

PROPIEDADES EXTRINSECAS DE LAS ROCAS

MARZO/2010

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

ENSAYOS DE RESISTENCIA EN LABORATORIO:

- Determinación de módulo de elasticidad – ASTM D 3148
- Ensayo de compresión triaxial – AASHTO T 266 (ASTM D 2664)
- Ensayo de compresión no confinada – ASTM D 2938
- Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral – ASTM D 3967

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

Ensayo	Parámetro	Características
Ensayo de compresión simple	Resistencia a compresión simple	Esencial la cuidadosa preparación de la muestra. Bastante caro
Ensayo de carga puntual	Generalmente: Resistencia a compresión simple	Rápido. No necesita preparación de la muestra.
Ensayo de compresión triaxial	Resistencia a compresión triaxial	Esencial la cuidadosa preparación de la muestra. El montaje en la célula es crítico. Solo razonable para proyectos especiales (muy caro).
Ensayo brasileño	Resistencia a tracción	Ensayo sencillo.
Ensayo de tracción directa	Resistencia a tracción	Proceso del montaje de la muestra es laborioso. Poco interés práctico.



MUESTRAS PARA ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL, CON EFECTO DE ESCALA

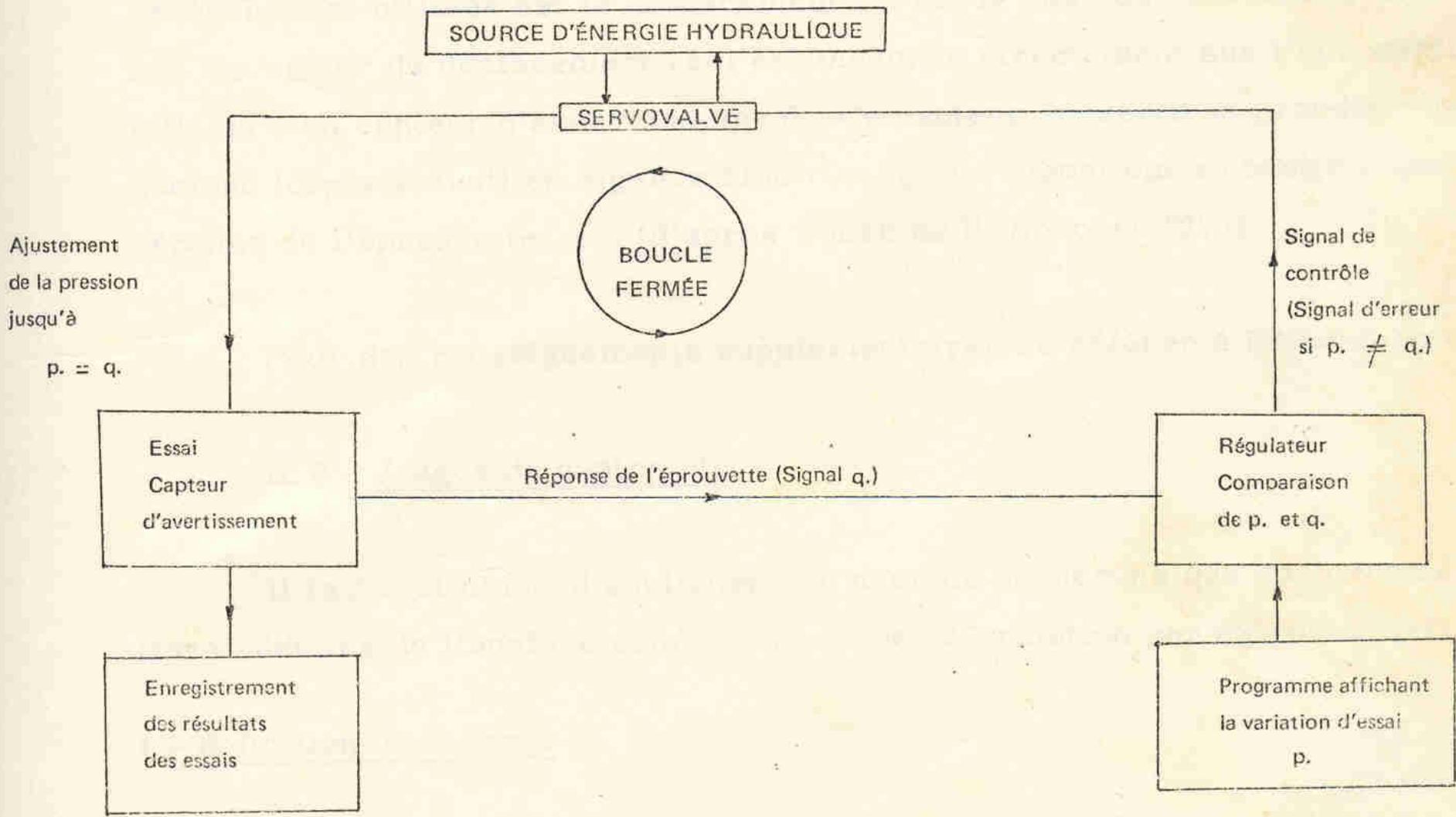
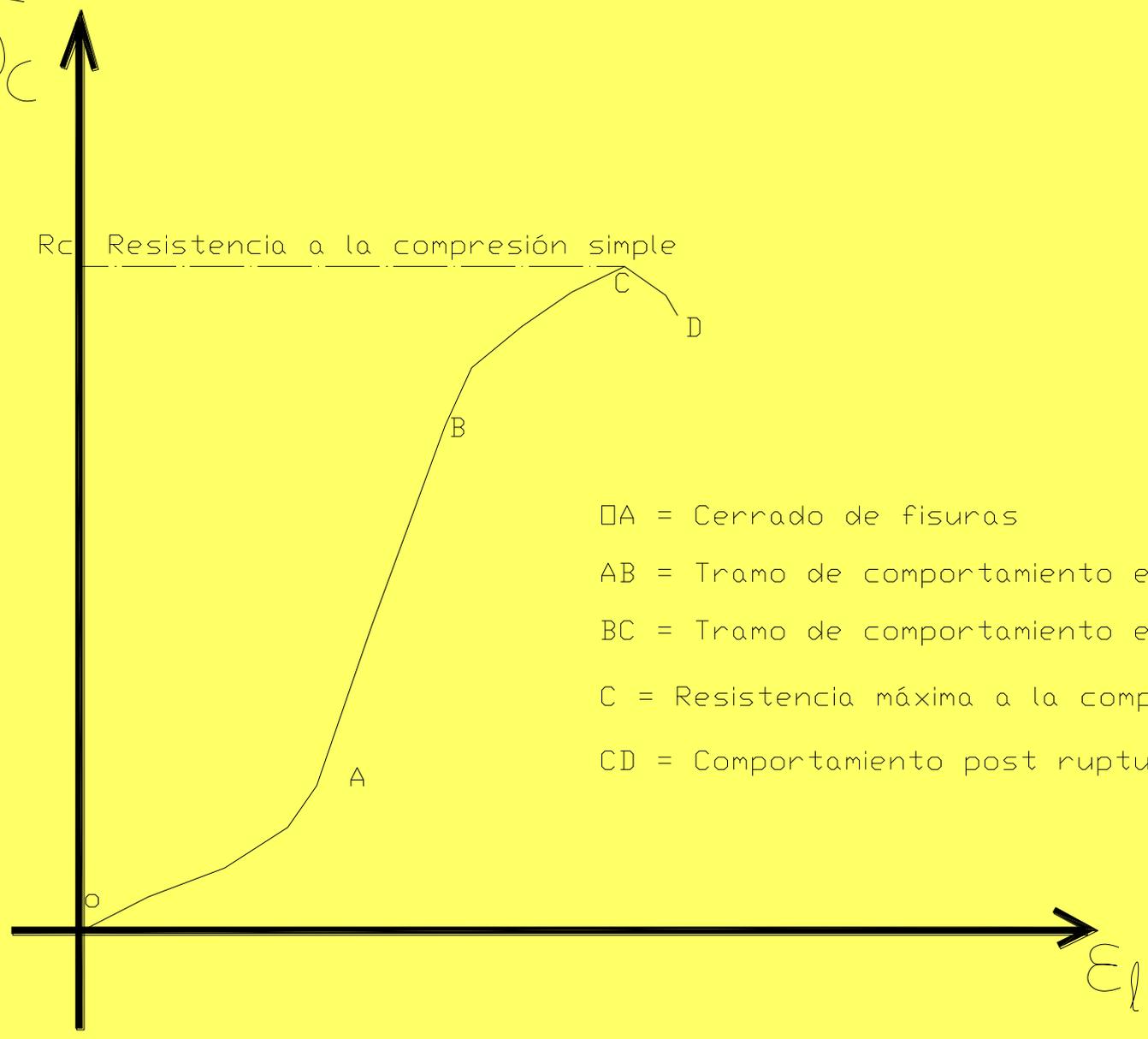


