperatura cercanos a la zona de colisión y subducción, que origina extensas zonas de rocas metamórficas.

Hay cuatro variedades comunes de **rocas metamórficas** que pueden provenir de **rocas sedimentarias** o de **rocas ígneas**, según el grado de metamorfismo que presenten, dependiendo de la cantidad de calor y presión a la que se han visto sometidas. Así, la lutita se metamorfiza en pizarra a baja temperatura, pero si es calentada a temperaturas lo suficientemente elevadas como para que se recristalicen sus minerales arcillosos formando laminillas de mica, se metamorfiza en una filita.

En los esquistos, los minerales de color claro (cuarzo y feldespato sobre todo) están distribuidos homogéneamente entre las micas de color oscuro; **el gneis**, por el contrario, exhibe bandas de color características.

Entre las **rocas metamórficas** no foliadas, las más comunes son la cuarcita y el mármol. **La cuarcita** es una roca dura, de color claro en la que todos los granos de arena de una arenisca se han recristalizado formando una trama de cristales de cuarzo imbricados entre sí. El mármol es una roca más blanda y frágil de colores variados en la que se ha recristalizado por completo la dolomita o la calcita de la roca sedimentaria madre.

Gneis

El gneis es una roca metamórfica formada durante un metamorfismo regional de alto grado, dando lugar a una estructura en bandas.

2.7.4.- ROCAS SEDIMENTARIAS

En geología, rocas compuestas por materiales transformados, formadas por la acumulación y consolidación de materia mineral pulverizada, depositada por la acción del agua y, en menor medida, del viento o del hielo glaciar. La mayoría de las **rocas sedimentarias** se caracterizan por presentar lechos paralelos o discordantes que reflejan cambios en la velocidad de sedimentación o en la naturaleza de la materia depositada.

Las **rocas sedimentarias** se clasifican según su origen en **detríticas o químicas**. Las **rocas detríticas, o fragmentarias**, se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas y transportadas, sin deterioro químico, gracias al agua. Son acarreadas hasta masas mayores de agua, donde se depositan en capas. Las lutitas, la arenisca y el conglomerado son rocas sedimentarias comunes de origen detrítico.

Las **rocas sedimentarias químicas** se forman por sedimentación química de materiales que han estado en disolución durante su fase de transporte.

Arenisca

La arenisca es una roca sedimentaria constituida, predominantemente, por granos de cuarzo. Los granos pueden estar cementados por sílice, calcita u óxidos de hierro.

2.8.- MINERAL (QUÍMICA)

En general, cualquier elemento o compuesto químico que se encuentre en la naturaleza; en mineralogía y geología, compuestos y elementos químicos formados mediante procesos inorgánicos. El petróleo y el carbón, que se forman por la descomposición de la materia orgánica, no son minerales en sentido estricto. Se conocen actualmente más de 3.000 especies de minerales, la mayoría de los cuales se caracterizan por su composición química, su estructura cristalina y sus propiedades físicas. Se pueden clasificar según su composición química, tipo de cristal, dureza y apariencia (color, brillo y opacidad). En general los minerales son sustancias sólidas, siendo los únicos líquidos el mercurio y el agua. Todas las rocas que constituyen la corteza terrestre están formadas por minerales.

2.9.- CONDICION DE FRACTURA

En la condición de las superficies de fractura, se ha agrupado los siguientes parámetros: el relleno y la rugosidad.

2.9.1.- RELLENO DE FRACTURAS

Las discontinuidades pueden ser cerradas, abiertas o contener un relleno. Los rellenos más importantes pueden ser: Clorita (lubricante con el agua), carbonatos (se deshacen en la vida de las obras), arcillas (la Montmorillonita y la Caolinita es particularmente importante), Zeolitas (intercambian agua molecular con el medio fácilmente), Yeso (particularmente peligroso), Grafito (lubricante), Serpentina (similar a la Clorita), etc., además de otros rellenos más inocuos como el Cuarzo, la Epidota, la Anhidrita etc.

para la clasificación de Laubscher y para la de Bieniawski no se necesita definir el tipo de relleno, sino que éste se evalúa solamente en base a sus propiedades físicas. En relación a estas propiedades, la clasificación de Laubscher asigna los siguientes ratings a los diferentes tipos de relleno:

