

Máster Universitario
en Túneles
y Obras Subterráneas



ÁREA: A
MÓDULO: MECÁNICA DE ROCAS

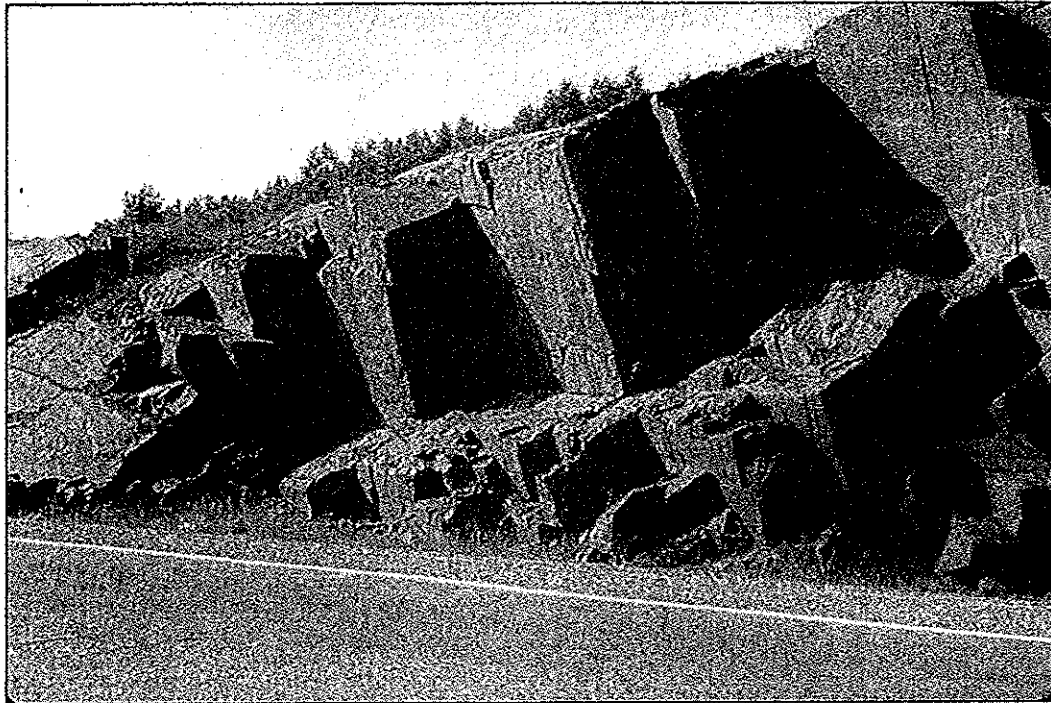
PARÁMETROS INGENIERILES DE LA MASA ROCOSA

Ponente: Manuel Romana.
Catedrático de 1a UPV
Día: 30/01/07
Hora: 19:15 A 20:15

II Master en Túneles y Obras Subterráneas.

Área A. Mecánica de Rocas

Parámetros ingenieriles en Mecánica de Rocas



Manuel Romana
Ruiz

Febrero de 2006

Inicios de la Mecánica de Rocas

- Los primeros conceptos son austriacos ("Axiomas de Salzburgo" de Muller)
- La palabra fue inventada por Talobre (Francia), encargado de la cimentación de las presas de Electricité de France
- Fundación de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) en 1960
- Oposición de Terzaghi a la ISRM (1961)
- Desastres en presas: Vaiont, Frejus
- 1^{er} Congreso Internacional: Lisboa, 1964
- 1^{er} Presidente de la ISRM: Manuel Rocha

Definiciones

- La Mecánica de Rocas trata de cuantificar una realidad geológica
- La **masa rocosa (o macizo rocoso)** se caracteriza como un sólido no homogéneo compuesto por:
 - La **matriz rocosa**, que es el material del que está compuesto la roca (Petrología)
 - El **conjunto de discontinuidades** que compartimentan la masa rocosa (Geodinámica)
- Se utilizan parámetros numéricos para definir todas las propiedades
- El comportamiento de la masa rocosa depende más de las juntas que de la matriz

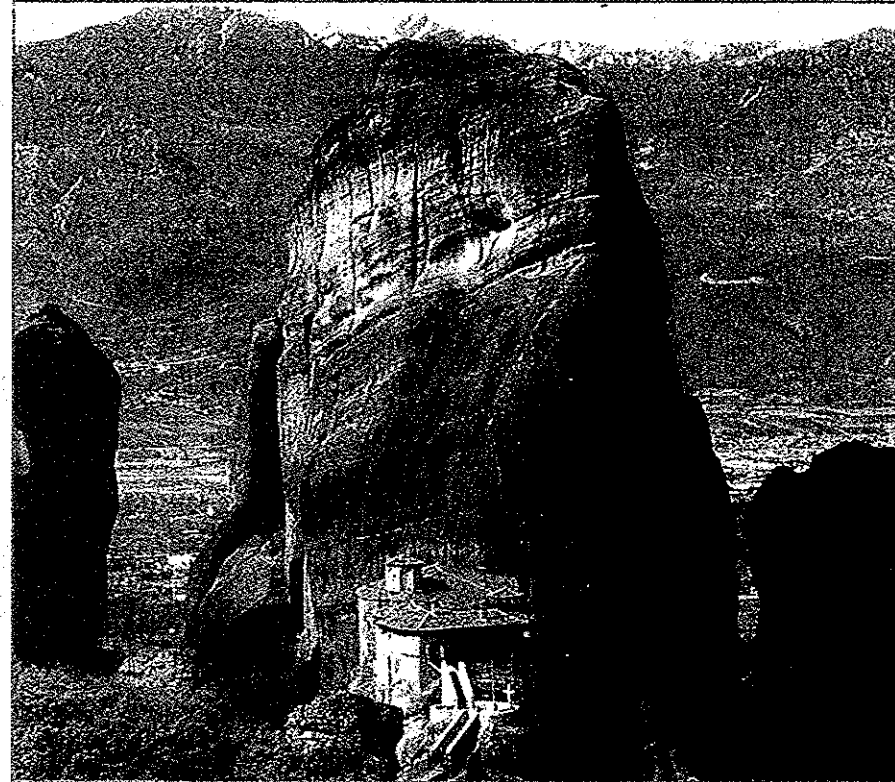
La Masa rocosa. Matriz y Juntas

Matriz

- (Petrología)
- Ensayo en laboratorio
- Estimación en campo

Juntas

- (Tectónica)
- (Sedimentología)
- Algún ensayo en laboratorio
- Medición y definición en campo