FIGURE e-1 - SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTÈME D'ASSERVISSEMENT A BOUCLE FERMÉE.

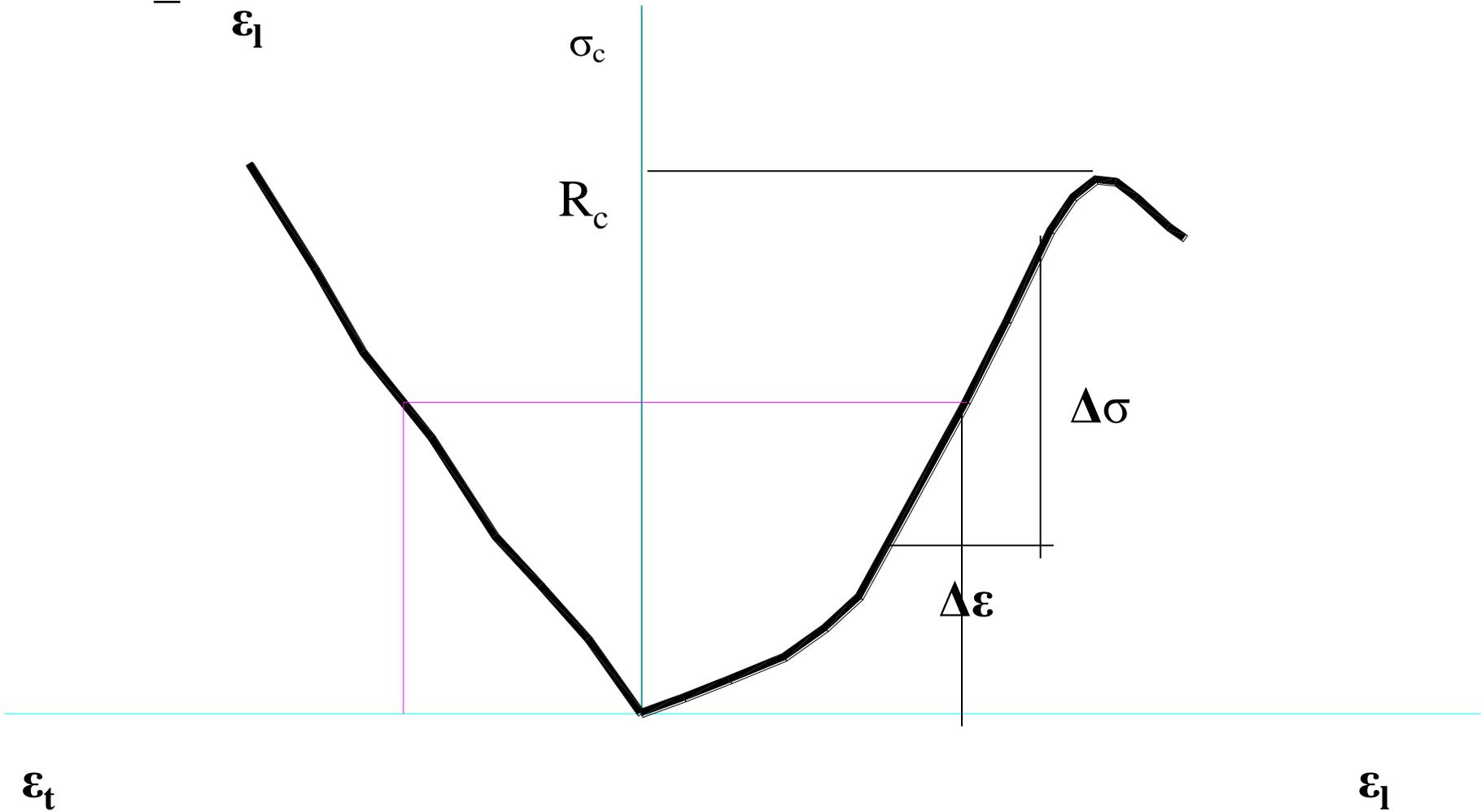
σ_c



R_c Resistencia a la compresión simple

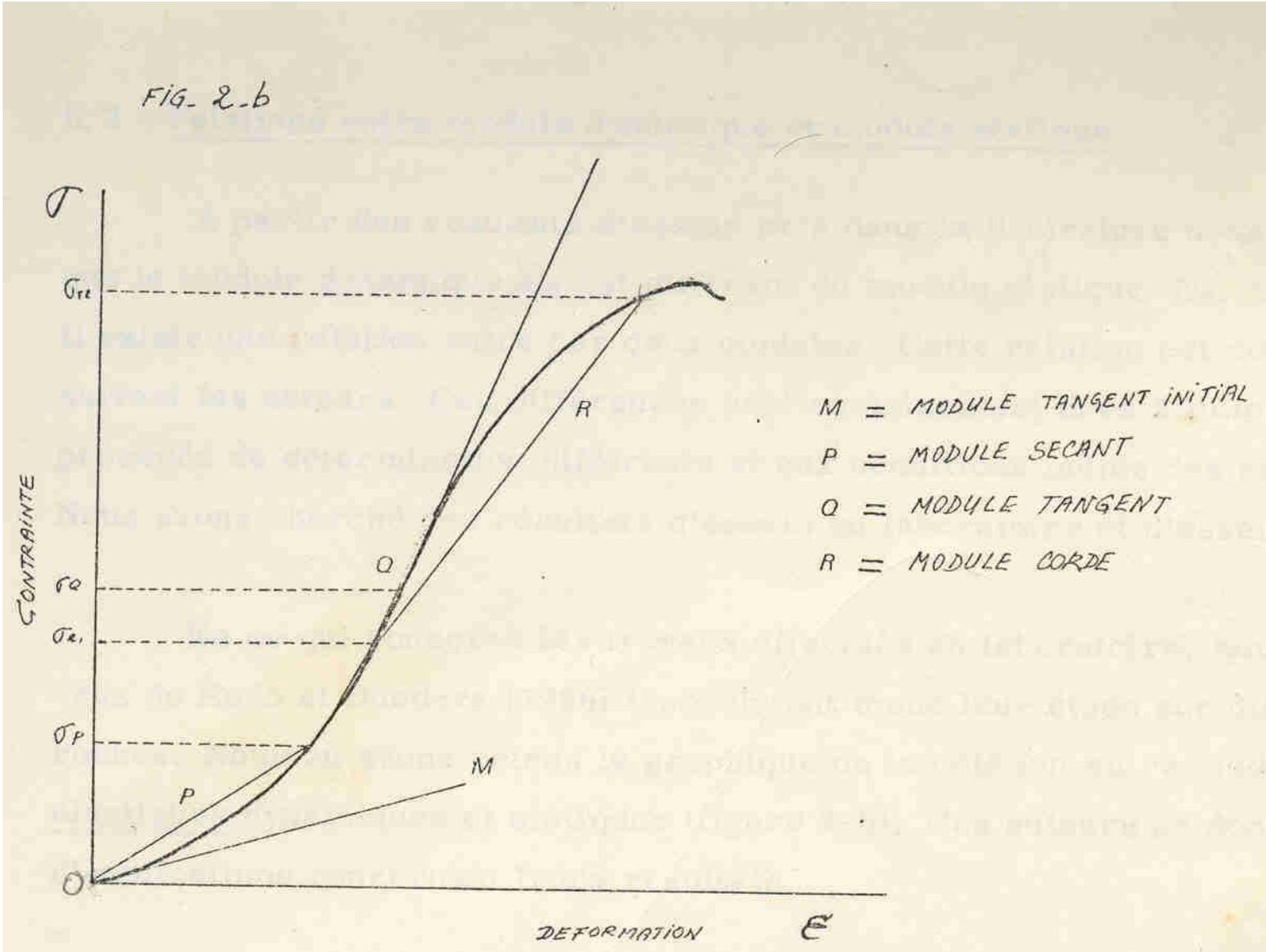
- $\square A$ = Cerrado de fisuras
- AB = Tramo de comportamiento elástico
- BC = Tramo de comportamiento elasto plástico
- C = Resistencia máxima a la compresión
- CD = Comportamiento post ruptura

