

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA - UCV - TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

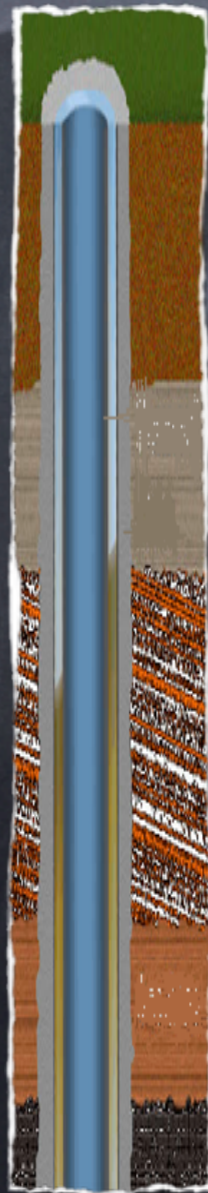
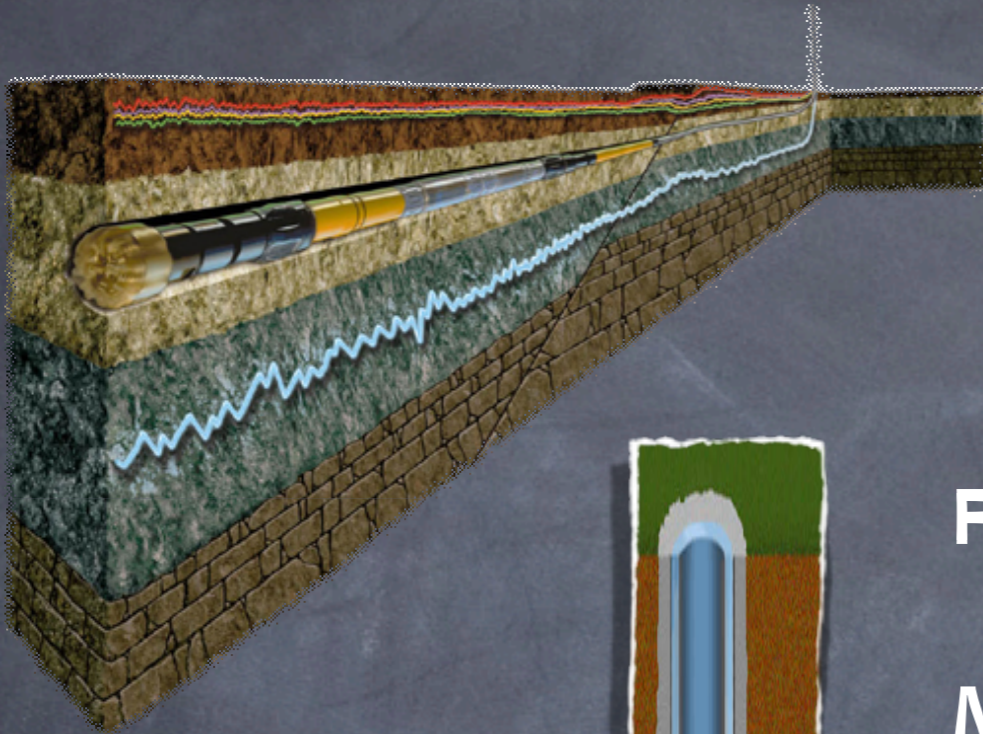
EFECTO FISICOQUÍMICO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS ROCAS LUTÍICAS