Meteora, Grecia



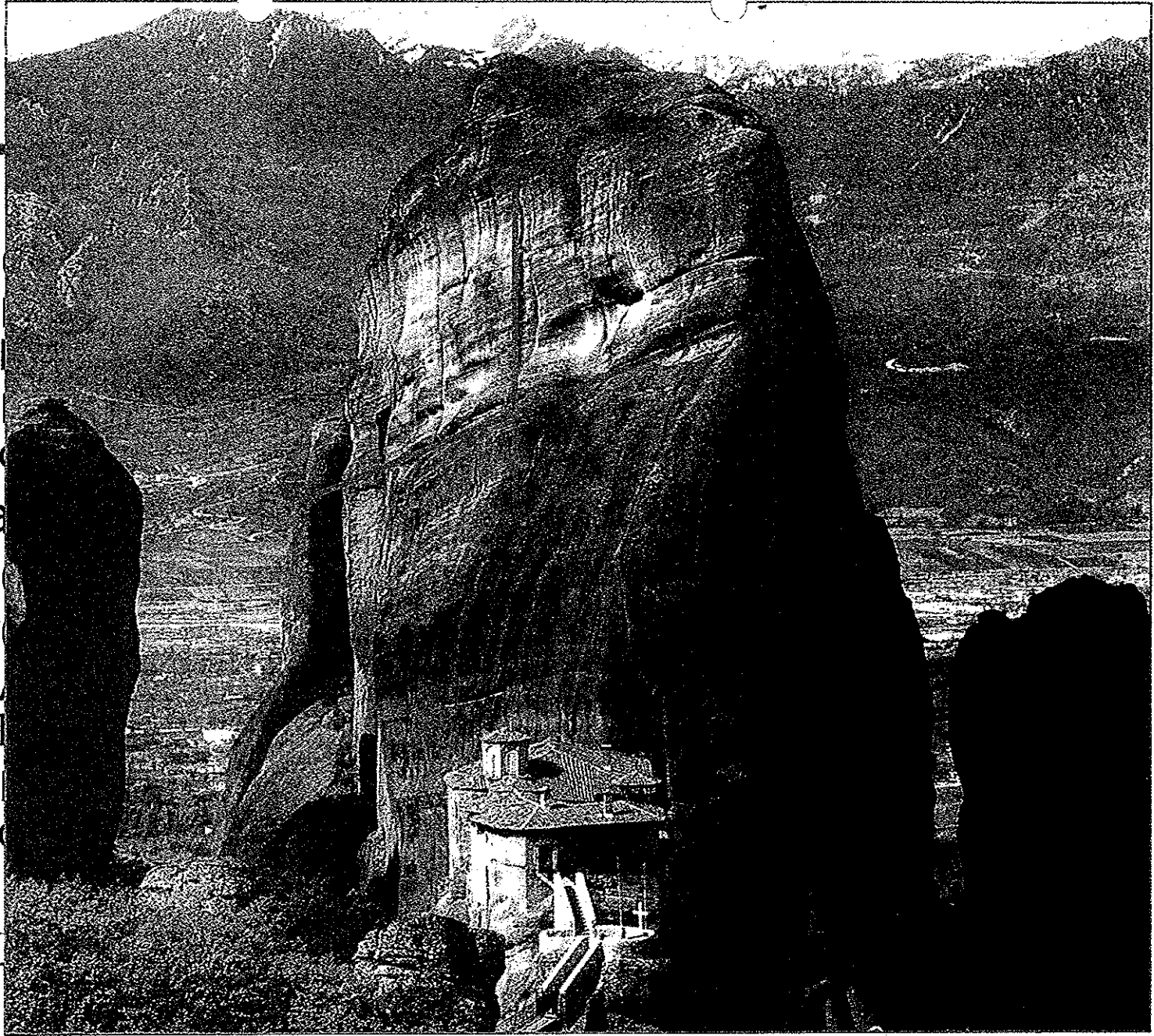
Matri



Junta

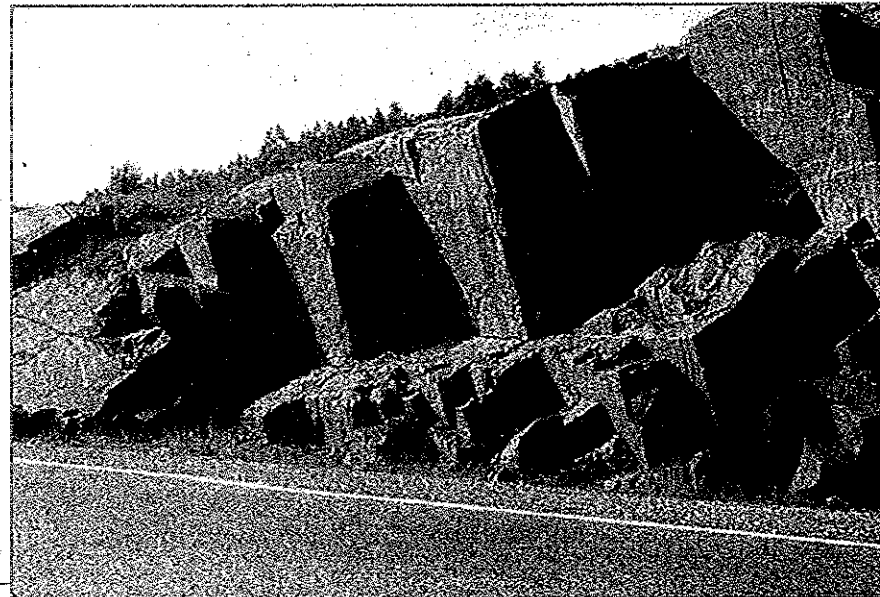


Manuel Ron

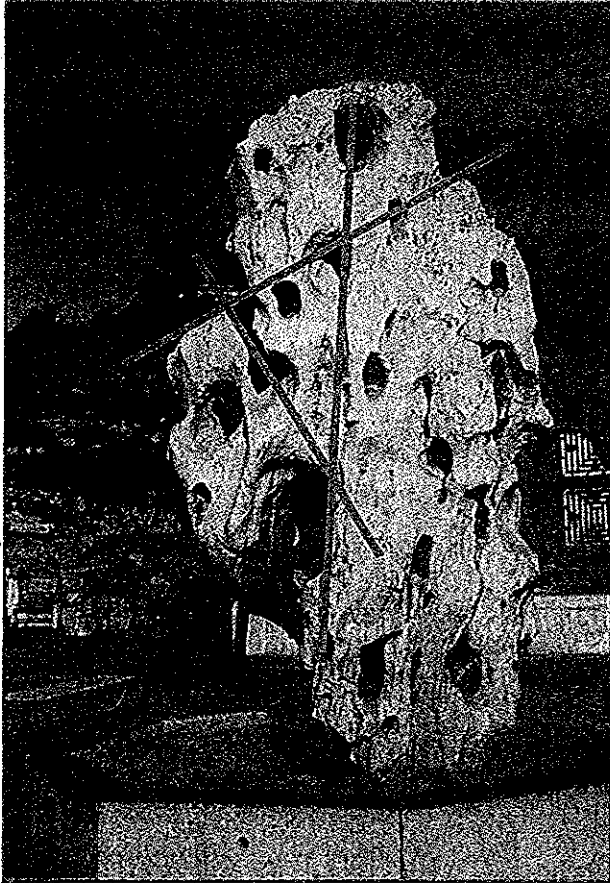


Las Juntas

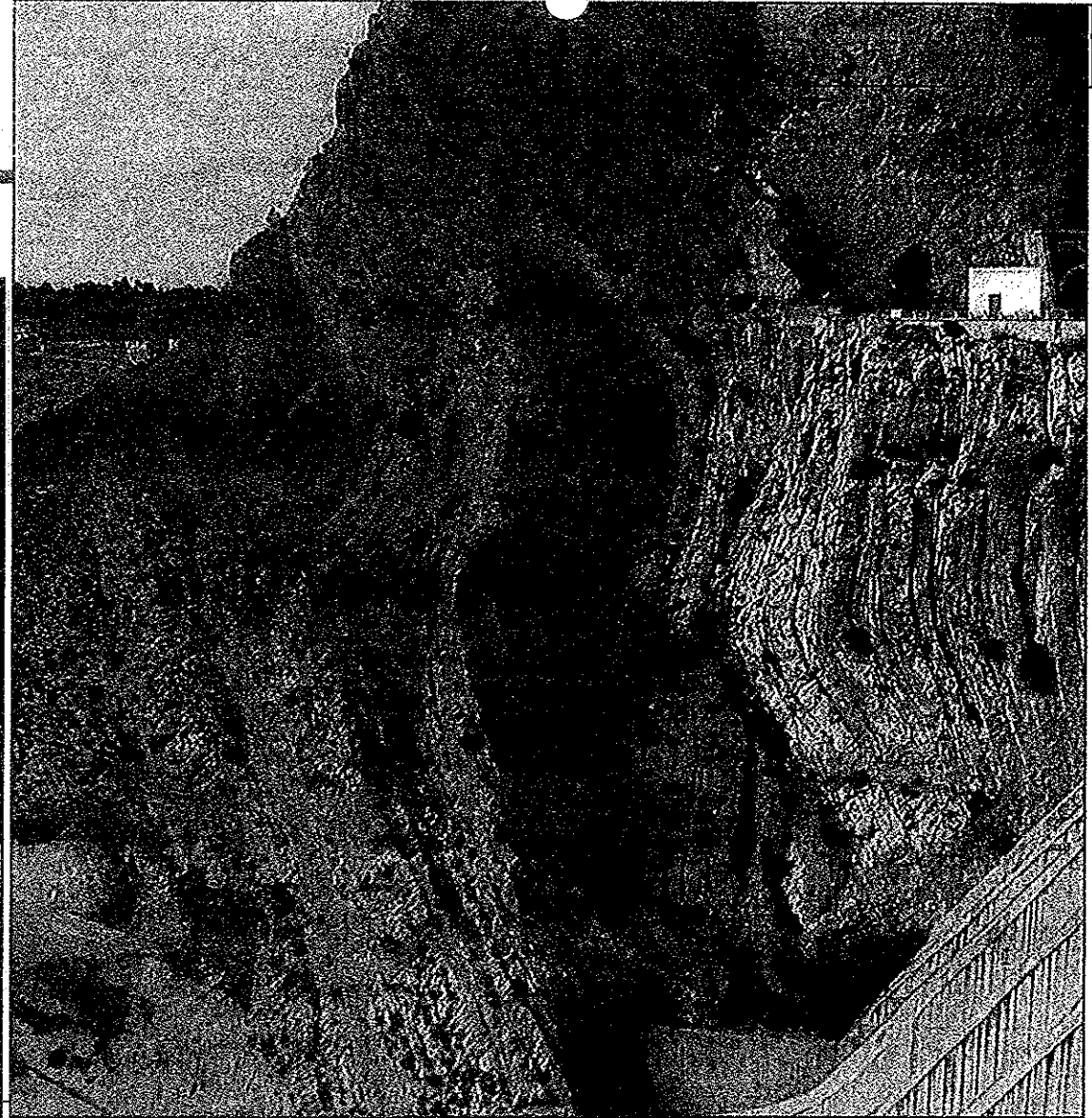
- Las juntas se agrupan en familias
- Su disposición depende de
 - La génesis de la roca
 - La historia geológica del terreno (normalmente su tectónica)
 - La decompresión
 - La meteorización