$$v = -\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_l}$$



CURVAS DE COMPRESION UNIAXIAL

TIPOS DE MODULOS DE YOUNG O MODULOS DE DEFORMACION



VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION y E

ROCA	Resistencia a la compresión uniaxial (Valor medio) - kg/cm ²	Coefficiente de variación %	Módulo de deformación Kg.xcm ² x10 ⁵
Caliza (7)	1,090.00	21.00	6.18
Caliza (7)	349.00	40.00	3.80
Arenisca (16)	2,180.00	26.00	3.02
Pizarra sedimentaria (16)	366.00	37.00	2.74
Pizarra Sedimentaria (7)	367.00	53.00	1.26
Limonita(7)	246.00	66.00	1.37
Conglomerado (6)	1,690.00	30.40	7.52
Cuarcita (6)	2,003.00	29.60	6.75
Granito (7)	1,517.00	33.00	3.66
Granito (7)	435.00	27.00	2.11
Toba volcánica (6)	2,680.00	30.10	7.80
Toba volcánica (7)	372.00	21.00	0.14
Lava (6)	1,035.00	31.50	6.33
Esquisto de Hornblenda (6)	2,490.00	48.50	8.93
Jaspe	4,500.00	7.50	9.00

(*) Limonita, roca de tipo intermedio entre la pizarra sedimentaria y la arenisca. En inglés se denomina siltstone

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

ENSAYOS DE RESISTENCIA EN SITIO:

- Deformabilidad y resistencia de rocas débiles mediante ensayo de compresión uniaxial in situ – ASTM D 4555
- Determinación de la resistencia al corte directa de las discontinuidades de las rocas – ASTM D 4554
- Módulo de deformación de una masa de roca usando el método de la placa de carga flexible – ASTM D 4395
- Módulo de deformación de una masa de roca usando un ensayo de tensado radial – ASTM D 4506

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

ENSAYOS DE RESISTENCIA EN SITIO:

- Módulo de deformación de una masa de roca usando el método de la placa de carga rígida – ASTM D 4394
- Determinación de la tensión y el módulo de deformación utilizando el método del gato plano – ASTM D 4729
- Tensión en rocas usando el método de fractura hidráulica – ASTM D 4645

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

- Determinación de módulo de elasticidad – ASTM D 3148



Dispositivo para determinación del módulo de elasticidad (Young) y coeficiente Poisson.

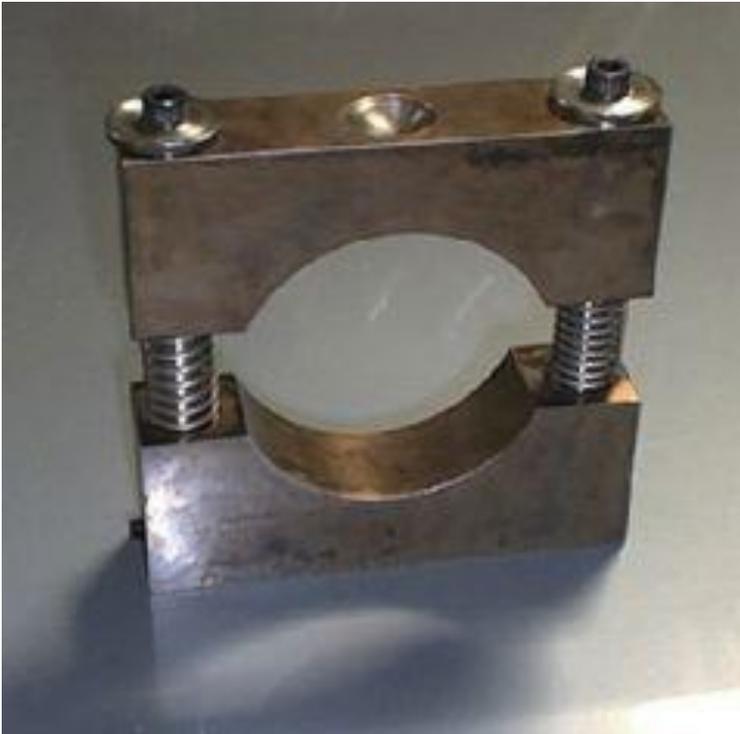
El equipo se compone de:

Dos bastidores metálicos exteriores con tres tornillos de ajuste cada uno, que permiten adaptar el bastidor al diámetro de las probetas. El superior dispone de dos soportes para los transductores de deformación tipo LVDT, con regulación en altura.

Tres barras de fijación y bloqueo que facilitan el montaje del sistema sobre la probeta, y que se retiran posteriormente para dejar completamente libre el movimiento de los transductores.

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

- Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral – ASTM D 3967



Dispositivo para ensayo brasileño de rocas, diseñado

Características técnicas:

Diámetro interior: 75 mm

Diámetro de probetas aplicables : de 45 a 55 mm

Desplazamiento máximo: 30 mm

Dimensiones exteriores: alto 120 mm, ancho 120 mm espesor 27,5 mm

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS



Dispositivo para ensayo de carga puntual en probetas de rocas, según norma UNE 22950-5

Tema 4

Ensayo de carga puntual

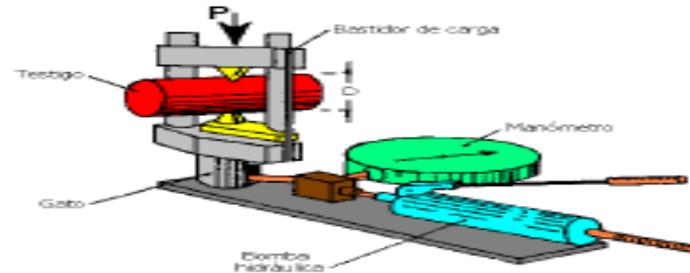
$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

I_s : índice de carga puntual
 P : carga aplicada
 D : diámetro de la probeta

Caso ideal: Probetas cilíndricas

$D = 5$ cm y longitud al menos 1.4 veces D

→ Este ensayo no sirve para rocas blandas.



