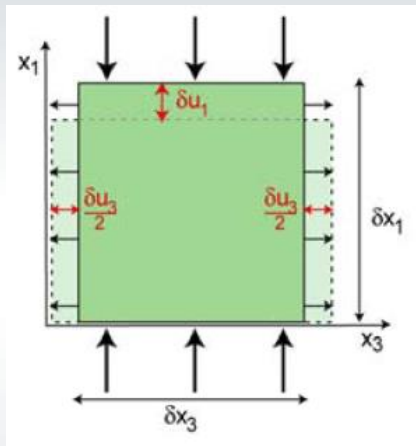


Ejercitación propiedades mecánicas

Damián Hryb

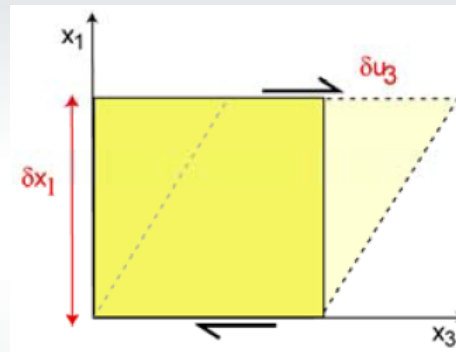
Propiedades elásticas



$$\epsilon_{11} = \frac{\delta u_1}{\delta x_1}; \epsilon_{33} = \frac{\delta u_3}{\delta x_3}$$

$$E = \frac{S_{11}}{\epsilon_{11}} \quad \text{Módulo de Young}$$

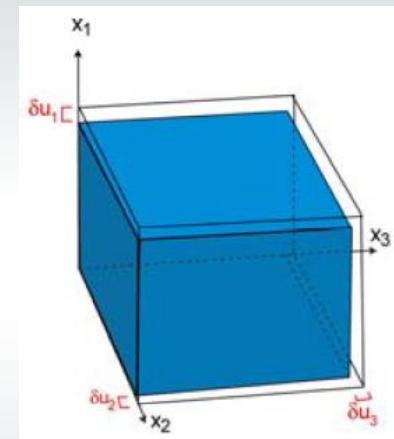
$$\nu = -\frac{\epsilon_{33}}{\epsilon_{11}} \quad \text{Relación de Poisson}$$



$$\epsilon_{13} = \frac{\delta u_3}{\delta x_1}$$

$$G = \frac{1}{2} \left(\frac{S_{13}}{\epsilon_{13}} \right)$$

Módulo de corte



$$\epsilon_{00} = \epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33}$$

$$S_{00} = \frac{1}{3} (S_{11} + S_{22} + S_{33})$$

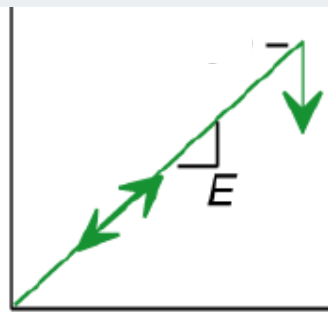
$$K = \frac{S_{00}}{\epsilon_{00}} \quad \text{Módulo volumétrico}$$

Propiedades elásticas

Conocidos dos parámetros elásticos se pueden calcular los restantes asumiendo un material isotrópico, homogéneo y elástico lineal