Ejemplo Calizas



Manuel Romana Ruiz



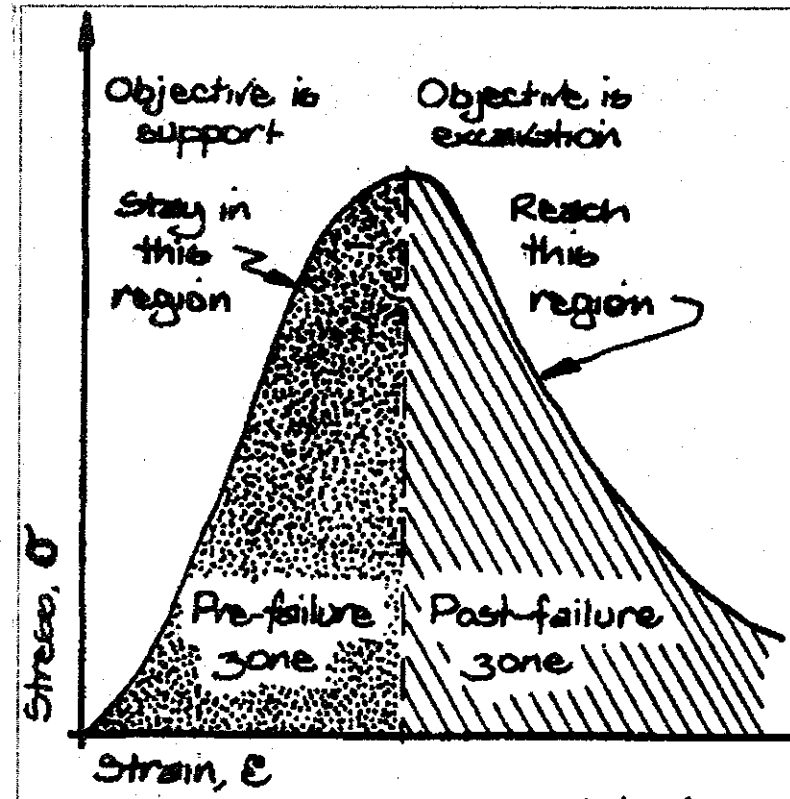
Parámetros ingenieriles en
mecánica de rocas

La matriz rocosa

- Clasificación geológica simplificada
 - Sedimentarias
 - Ígneas
 - Intrusivas
 - Extrusivas
 - Metamórficas
- Parámetros ingenieriles para la matriz
 - Resistencia a compresión simple
 - Grado de meteorización
 - Abrasividad (dureza)

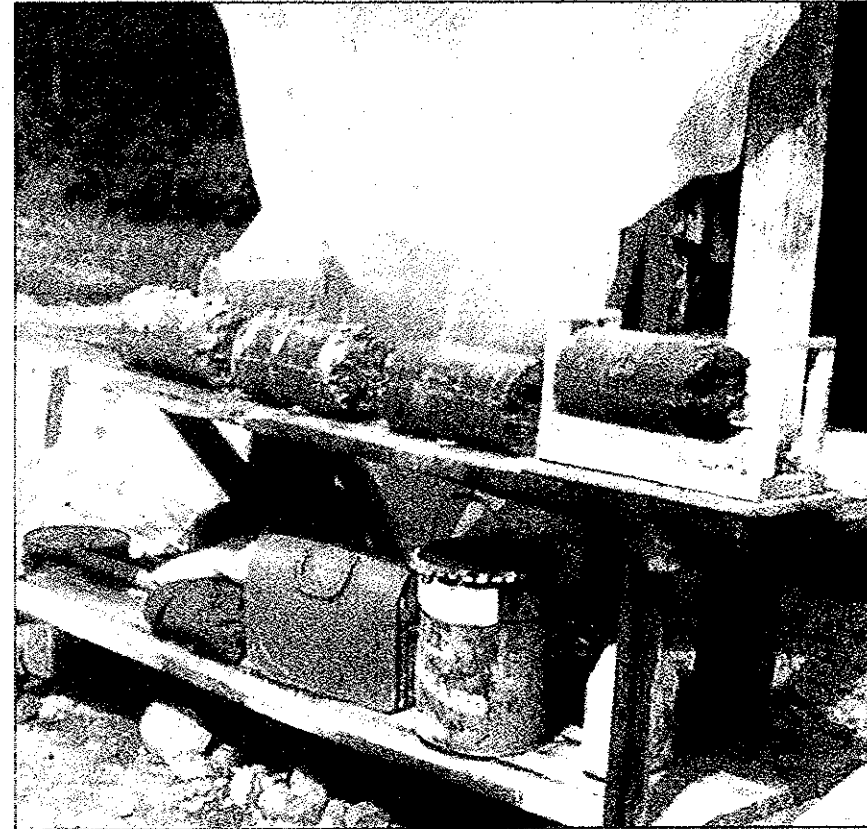
Resistencia a compresión simple

- Se mide en:
 - Laboratorio
 - Campo
- Se estima en:
 - Campo
- Comportamiento complejo
- Rotura frágil



Resistencia a compresión simple en laboratorio

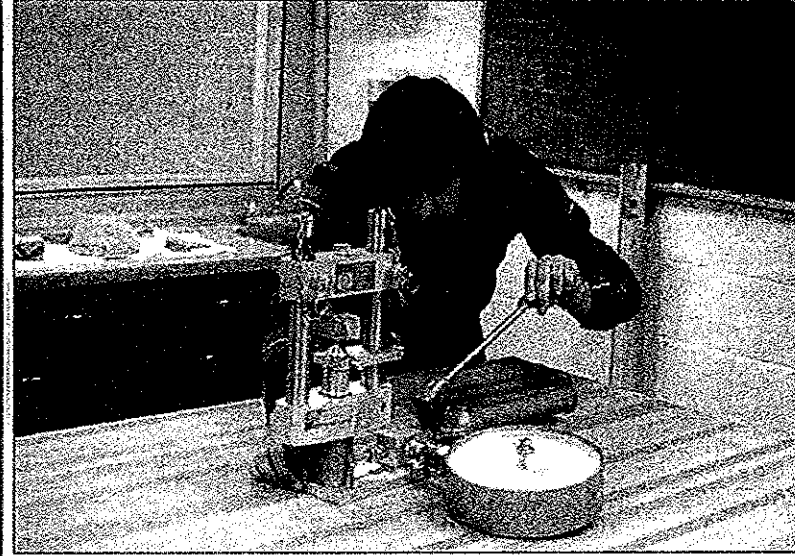
- En testigos de sondeo
- Parafinados en campo
- Ensayos específicos
 - Compresión simple
(Caras talladas en laboratorio)
 - Compresión puntual ("point load", "Franklin")



Resistencia a compresión simple en campo



Esclerómetro



"Point load"

Categorías de resistencia a compresión simple (ISRM) 1/2

σ_c (MPa)	Denominación	Tipos de roca
>200	Muy alta	Cuarcita, basalto duro, diabasa
120-200	Alta	Granito duro, diorita, mármol, basalto
60-120	Media	Granito, gneis, caliza, esquisto, arenisca compacta
20-60	Baja	Ígneas meteorizadas, calizas y areniscas blandas, tobas
6-20	Muy baja	Marga, lutita, halita, yeso
2-6	Transición a suelo	Argilitas, yesos, suelos duros

Categorías de resistencia a compresión simple (ISRM) 2/2

σ_c (MPa)	Denominación	Métodos de excavación
>200	Muy alta	Lanza térmica, Voladuras
120-200	Alta	Voladuras, (¿TBM?)
60-120	Media	Voladuras, TBM
20-60	Baja	Voladuras, rozadoras, TBM
6-20	Muy baja	(Voladuras), rozadoras, ripado, (traíllas)
2-6	Transición a suelo	Métodos de excavación de suelos

Categorías de resistencia a compresión simple habituales

σ_c (MPa)	Denominación	Martillo de geólogo	Navaja	Uña
>250	Extremada. alta	No rompe	No rompe	No raya
100-250	Muy alta	Muchos golpes		
50-100	Alta	Varios golpes		
25-50	Media	Un golpe		
5-25	Débil	Indenta con punta	Rompe	Raya
1-5	Muy débil	Machaca con punta		

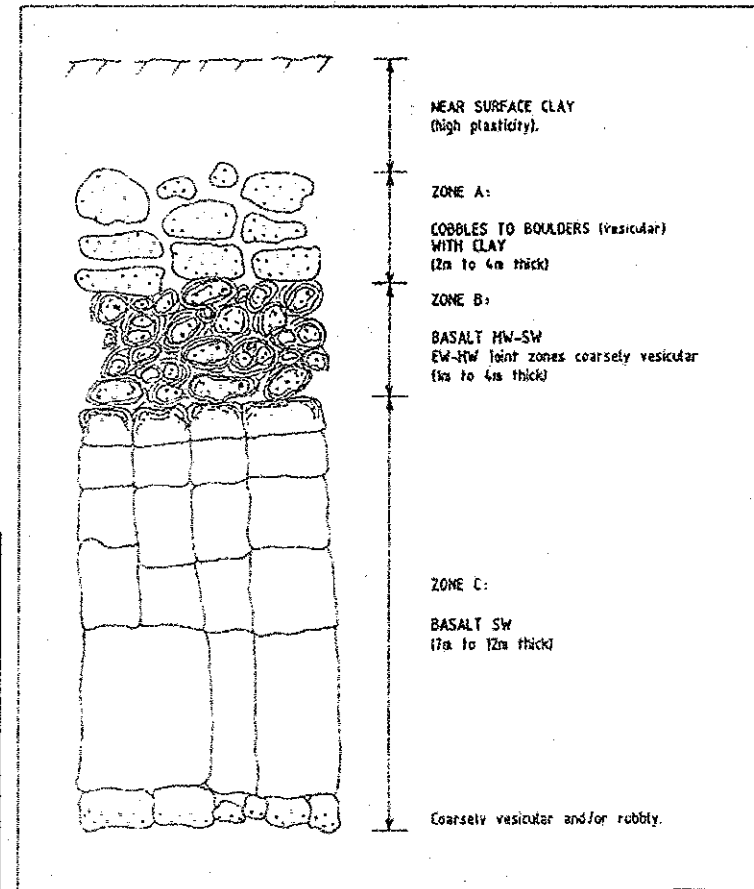
Abrasividad

- Es un dato importante en las tareas de:
 - Excavación mecánica
 - Transporte continuo
- Se utiliza la escala de Mohs
- Dureza de algunos elementos
 - Uña 2, ¿3?
 - Moneda 3-4
 - Navaja 6
 - Aceros duros 6-6,5
- Se cuantifica con porcentaje de cuarzo