Correlación con la resistencia a compresión simple:

- Franklin y Broch (1972):

$$\sigma_c = 23.7I_s \cong 24I_s$$

- Geological Society Engineering Group (1972):

$$\sigma_c = 16I_s$$

- Roig (1983): muestras irregulares

$$\sigma_c \cong 39I_s$$

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

ENSAYO DE DURABILIDAD POR EL METODO DE DOS CICLOS DE HUMEDECIMIENTO - SECADO



Equipo para la determinación de la resistencia de una muestra de roca al debilitamiento y desintegración cuando se somete a dos ciclos normalizados de humedad-sequedad..

ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

Tema 4

Ensayo de compresión triaxial

Análogo al ensayo realizado con suelos, pero con mayores presiones / mayores cargas.

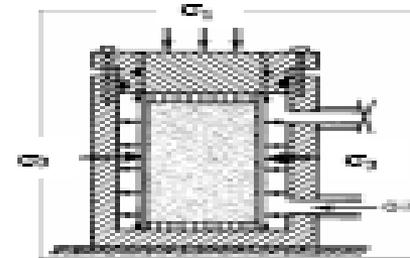
$$\sigma_1 = \frac{F_c}{A}$$

$$\sigma_3 = p$$

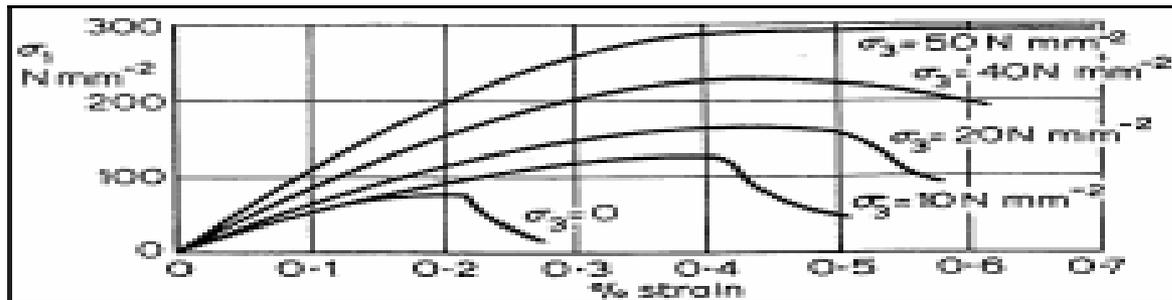
F_c : fuerza de compresión aplicada

A : sección de la probeta

p : presión del confinamiento (fluido)