Sin relleno (solamente pátina)	100
Material de cizalle duro y grueso	90 - 99
Material de cizalle duro y fino	80 - 90
Material de cizalle blando y grueso	60 - 79
Material de cizalle blando y fino	50 - 59
Salvanda < que las rugosidades	35 - 49
Salvanda > las rugosidades	12 - 35
Material de flujo	0 - 11

Para la clasificación de Bieniawski se debe emplear la siguiente nomenclatura:

Sin relleno	6
Relleno duro < 5 mm de espesor	4
Relleno duro > 5 mm de espesor	2
Relleno blando < 5 mm de espesor	1
Relleno blando > 5 mm de espesor	0

2.9.2.- RUGOSIDAD DE LAS SUPERFICIES DE FRACTURA

Aunque Laubscher divide los grados de rugosidad a pequeña escala en 3 clases, subdividida a su vez en otras 3 subclases, en este caso para cuantificar la valoración, solamente se requiere 5 tipos de rugosidad, con el siguiente rating:

Muy rugosa	99 - 100
Rugosa	87 - 98
Moderadamente rugosa	81 - 86
Superficie suave.....	60 - 80
Espejo de falla	50 - 59

Para la clasificación de Bieniawski se empleará la siguiente nomenclatura:

Muy rugosa	VR
Rugosa	R
Superficie suave	SR
Superficie lisa	S
Espejo de falla.....	SK

2.9.3.- FRACTURAS ABIERTAS

En un sondaje es muy difícil o prácticamente imposible detectar las fracturas abiertas. A lo más se reconocerán vetillas lavadas, las cuales generalmente son discontinuas y de muy corta corrida.

En algunos casos se pueden inferir las fracturas abiertas debido a los óxidos de hierro que tiñen sus superficies, pero la oxidación solamente ocurre en un ambiente de aguas flucturantes y tampoco permite conocer la amplitud de la abertura.

2.10.- CLASIFICACION DE LAS ROCAS "IN-SITU"

2.10.1.- INDICE DE LA CALIDAD DE LA ROCA - RQD

Para determinar el RQD (Rock Quality Designation) en el campo y /o zona de estudio de una operación minera, existen hoy en día tres procedimientos de calculo.

PRIMER PROCEDIMIENTO:

Se calcula midiendo y sumando el largo de todos los trozos de testigo mayores que 10 cm en el intervalo de testigo de 1.5 m, contando únicamente las discontinuidades naturales del testigo. En el caso que exista duda respecto al origen de la discontinuidad (natural o inducida) se toma el caso más conservador, es decir se considerará que la fractura es inducida (artificial). Las medidas se toman con respecto al eje del testigo, según las figuras 2.1 y 2.2. Especialmente el esquema de la figura 2.2 aclara la partición de las fracturas de algunos casos conflictivos. La sumatoria de estos trozos se expresarán en porcentaje del intervalo de 1.5 m.

$$RQD\% = \frac{\sum \text{trozos} > 10\text{cm}}{150\text{cm}}$$

Nota : Un criterio para diferenciar las fracturas naturales de las artificiales o inducidas es que las fracturas inducidas suelen ser más irregulares, limpias (pero no siempre) y se suele distinguir los granos minerales individualmente de manera más destacada. Además, pueden compararse la características de las fracturas inequívocamente naturales con las conflictivas, observando si conservan una actitud y aspecto similar. En un caso extremo se puede partir un testigo y comparar. En caso de duda considerarla como natural.

La frecuencia de fractura se determina considerando solamente las fracturas naturales, que existen sobre el soporte de estudio (1.5m), y se reúnen en tres grupos, donde se suman todas aquellas cuyo manteo mide entre 0° y 30°, otro grupo para las que miden entre 31° y 60°, y finalmente entre 60° y 90°; y además se aprovechan para definir la frecuencia de fractura, entonces se suman los tres grupos y se dividen por el intervalo de 1.5 m.