TUTORES: Ing. Francisco J. Volpicella
Profa. Nólides Guzmán
Prof. Alí Lara

Presentado por **Ezequiel Enrique Meza Hidalgo**

Caracas, noviembre 2008

CONTENIDO



FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Planteamiento del Problema

MARCO TEÓRICO

- Objetivos
- Antecedentes

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA RESULTADOS Y ANÁLISIS

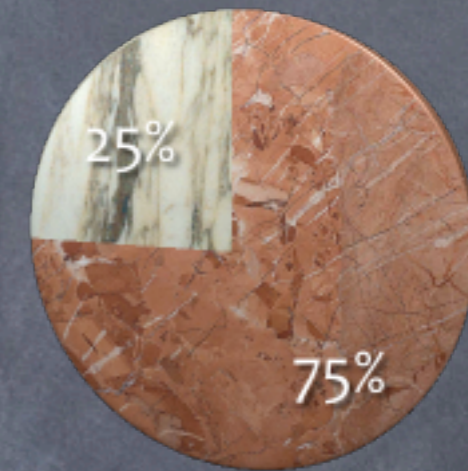
RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

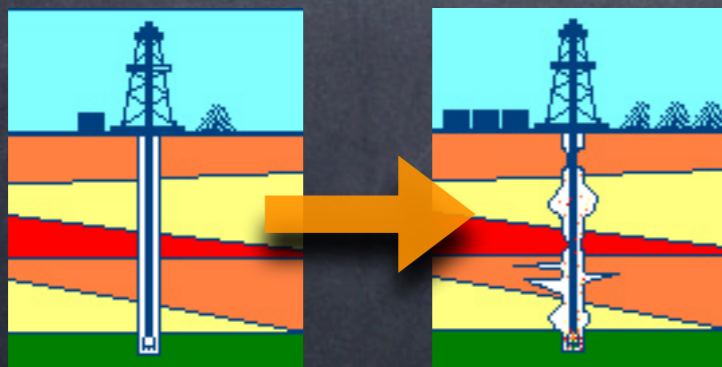
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Inestabilidad de Hoyo en Lutitas
- Lutitas: mayoría de secciones perforadas.
- 12 - 15 % de los costos de perforación.
- Uso de fluidos base aceite en el país.
- Efectos ambientales negativos.
- Desarrollo de fluidos de perforación base agua.

Secciones Perforadas Mundialmente



● LUTITA ● OTRAS



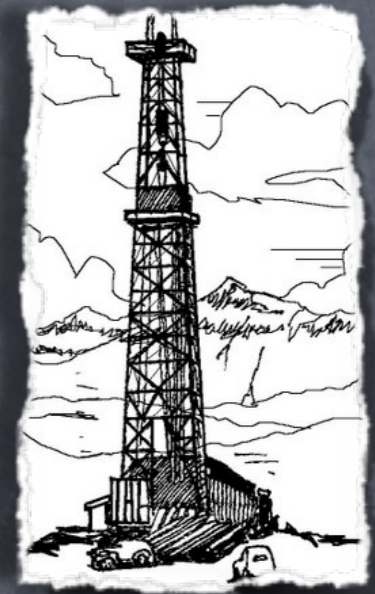
OBJETIVOS

GENERAL:

- Estudiar los efectos fisicoquímicos de los fluidos de perforación sobre las formaciones lutíticas.

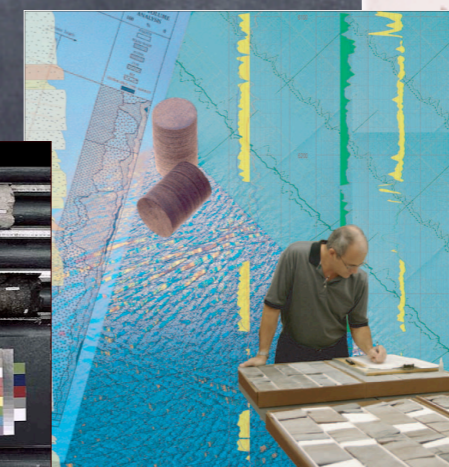
ESPECÍFICOS

- Caracterización mineralógica y química de la muestra.
- Determinar propiedades mecánicas iniciales de la muestra.
- Determinar concentraciones de soluciones de KCl.
- Determinar propiedades mecánicas de la muestra luego de interactuar con el fluido de perforación.
- Determinar el fluido con el cual la muestra de lutita mantiene mayor estabilidad.