El efecto de la presión del confinamiento sobre la resistencia



ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

tema 4

Ensayo de compresión simple

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A}$$

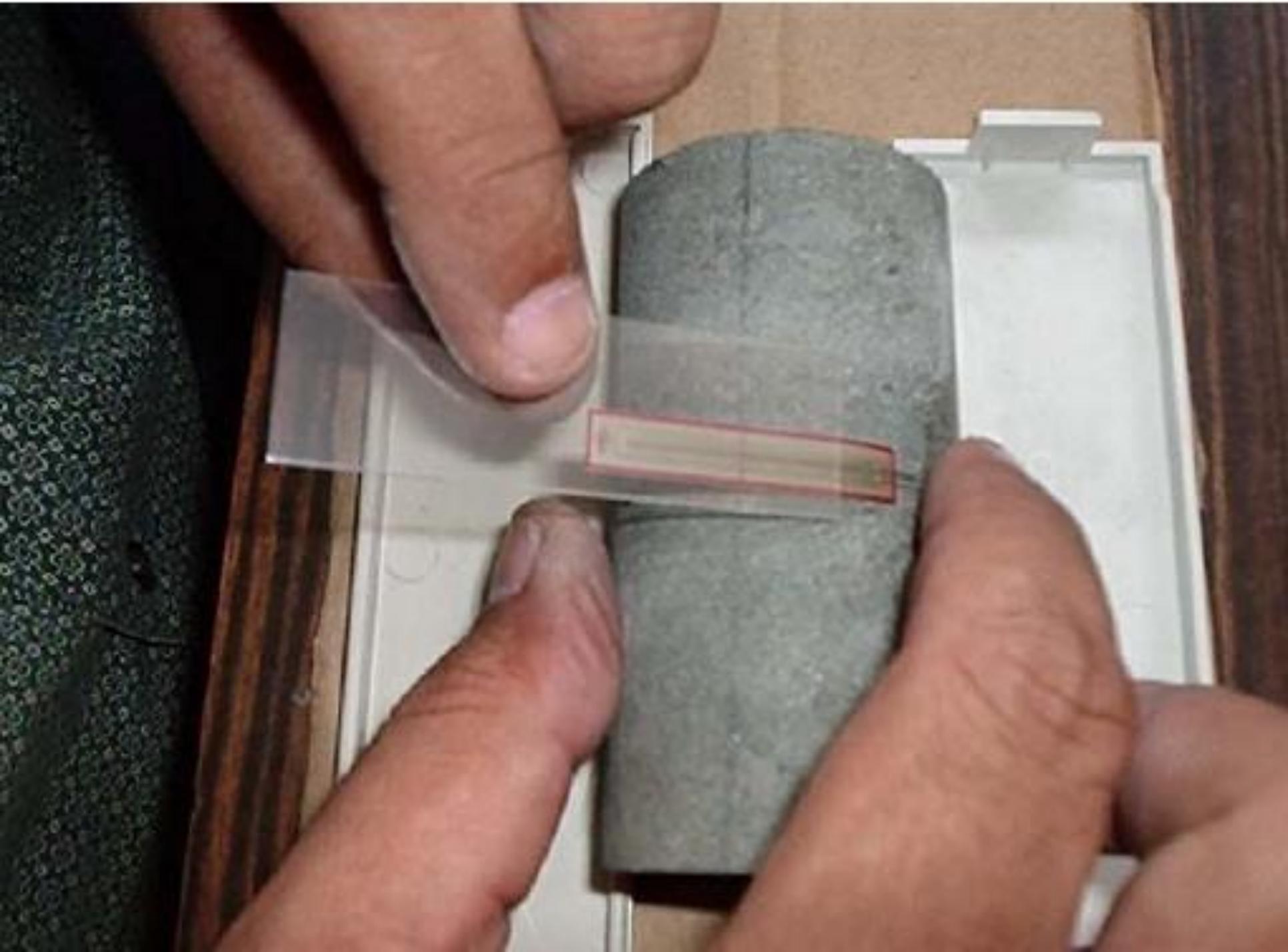
σ_c : resistencia a compresión simple

F_c : carga aplicada

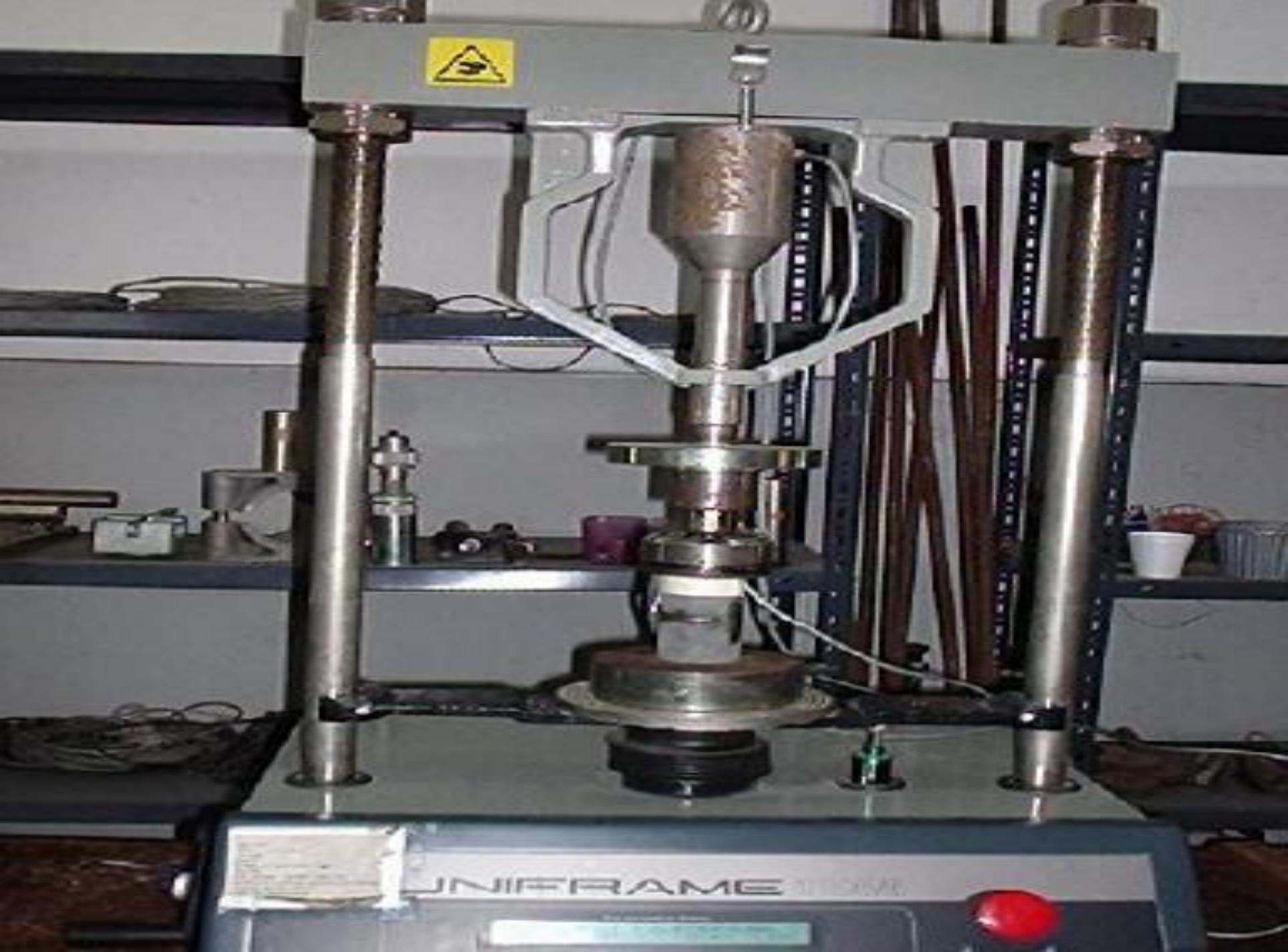
A: sección de la probeta

Clasificación de las rocas a partir del valor de σ_c :

Resistencia a la compresión simple (MPa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Bieniawski (1973)	Ejemplos
< 1	Suelos			
1-5	Muy blanda	Blanda > 1,25	Muy baja	Sal, lutita, limolita, margas, toba, carbón.
5-12,5	Blanda	Moderadamente blanda		
12,5-25		Moderadamente dura		
25-50	Moderadamente dura		Baja	Esquisto, pizarra.
50-100	Dura	Dura	Media	Rocas metamórficas esquistosas, mármol, granito, gneiss, arenisca, caliza porosa.
100-200	Muy dura	Muy dura	Alta	Rocas ígneas y metamórficas duras, arenisca muy cementada, caliza, dolomía.
> 200		Extremadamente dura	Muy alta	Cuarcita, gabro, basalto.
> 250				