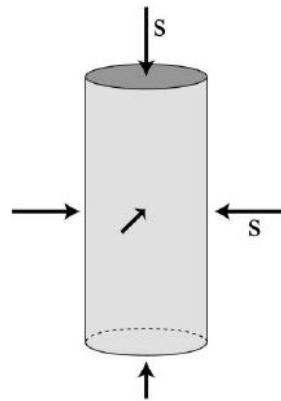
Tensión



Deformación

K	E	λ	ν	$G = \rho V_s^2$	$M = \rho V_p^2$
$\lambda + \frac{2G}{3}$	$G \frac{3\lambda + 2G}{\lambda + G}$	-	$\frac{\lambda}{2(\lambda + G)}$	-	$\lambda + 2G$
-	$9K \frac{K - \lambda}{3K - \lambda}$	-	$\frac{\lambda}{3K - \lambda}$	$3 \frac{K - \lambda}{2}$	$3K - 2\lambda$
-	$\frac{9K - G}{3K - G}$	$K - \frac{2G}{3}$	$\frac{3K - 2G}{2(3K + G)}$	-	$K + 4 \frac{G}{3}$
$\frac{EG}{3(3G - E)}$	-	$G \frac{E - 2G}{3G - E}$	$\frac{E}{2G} - 1$	-	$G \frac{4G - E}{3G - E}$
-	-	$3K \frac{3K - E}{9K - E}$	$\frac{3K - E}{6K}$	$\frac{3KE}{9K - E}$	$3K \frac{3K + E}{9K - E}$
$\lambda \frac{1 + \nu}{3\nu}$	$\lambda \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{\nu}$	-	-	$\lambda \frac{1 - 2\nu}{2\nu}$	$\lambda \frac{1 - \nu}{\nu}$
$G \frac{2(1 + \nu)}{3(1 - 2\nu)}$	$2G(1 + \nu)$	$G \frac{2\nu}{1 - 2\nu}$	-	-	$G \frac{2 - 2\nu}{1 - 2\nu}$
-	$3K(1 - 2\nu)$	$3K \frac{\nu}{1 + \nu}$	-	$3K \frac{1 - 2\nu}{2 + 2\nu}$	$3K \frac{1 - \nu}{1 + \nu}$
$\frac{E}{3(1 - 2\nu)}$	-	$\frac{E\nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$	-	$\frac{E}{2 + 2\nu}$	$\frac{E(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$