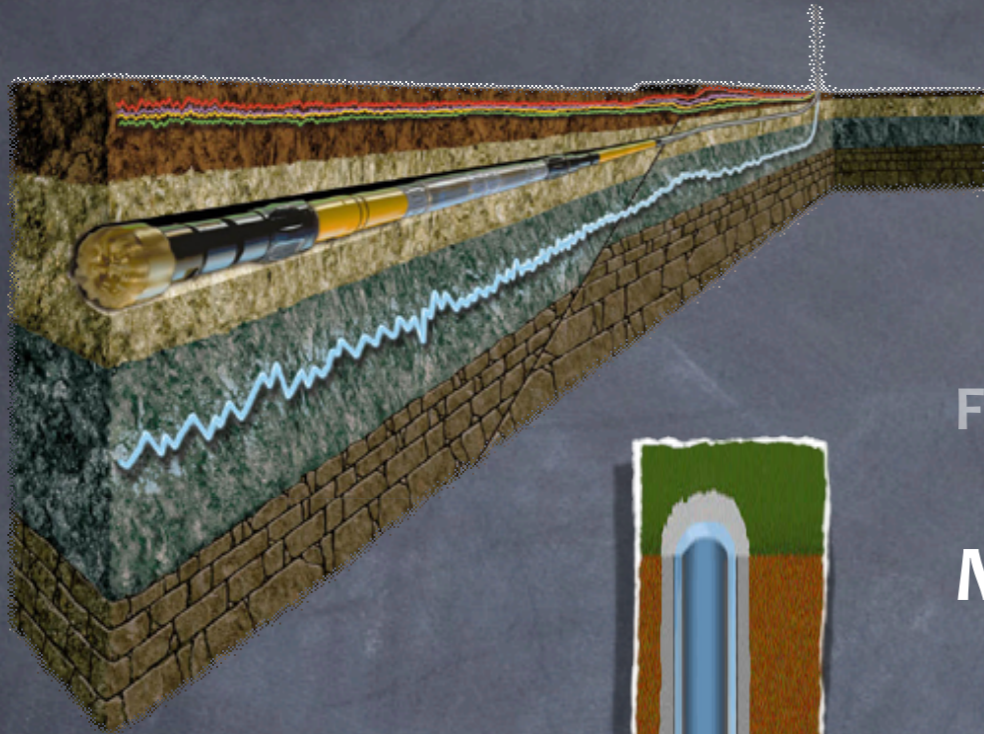


ANTECEDENTES

- Eric van Oort, 1994. **PPTT.**
- Santos, 1997. **Prueba de Reactividad de Lutita.**
- Fam y Dusseault, 1998. **Procesos de intercambio.**
- Santos y Rogiers, 1998. **Enfoque energético.**
- Pontificia Universidade Católica de Rio, 1999. **Caracterización.**
- Tveit, 2003, y Nes, 2004. **Tapones más pequeños.**
- Al-Bazali, 2006. **Eficiencia de membrana.**



CONTENIDO



FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

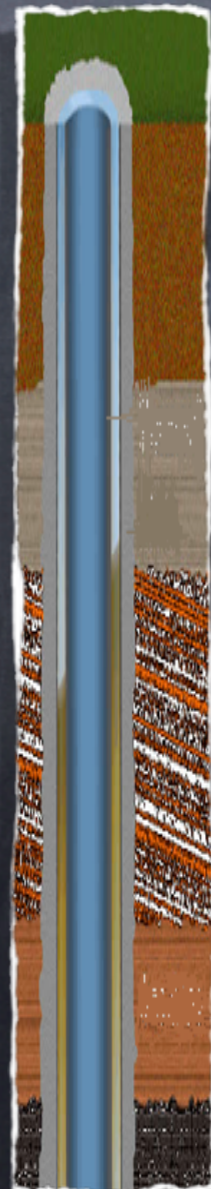
MARCO TEÓRICO

- Lutitas
- Fluidos de Perforación
- Mecánica de Rocas
- Problemas Asociados a la Perforación de Lutitas
- Factores Físicoquímicos en la Estabilidad de Hoyo