UNIFRAME





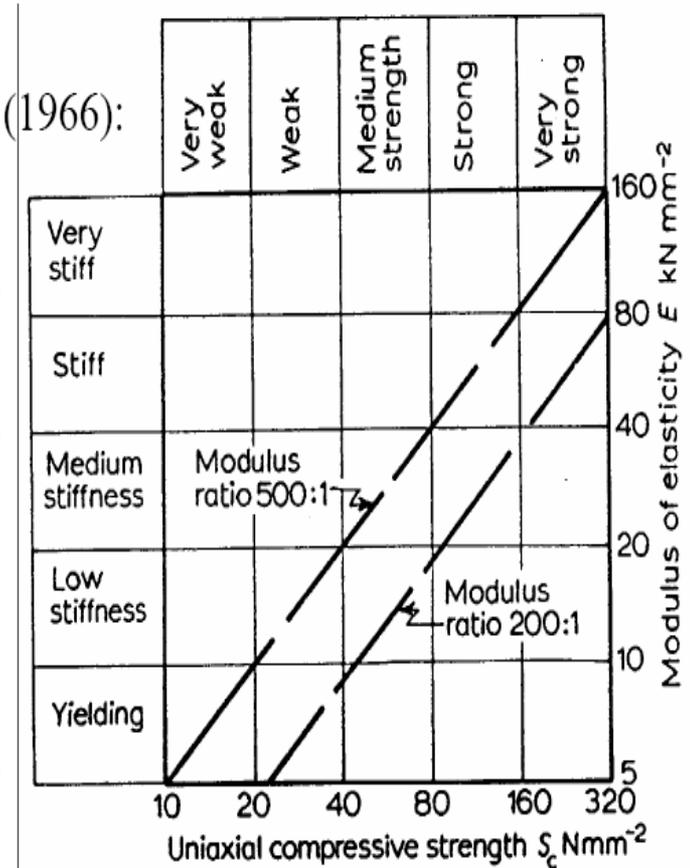


ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS EN ROCAS

Clasificación de rocas según Deere and Miller (1966):

Clasificación de las rocas a partir del valor de σ_c :

Resistencia a la compresión simple (MPa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Bieniawski (1973)	Ejemplos
< 1	Suelos			
1-5	Muy blanda	Blanda > 1,25	Muy baja	Sal, lutita, limolita, marga, toba, carbón.
5-12,5	Blanda	Moderadamente blanda		
12,5-25		Moderadamente dura		
25-50	Moderadamente dura		Baja	Esquisto, pizarra.
50-100	Dura	Dura	Media	Rocas metamórficas esquistosas, mármol, granito, gneiss, arenisca, caliza porosa.
100-200	Muy dura	Muy dura	Alta	Rocas ígneas y metamórficas duras, arenisca muy cementada, caliza, dolomía.
> 200		Extremadamente dura	Muy alta	Cuarcita, gabra, basalto.
> 250				



COMPRESION TRIAXIAL

Tensión axial compresiva más una presión aximetrica de confinamiento

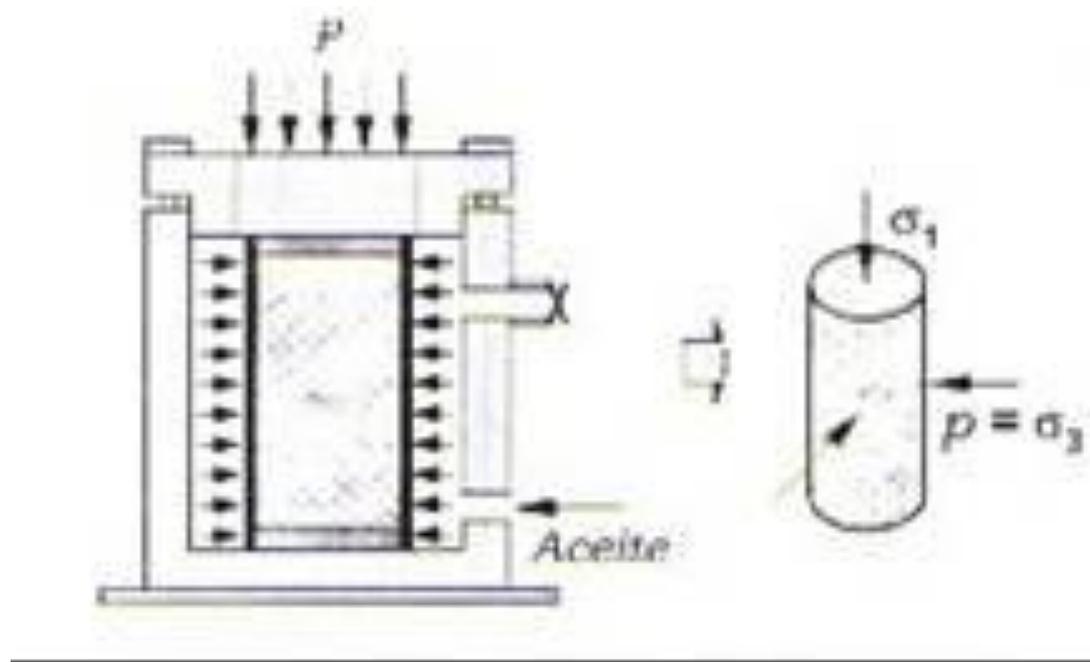
El ensayo es realizado en muestras cilíndricas de roca intacta, sirve para evaluar la resistencia de la roca en condiciones secas y saturadas

A partir de la información obtenida es posible obtener el Módulo de deformación E , el ángulo de fricción interna y la resistencia cohesiva.