Meteorización

- Proceso
 - Físico
 - Químico
 - Con agua
 - Con calor
- Grados de meteorización

I (Ia)	F	0 (color)
II	SW	>10%
III	MW	10-50%
IV	HW	50-90%
V	FW	>90%



Escala de meteorización recomendada por la ISRM

Símbolo	Término	Descripción	Grado	% met.
F	Sano, fresco	Sin meteorización o ligera decoloración en pared	I, Ia	-
SW	Ligeram meteo	Decoloración. Alteración en paredes de junta	II	<10
MW	Modera. meteo.	Gran alteración de menos de la mitad de la masa	III	10-50
HW	Muy meteo.	Gran alteración de más de la mitad de la masa. Bloques	IV	50-90
CW	Totalm. meteo.	Alteración de toda la masa. Mantiene la estructura	V	>90
RW (añadido)	Suelo residual	Toda la roca convertida en suelo. Estructura destruida	VI	100

Granito muy meteorizado lavado



Manuel Romana Ruiz

Parámetros ingenieriles en
mecánica de rocas

18

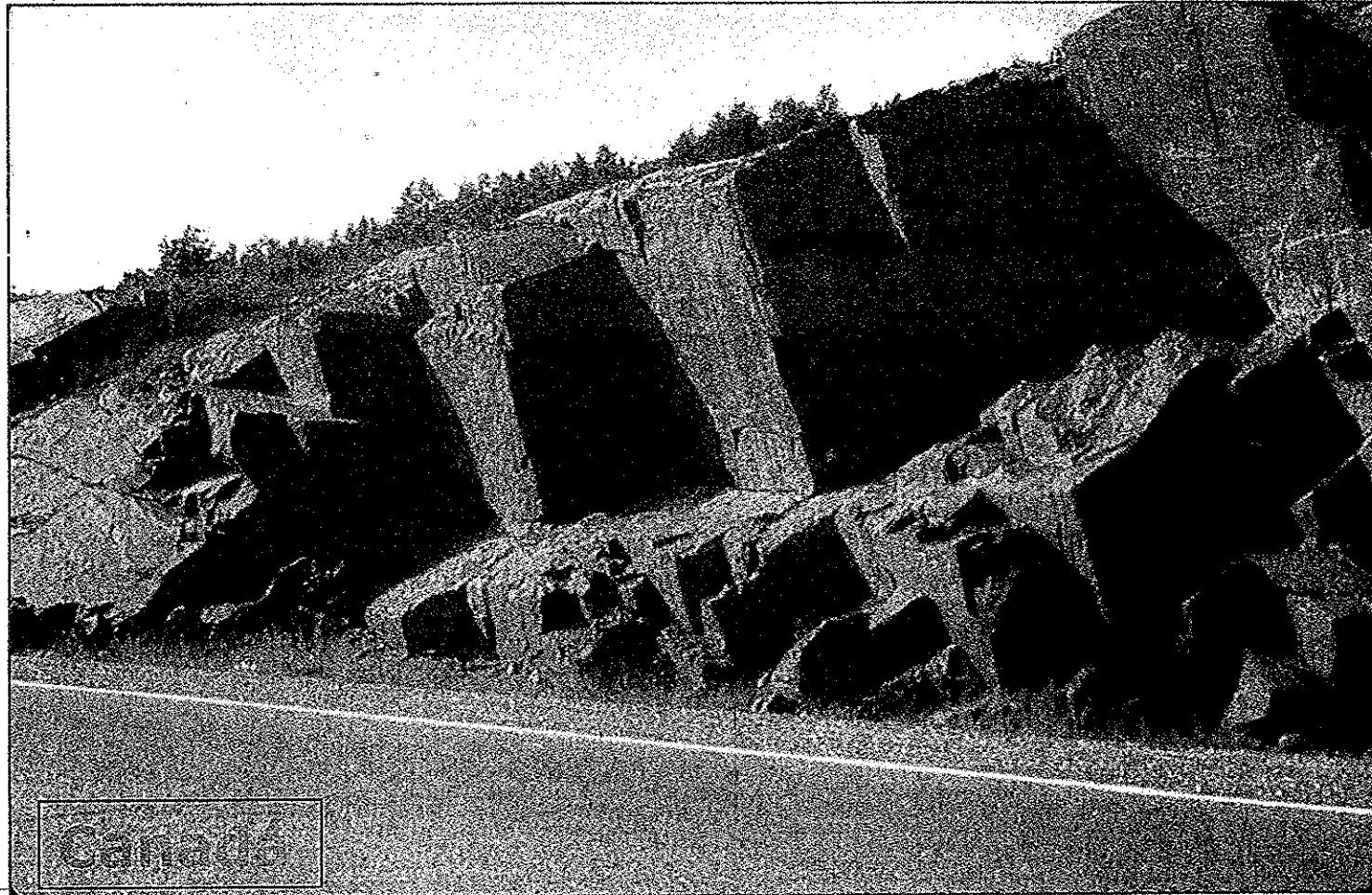
Meteorización en peridotitas



Fracturación/Juntas

- Las discontinuidades tienen origen vario
 - Planos de sedimentación
 - Juntas de flujo
 - Roturas de enfriamiento
 - Esquistosidad
 - Juntas tectónicas
 - Planos de decompresión
- Parámetros ingenieriles para las juntas
 - RQD
 - Frecuencia de juntas
 - Índice volumétrico de juntas
 - Continuidad y rugosidad/rellenos