METODOLOGÍA

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



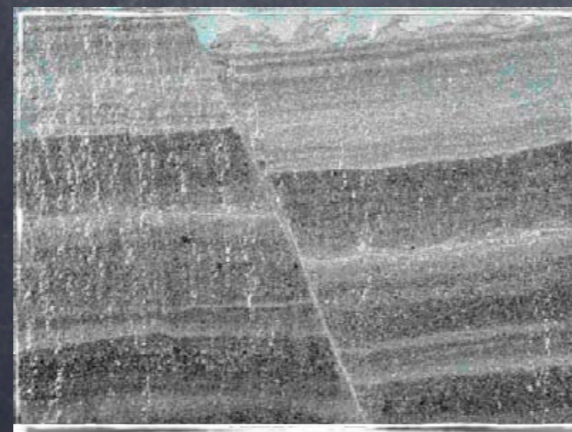
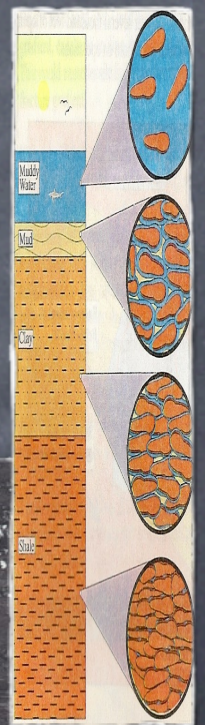
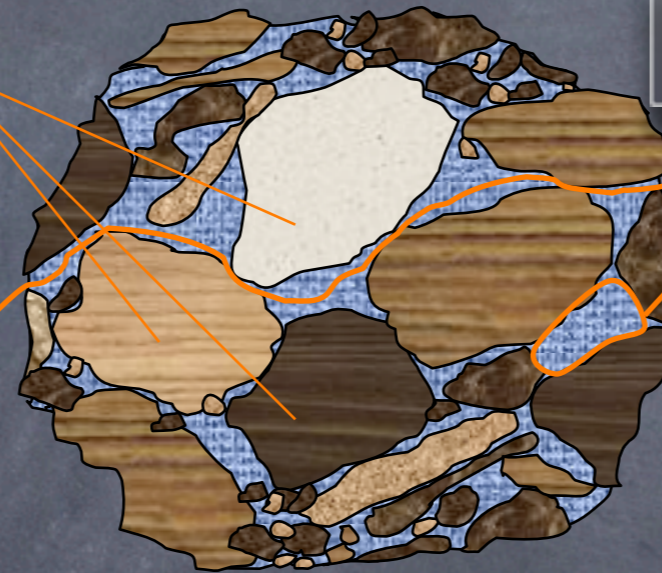
LUTITAS, ¿QUÉ SON?

Son rocas sedimentarias de grano fino formadas por la consolidación de arcilla, limo o lodo, que se caracterizan por poseer una estructura laminar.

Cubren un amplio rango de composiciones.