La carga axial máxima que soporta es la resistencia a la compresión

La presión de confinamiento se da únicamente cuando la muestra se encuentra sellada por una cubierta de plástico

El procedimiento del ensayo es primero aplicar la carga de confinamiento en todo el cilindro $\sigma_1 = \sigma_3 = p$, luego y luego aplicar la carga $\sigma_1 - p$ (la presión confinante debe permanecer constante)



COMPORTAMIENTO TENSO - DEFORMACIONAL A LA COMPRESION TRIAXIAL

Cuando se estudia la deformación de la roca bajo compresión triaxial, resulta útil dividir el concepto de tensión en dos partes:

Tensiones no desviadoras: σ_m , que representan un estado de tensión hidrostático y son tensiones de compresión igualmente aplicadas en todas las direcciones

Tensiones desviadoras: σ_{dev} , que equivalen a las tensiones normales y cizallantes que quedan luego de restar la tensión hidrostática (promedio de tensiones normales) de cada uno de los componentes de tensión en el ensayo de compresión uniaxial

EN UNA COMPRESION TRIAXIAL, LAS TENSIONES PRINCIPALES SON:

$$\sigma_1 = \frac{P}{A}$$
$$\sigma_2 = \sigma_3 = p$$

La tensión no desviadora es: $\sigma_m = 1/3(\sigma_1 + 2p)$

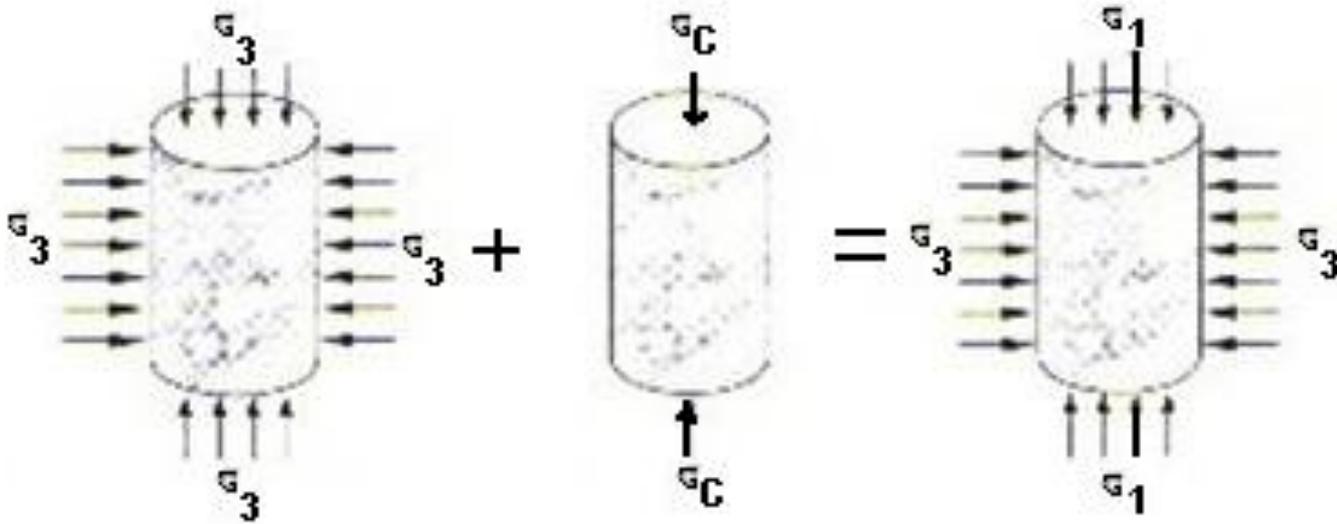
La tensión desviadora es la que resta: $\sigma_{dev} = 2/3(\sigma_1 - p)$

$$\sigma_{2dev} = \sigma_{3dev} = -(1/3)(\sigma_1 - p)$$

Es importante señalar que la tensión desviadora es la que produce distorsión y destrucción de la roca

La tensión no desviadora es la que produce cambio de volumen

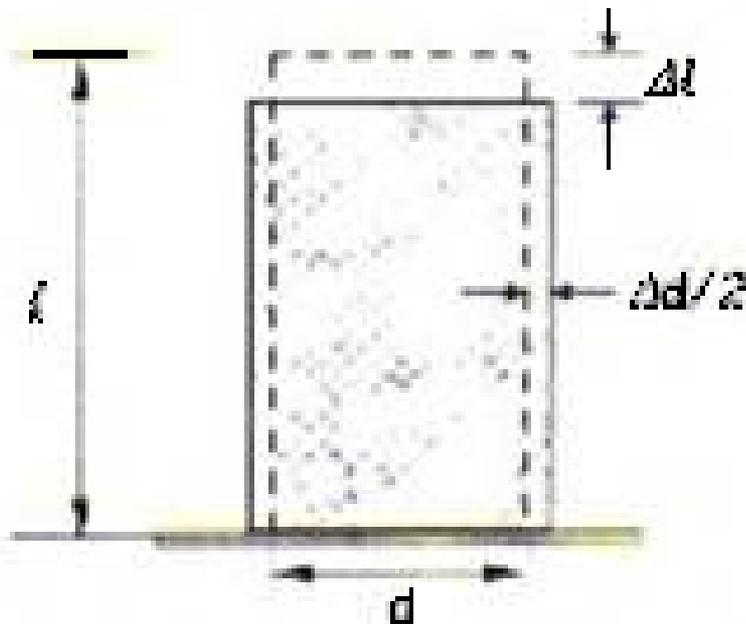
EN UN ENSAYO TRIAXIAL TANTO LA TENSION DESVIADORA COMO LA NO DESVIADORA SON SUPERPUESTAS SIMULTANEAMENTE



LAS DEFORMACIONES SE MIDEN MEDIANTE STRAIN GAGES

$$\text{Deformación Axial} = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\text{Deformación lateral} = \frac{\Delta d}{d}$$



Relación entre la deformación axial y lateral

$$\frac{\Delta V}{V} = \epsilon_{\text{axial}} + 2\epsilon_{\text{lateral}}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \epsilon_{\text{axial}}(1 - 2\nu)$$