Medición de propiedades mecánicas



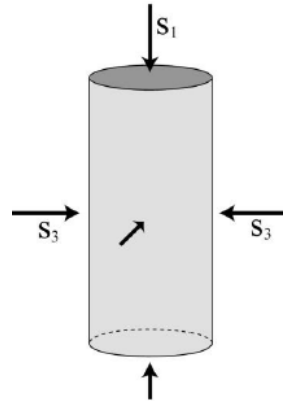
HYDROSTATIC

$$S = S_1 = S_2 = S_3$$



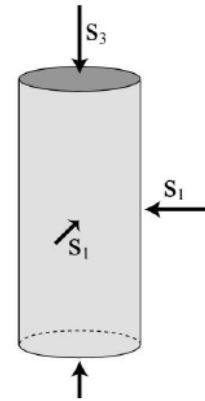
UNIAXIAL

$$S_1 \neq 0, S_2 = S_3 = 0$$

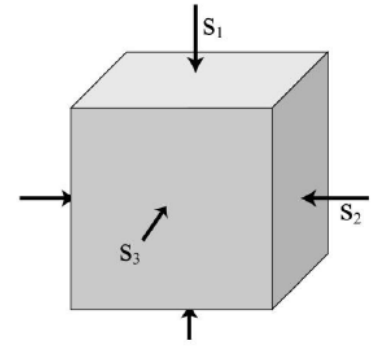


TRIAXIAL

$$S_1 > S_2 = S_3$$

TRIAXIAL
EXTENSION

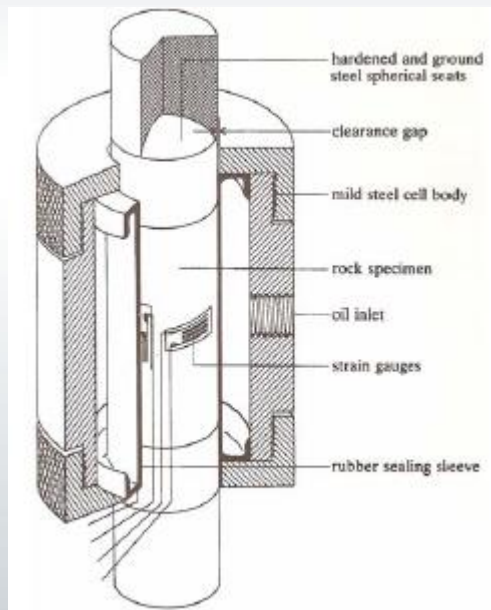
$$S_1 = S_2 > S_3$$



POLYAXIAL

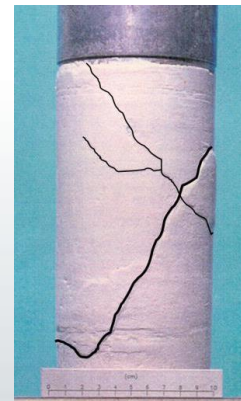
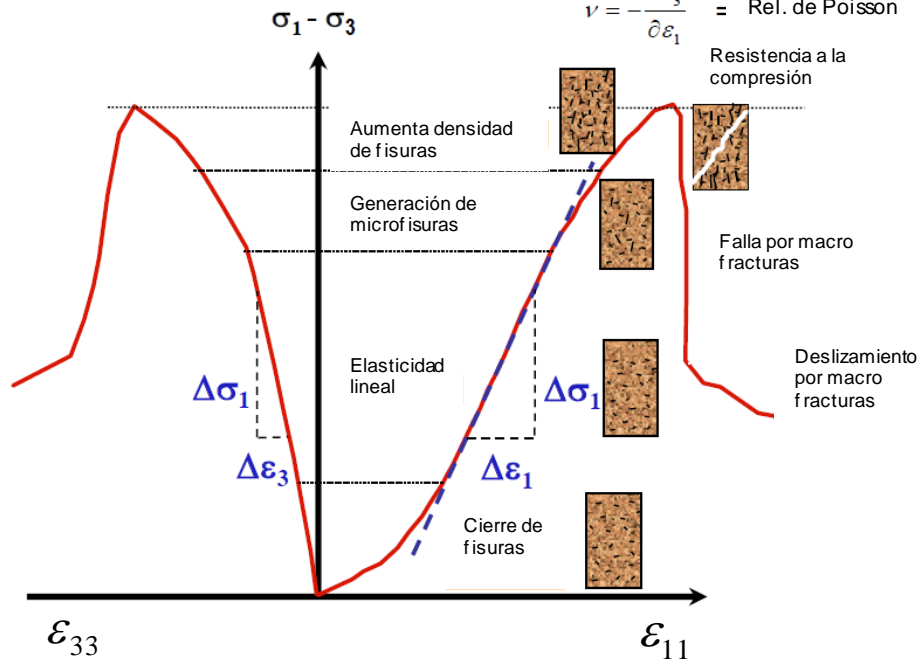
$$S_1 \neq S_2 \neq S_3$$