Ejemplo 1, Arenisca



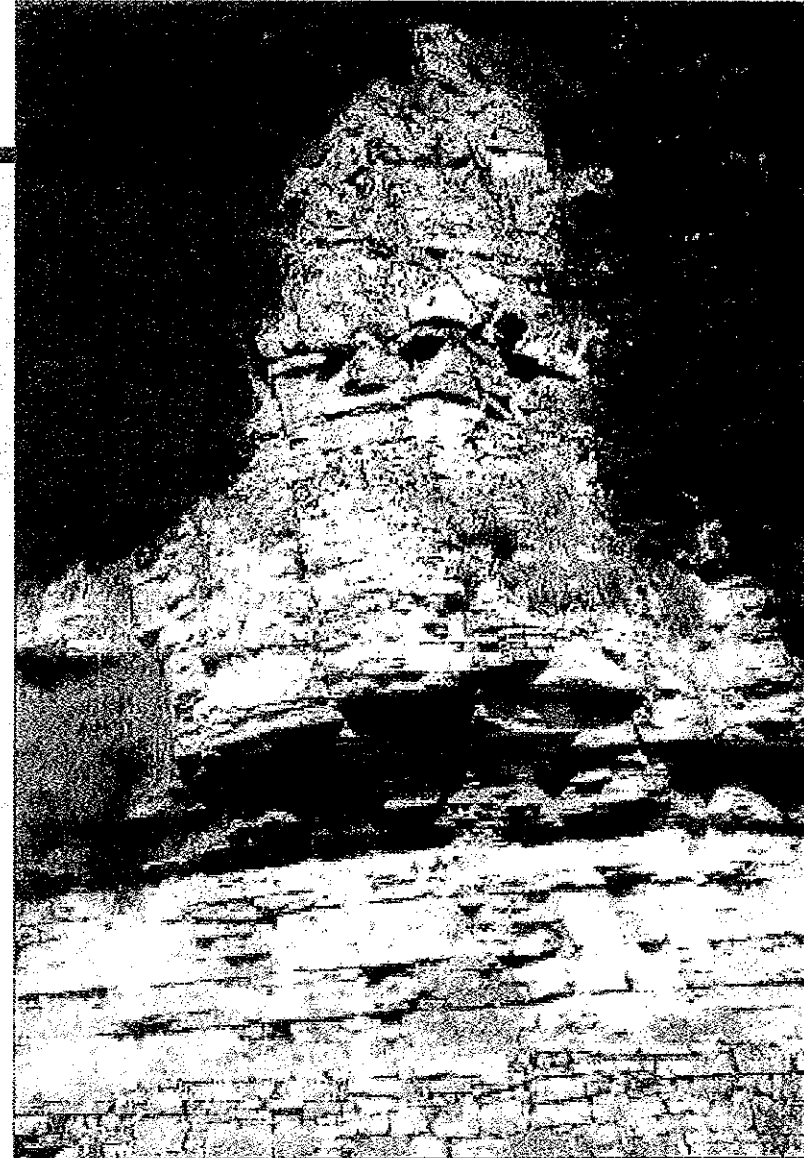
Manuel Romana Ruiz

Parámetros ingenieriles en
mecánica de rocas

21

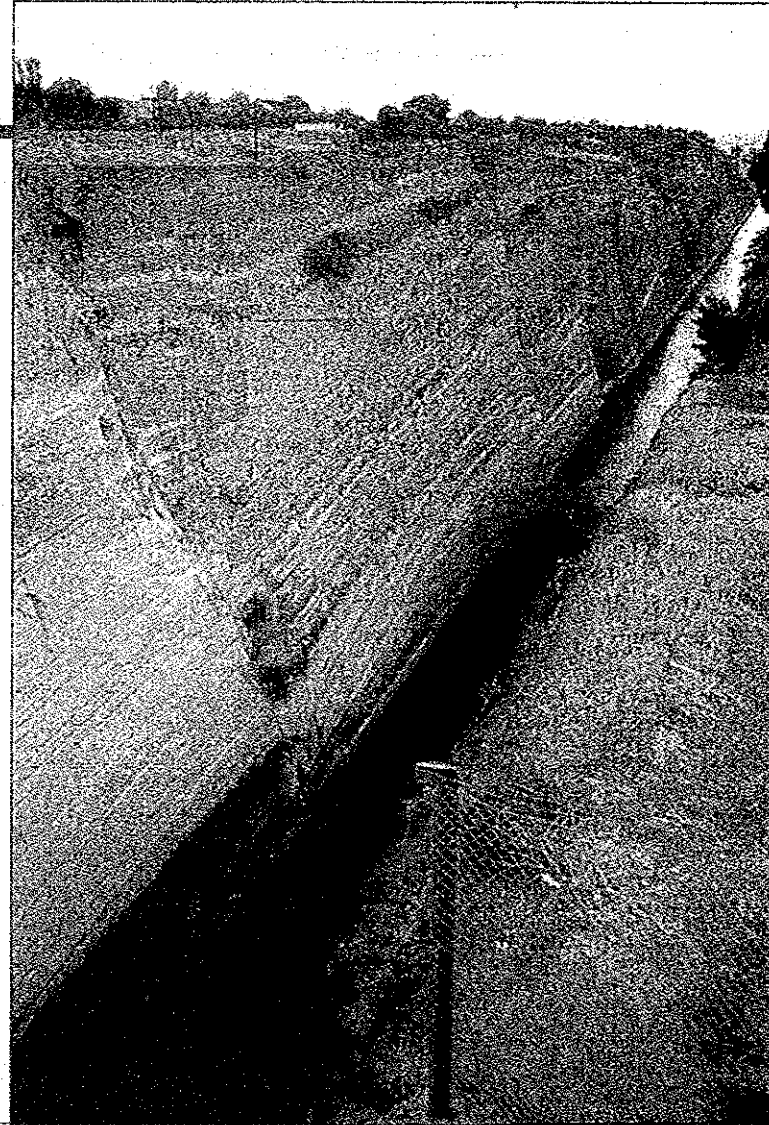
Juntas

Calizas
en el
Epiro,
Grecia



Fallas

Canal de
Corinto en
Grecia

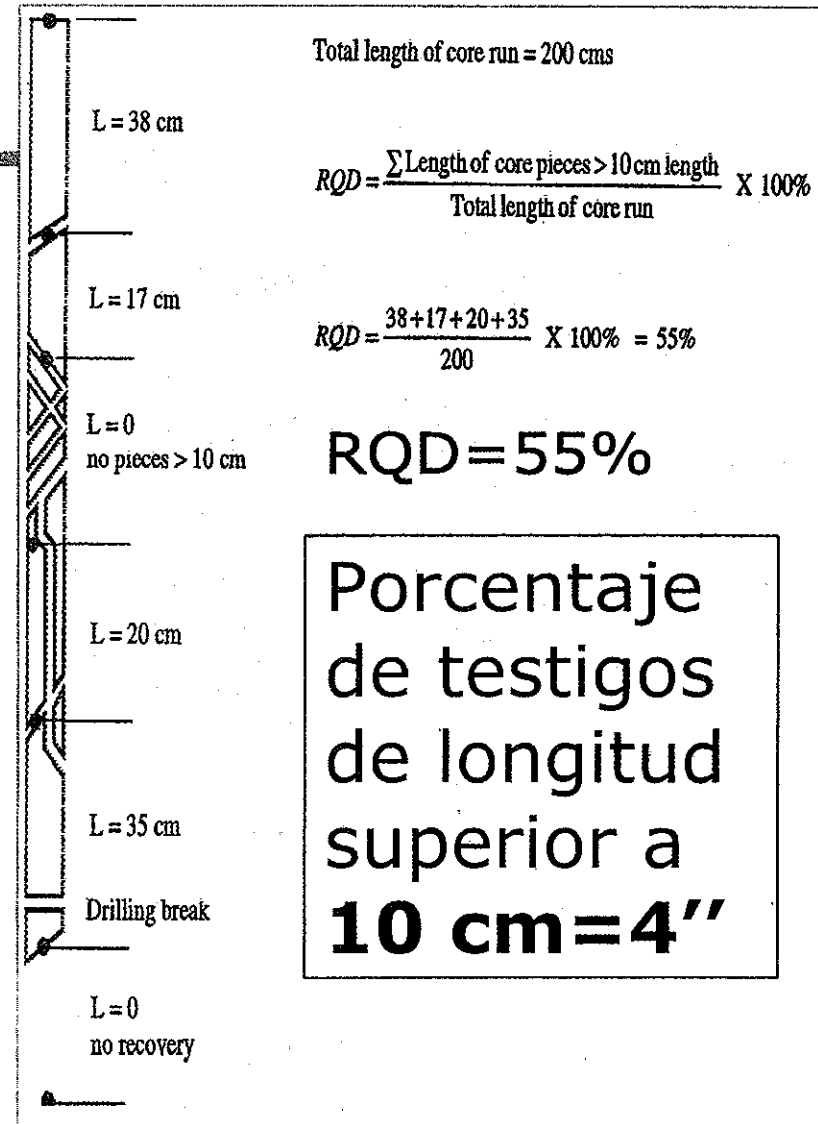


Fracturación/Juntas

- Las discontinuidades tienen origen vario
 - Planos de sedimentación
 - Juntas de flujo
 - Roturas de enfriamiento
 - Esquistosidad
 - Juntas tectónicas
 - Planos de decompresión
- Parámetros ingenieriles para las juntas
 - RQD
 - Frecuencia de juntas
 - Índice volumétrico de juntas
 - Continuidad y rugosidad/rellenos

RQD, ("rock quality designation")

- Inventado por Deere y Reyes para rocas ígneas
- Utilizado en todo tipo de rocas
- Difícil de definir en rocas metamórficas
- Debe hacerse
 - Con criterio
 - En el campo
 - Rápidamente



RQD

Recuperación en sondeos

- Mide la calidad del macizo rocoso
- Definido para (Deere):
 - **A rotación con batería doble**
 - **Calibre NX**
 - Perforación 3"
 - Testigo 54 mm
 - **Eliminando roturas mecánicas**
- Varía cuando varía la orientación del sondeo

- Mide la calidad del sondeo
- Debe exigirse >90%
- Los pliegos piden valores >95%
- Se mejora con mejores sondas
 - **Diamante**
- Valores muy bajos
 - **A percusión**
 - **A rotación con batería simple**