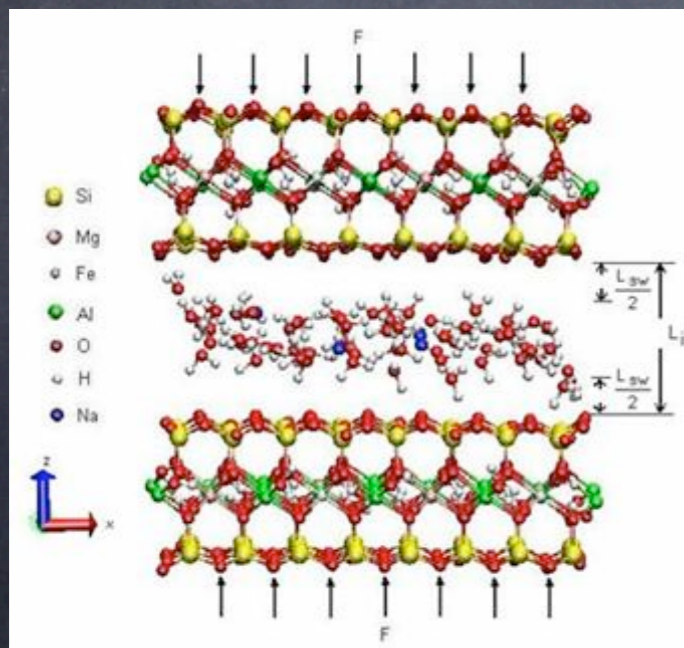
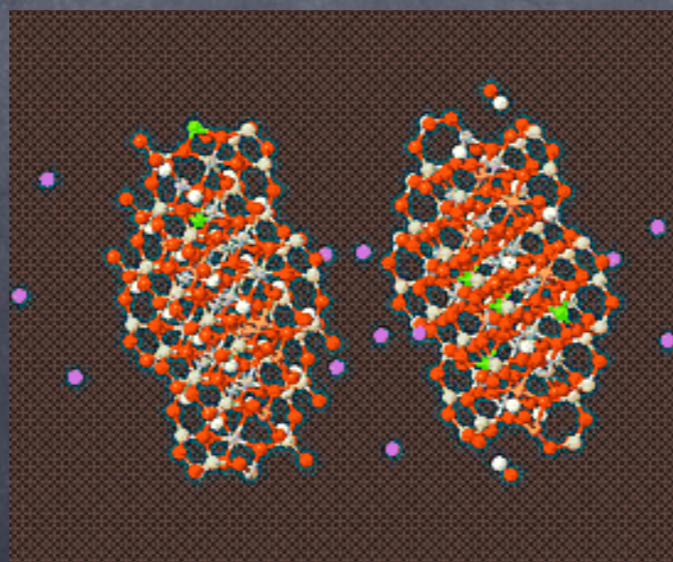
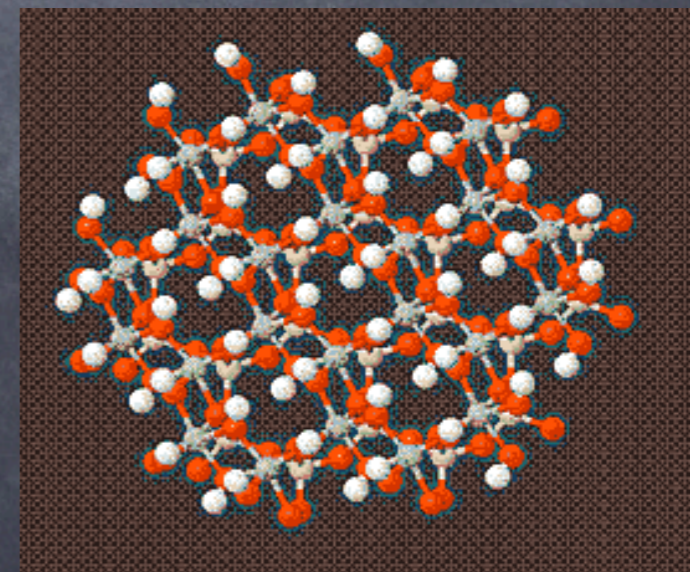
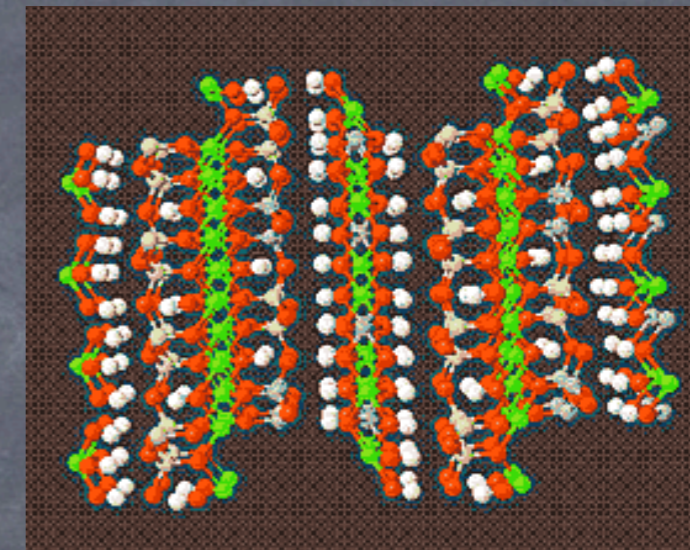
Poseen baja permeabilidad, entre 10^{-6} y 10^{-12} D.