Medición de propiedades mecánicas



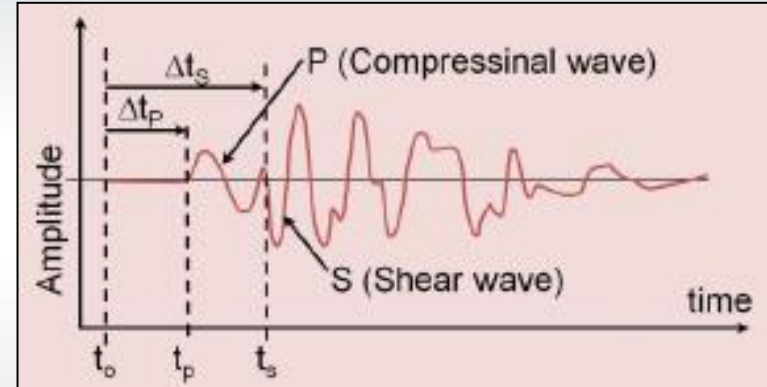
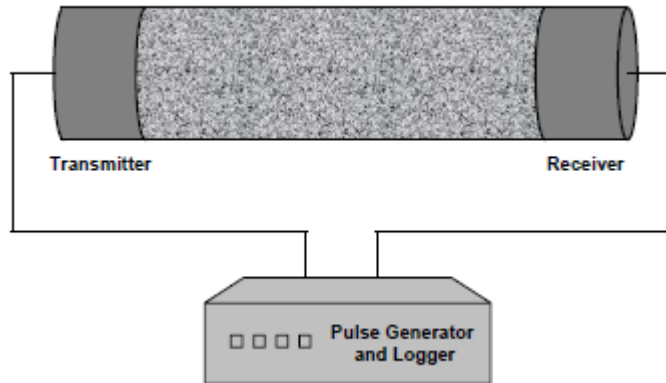
Curva típica tensión deformación $E = \frac{\partial \sigma_1}{\partial \epsilon_1} = \text{Módulo de Young}$

$$\nu = -\frac{\partial \epsilon_3}{\partial \epsilon_1} = \text{Rel. de Poisson}$$



Medición de propiedades mecánicas

Asume un material elástico, isotrópico y homogéneo.



$$\nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

$$K = \rho V_p^2 - \frac{4\rho V_s^2}{3}$$

$$E = \frac{\rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)}$$

$$G = \rho V_s^2$$

Medición de propiedades mecánicas

Asume un material elástico,
isotrópico y homogéneo.

Módulo de Corte $\longrightarrow G = 13474.45 * (Den / DTS^2)$

Módulo Volumétrico $\longrightarrow K = 13474.45 * (Den / DT^2) - 4/3 * G$

Módulo de Young $\longrightarrow E = 9 * G * K / (G + 3 * K)$

Coeficiente de Poisson $\longrightarrow PR = (3 * K - 2 * G) / (6 * K + 2 * G)$

Den [g/cc]
DT [us/ft]
DTS [us/ft]

G [Mpsi]
K [Mpsi]
E [Mpsi]
PR []

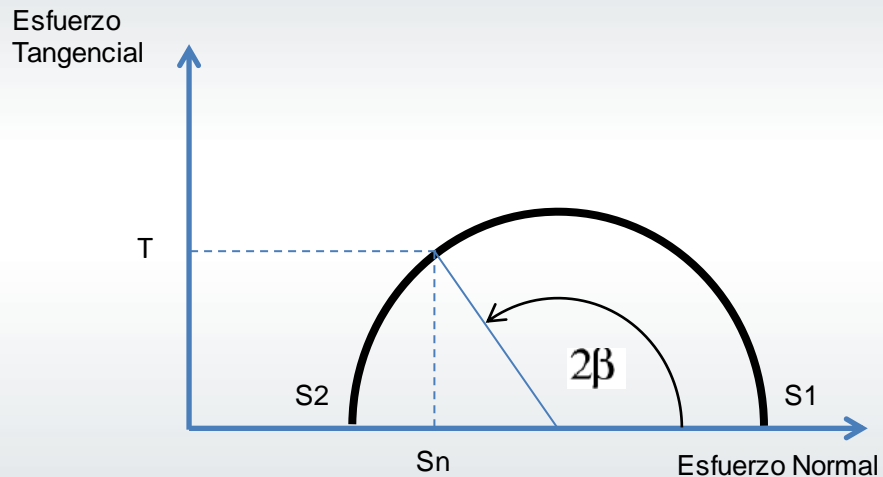
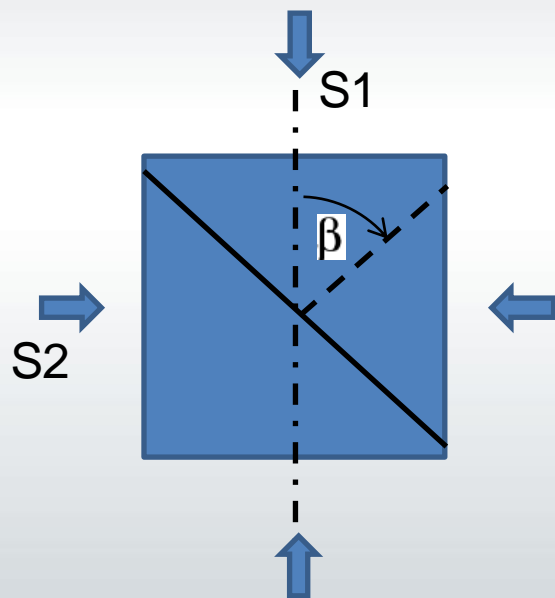
Ejercicio – Propiedades mecánicas