Escala del RQD

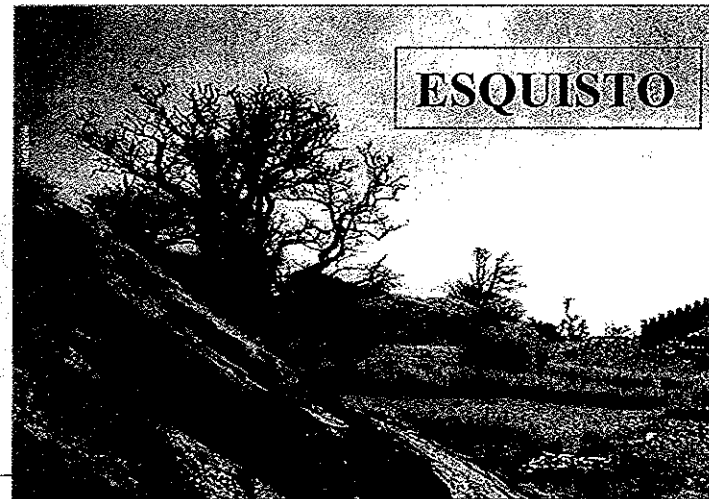
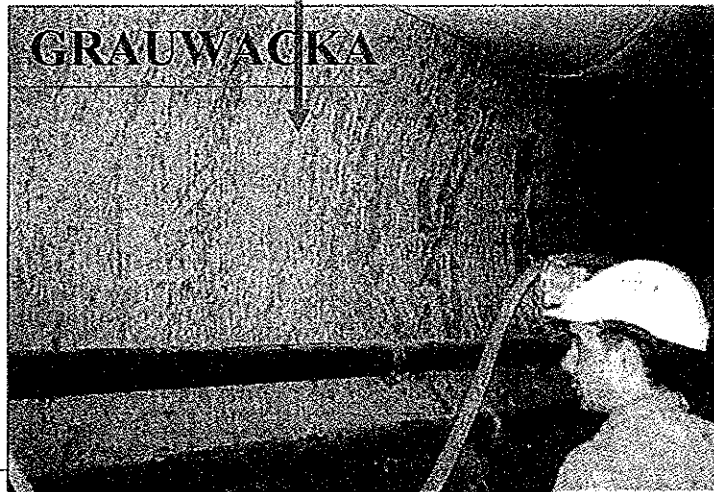
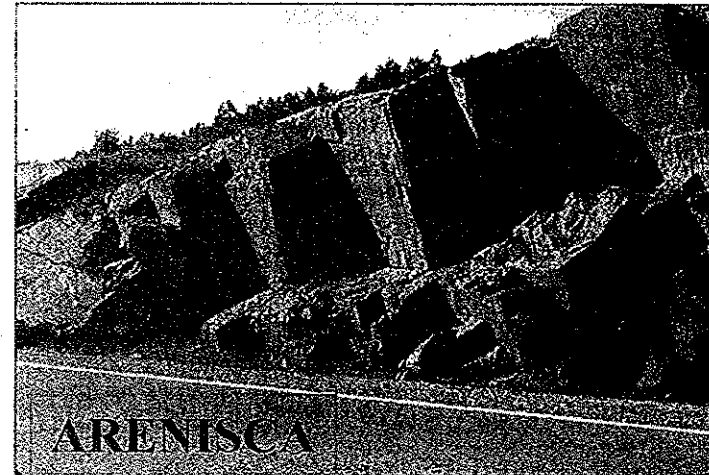
Valor del RQD (%)	Denominación
90-100	Excelente
75-90	Bueno
50-75	Medio
25-50	Malo
<25	Muy malo
10	Valor mínimo considerado

Estación geomecánica



Estaciones geomecánicas

- Necesarias en todo proyecto geotécnico
- Precisan formalización
- Muy diversas
 - **Talud de carretera**
 - **Afloramiento natural**
 - **Túnel**

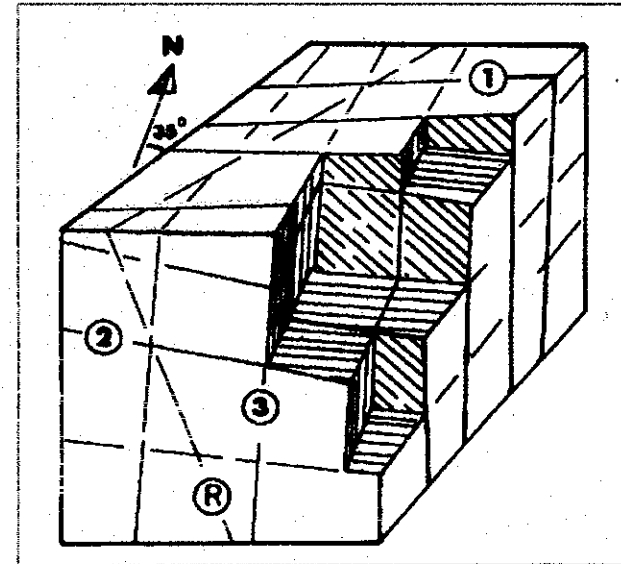


Manuel Romana Ruiz

Parámetros ingenieriles en mecánica de rocas

Espaciamiento de juntas

Espaciamiento (m)	Descripción
>6	Extrema. grande
2-6	Muy grande
0,6-2	Grande
0,2-0,6	Medio
0,06-0,2	Pequeño
0,02-0,06	Muy pequeño
<0,02	Extrema. pequeño