Figura 2.1. Medición del RQD

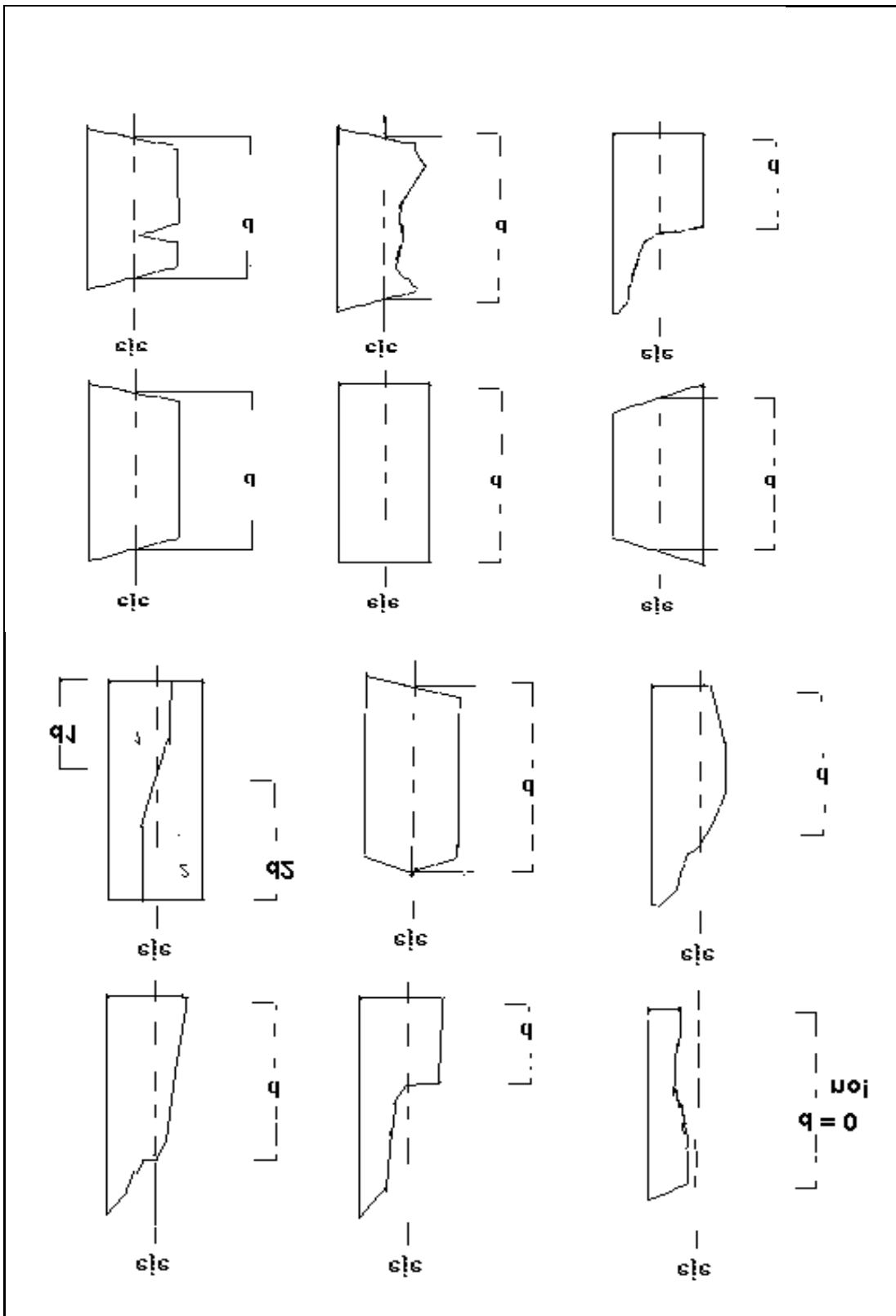


Figura 2.2. Formas correctas de medir R.Q.D

SEGUNDO PROCEDIMIENTO

Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras, por metro lineal, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural (Detail line) en el área y/o zona predeterminada de la operación minera.

La fórmula matemática:

$$\text{RQD} = 100 \cdot \frac{I - 0.1}{(0.1 + 1)}$$

Siendo:

$$I = \frac{N^{\circ} \text{ de Fisuras}}{\text{SPAN}}$$

TERCER PROCEDIMIENTO

Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras, por metro cúbico, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural (Detail line) en el área y/o zona predeterminada de la operación minera.

La fórmula matemática:

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

Siendo:

J_v = Número de fisuras por metro cúbico.

Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD y la Calidad de la roca desde el punto de vista en la Ingeniería:

RQD	Calidad de la roca
< 25%	Muy mala
25 - 50 %	Mala
50 - 75 %	Regular
75 - 90 %	Buena
90 - 100 %	Muy buena