Utilizando los datos en el archivo “calcular propiedades mecánicas 2024.xlsx”:

- Completar los cálculos faltantes (celdas rojas)

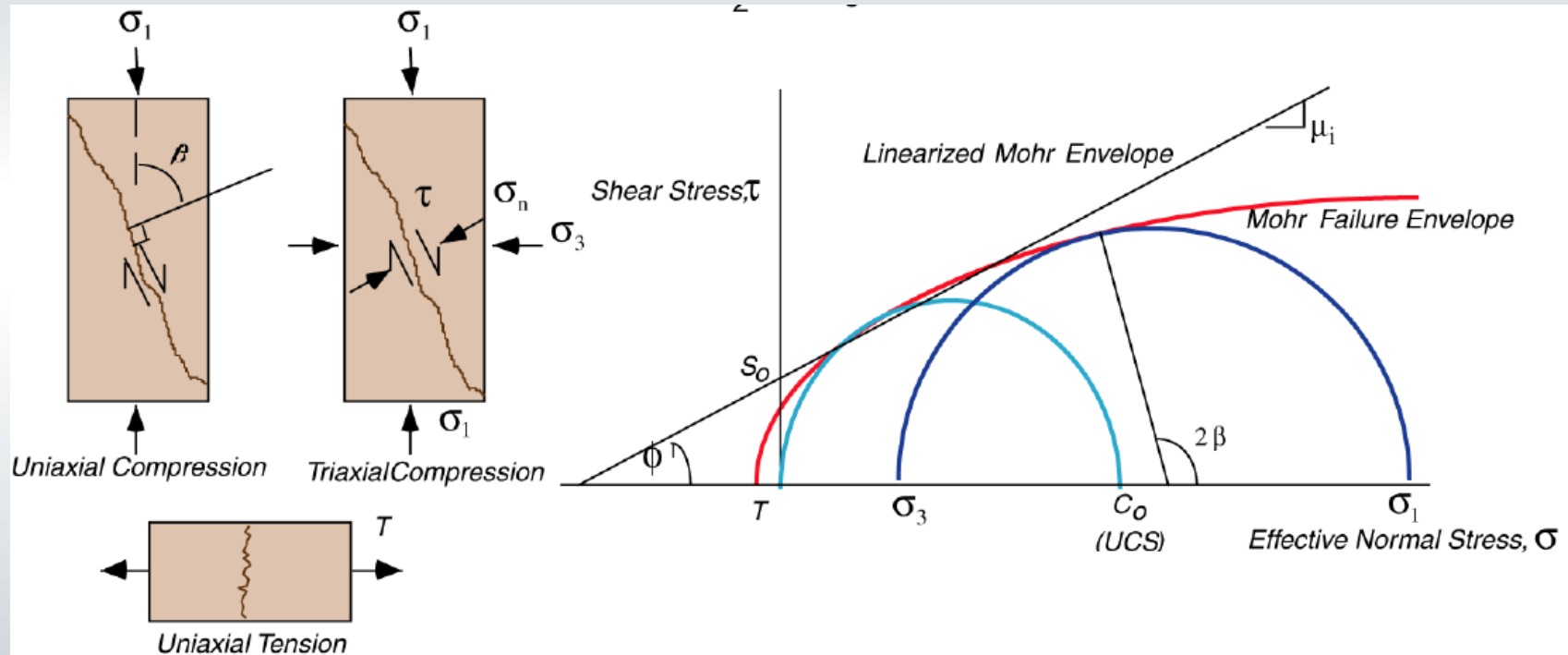
- Dynamic Young's Modulus
- Dynamic Poisson's Ratio
- Dynamic Bulk Modulus
- Dynamic Shear Modulus
- Young's Modulus
- Poisson's Ratio