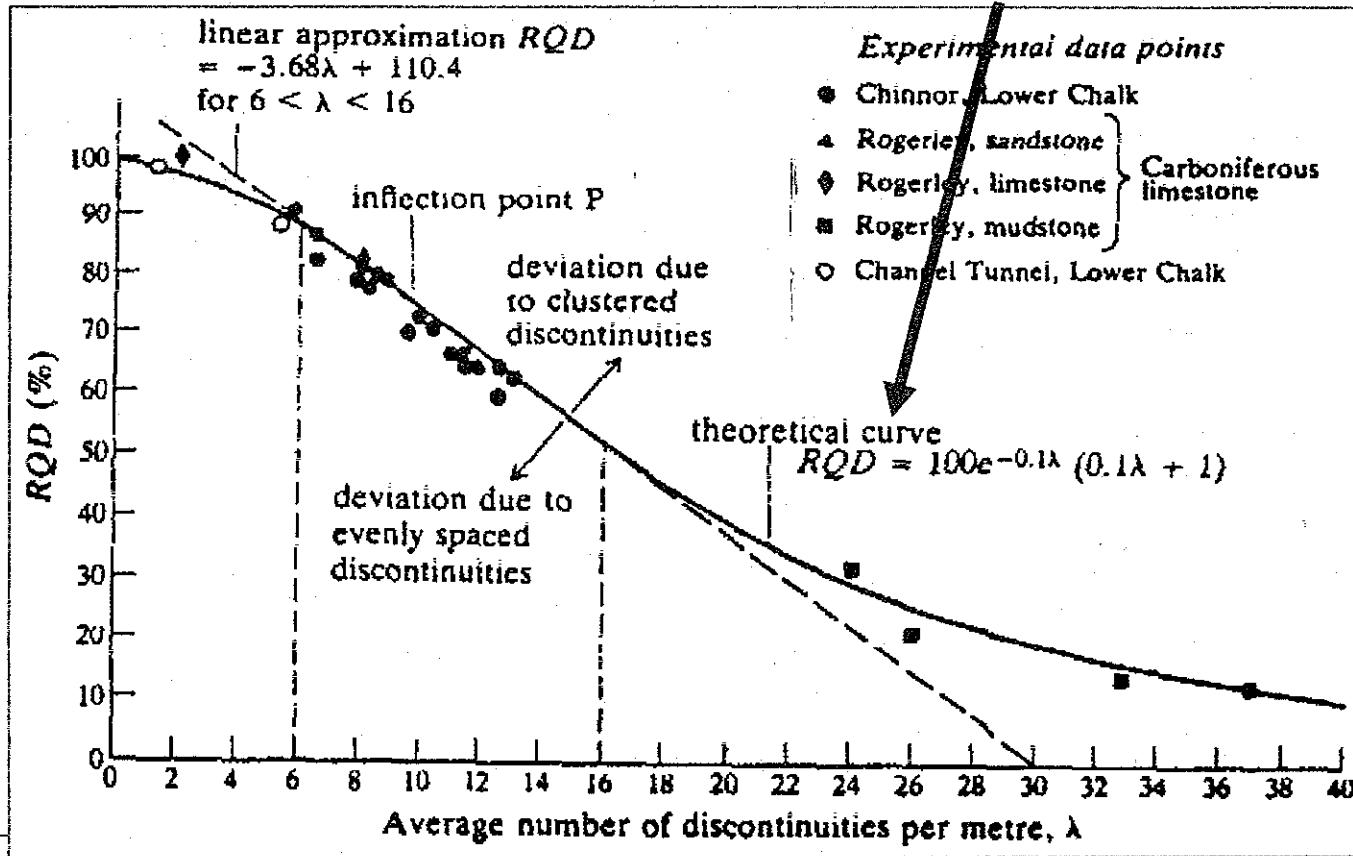


Difícil de medir
Varía con familia

Relación entre el RQD y el espaciamiento entre juntas

$$RQD = 100e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1)$$

Priest y Hudson



Más válido para RQD 40-85

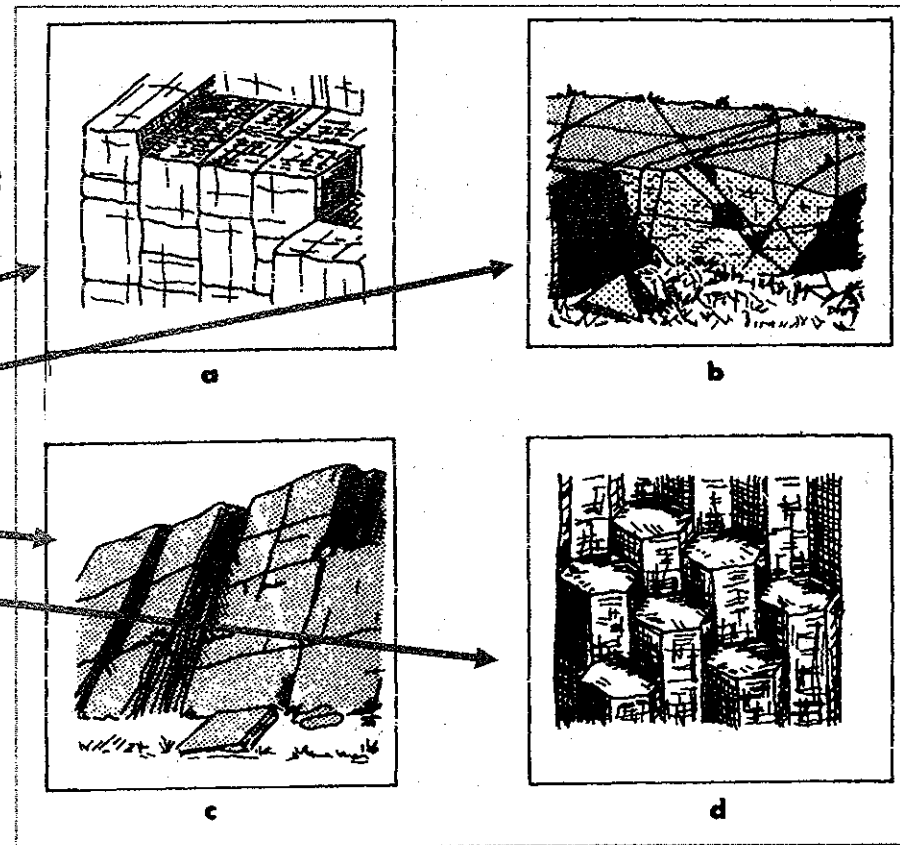
Índice volumétrico de juntas 1/2

- Inventado por Palmstrom $J_v = \sum_i (1 / S_i(m))$
- Número de diaclasas por metro cúbico
- S_i espaciamiento medio de juntas en la familia i

J_v (j/m ³)	Bloques	Uso típico
<1	Muy grandes	Diques portuarios
1-3	Grandes	Diques. Ornamental
3-10	Medianos	Escollera gruesa
10-30	Pequeños	Escollera fina
30-60	Muy pequeños	Pedraplén
>60	Roca machacada	Terraplén

Índice volumétrico de juntas 2/2

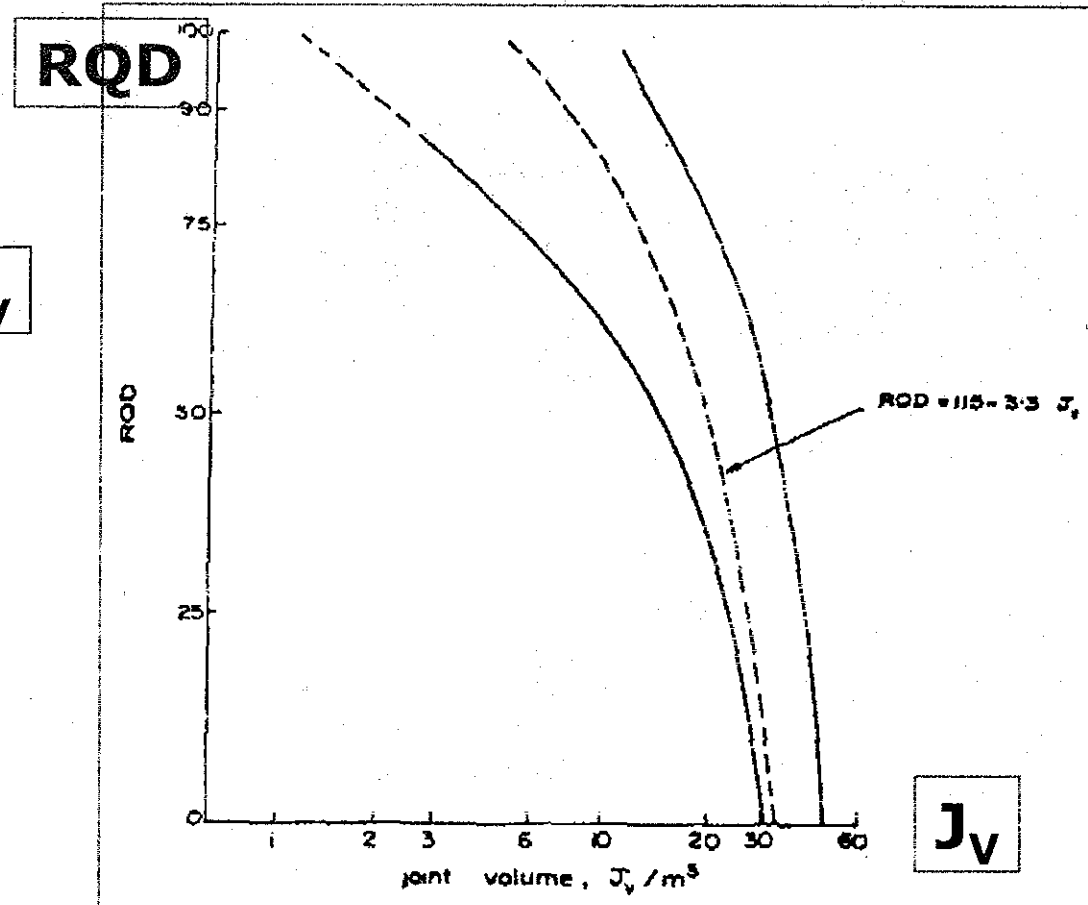
- Muy útil en canteras
- Varía mucho con la forma y distribución de las juntas
- Tipo de bloque
 - a cúbico
 - b irregular
 - c planar
 - d exagonal
- Define el tamaño de bloque
- Se correlaciona con el RQD



Relación entre el RQD y el índice volumétrico de juntas

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

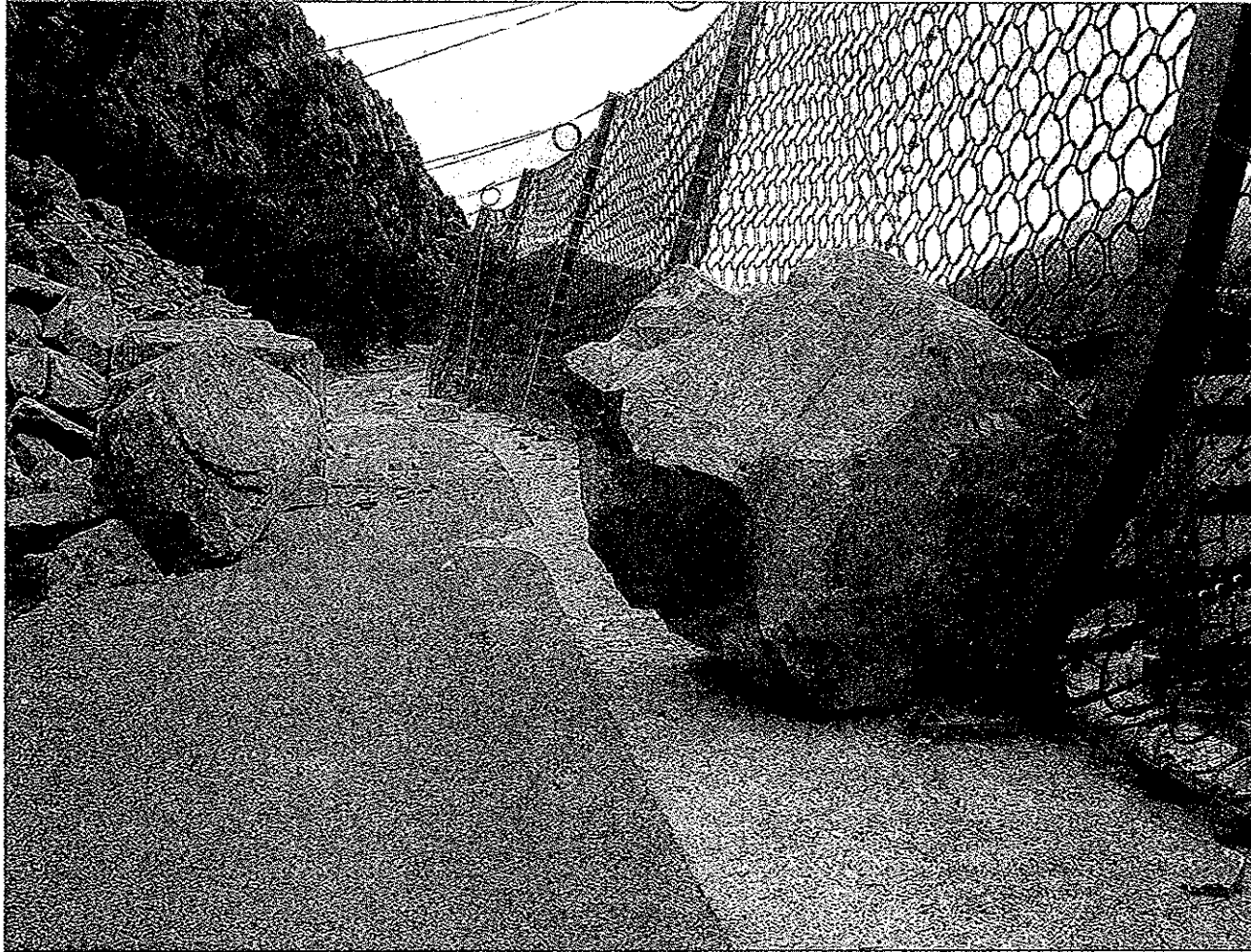
Muy útil en campo cuando no hay sondeos



Bloques de escollera en cantera



Bloques caídos en carretera



Características de las juntas

Continuidad

- Clases
 - **Persistente**
 - **Subpersistente**
 - **No persistente**
- Se mide a escala de afloramiento
- A escala de la obra determina
 - **Posibilidad de corte**
 - **Permeabilidad**