Circulo de Mohr

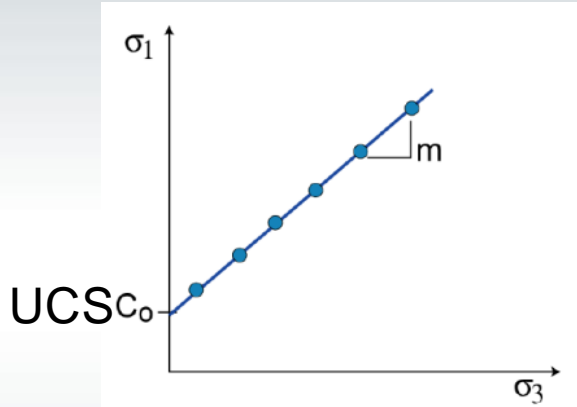


$$\tau = 0.5 (\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\beta$$

$$\sigma_n = 0.5 (\sigma_1 + \sigma_3) + 0.5 (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2\beta$$



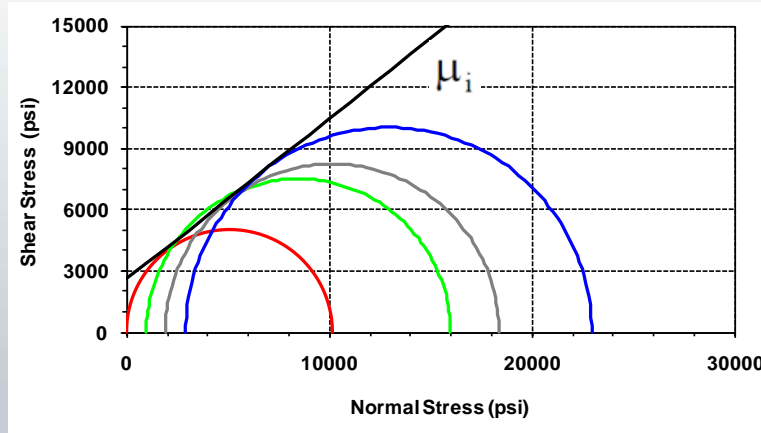
Criterio de falla de Mohr-Coulomb



Coeficiente de fricción interna $\mu_i = \frac{m-1}{2\sqrt{m}}$

Ángulo de fricción interna $\arctan \mu_i$

Cohesión $S_o = \frac{UCS}{2 [(\mu_i^2 + 1)^{1/2} + \mu_i]}$



Ejercicio – Propiedades mecánicas

Utilizando los datos en el archivo “calcular propiedades mecánicas 2024.xlsx”:

- Completar los cálculos faltantes (celdas rojas)
 - Differential Stress
 - Compressive Strength
 - Slope on S1 vs PC
 - Unconfined Compressive Strength
 - Angle of internal friction
 - Coefficient of internal friction
 - Cohesion
- Dibujar los círculos de Mohr correspondientes a los diferentes ensayos
- Obtener correlaciones de propiedades estáticas a dinámicas
- Contrastar los datos de ultrasonido y densidad contra los perfiles de pozo
- Calcular propiedades mecánicas dinámicas en el pozo a partir de los perfiles
- Calcular propiedades mecánicas estáticas en el pozo a partir de las correlaciones obtenidas