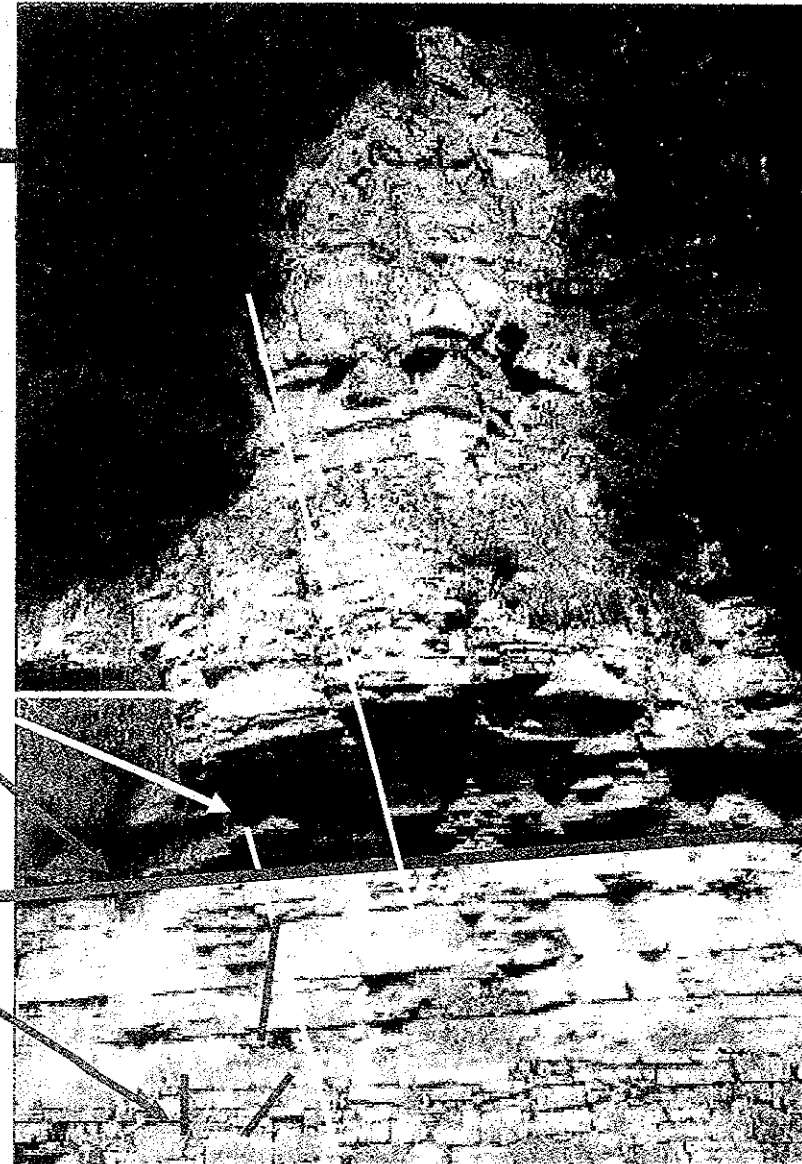
Rugosidad

- Clases
 - **Muy rugosa**
 - **Rugosa**
 - **Ondulada**
 - **Lisa**
 - **Serrada**
- Rellenos
- Tipos
 - **Soldadura**
 - **Duros**
 - **Blandos no plásticos**
 - **Blandos plásticos**
 - **Micáceos**

Continuidad de Juntas

Calizas en el Epiro, Grecia

- Persistentes
- Subpersistentes
- No persistentes



Características de las juntas

Continuidad

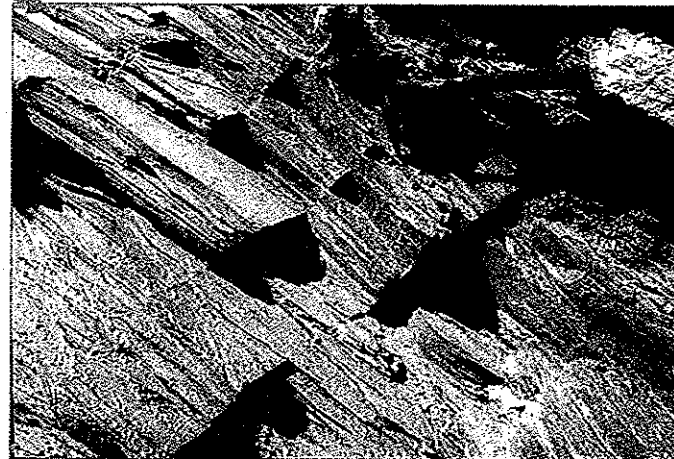
- Clases
 - Persistente
 - Subpersistente
 - No persistente
- Se mide a escala de afloramiento
- A escala de la obra determina
 - Posibilidad de corte
 - Permeabilidad

Rugosidad

- Clases
 - Muy rugosa
 - Rugosa
 - Ondulada
 - Lisa
 - Serrada
- Rellenos
- Tipos
 - Soldadura
 - Duros
 - Blandos no plásticos
 - Blandos plásticos
 - Micáceos

Rugosidad de juntas

- Onduladas
- Lisas
- Rugosas



Características de las juntas

Continuidad

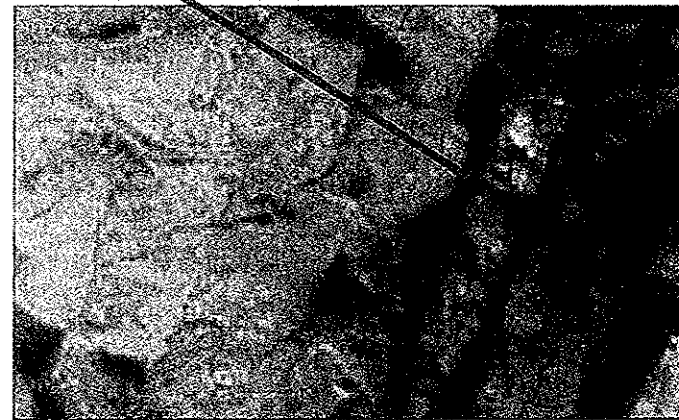
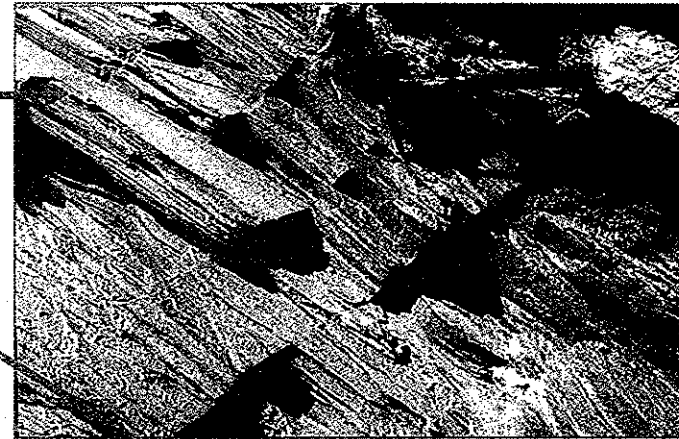
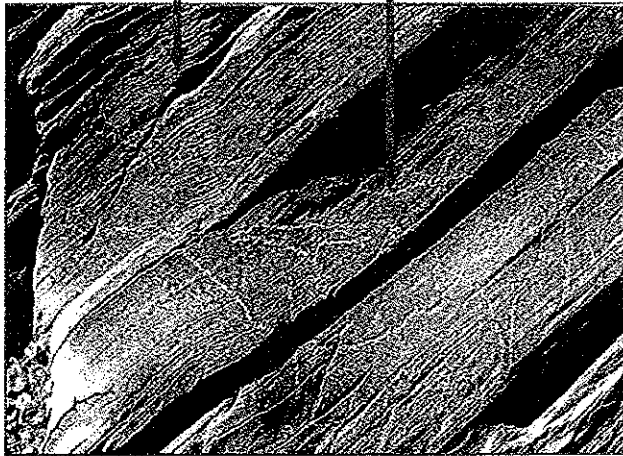
- Clases
 - Persistente
 - Subpersistente
 - No persistente
- Se mide a escala de afloramiento
- A escala de la obra determina
 - Posibilidad de corte
 - Permeabilidad

Rugosidad

- Clases
 - Muy rugosa
 - Rugosa
 - Ondulada
 - Lisa
 - Serrada
- Rellenos
- Tipos
 - Soldadura
 - Duros
 - Blandos no plásticos
 - Blandos plásticos
 - Micáceos

Rellenos en juntas

- Cerradas, sin relleno
- Relleno blando
- Abiertas, sin relleno
- Soldadas



II Master en Túneles y Obras Subterráneas.

Área A. Mecánica de Rocas

Parámetros ingenieriles en Mecánica de Rocas

GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN

Manuel Romana
Ruiz

Febrero de 2006