Diámetro de poro pequeño, entre 1 y 10 nm.

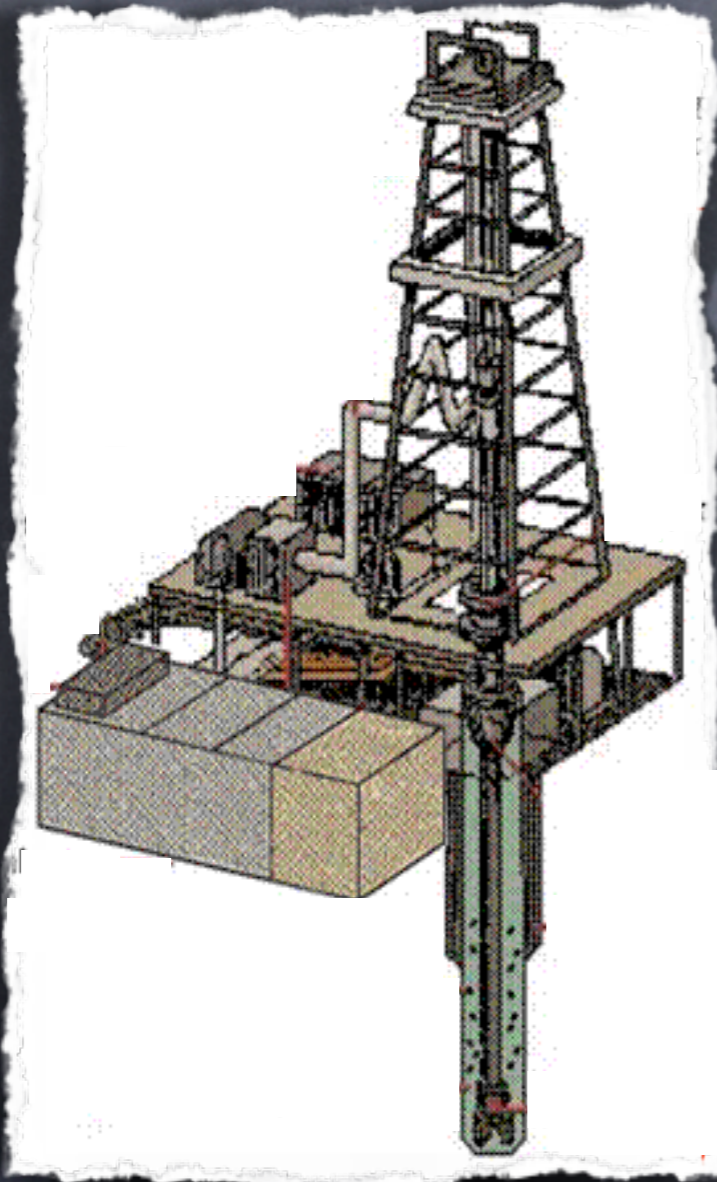


MINERALES DE ARCILLA

- Sólidos coloidales menores a $2\mu\text{m}$.
- Dos unidades estructurales simples.
- Se diferencian en el empaquetamiento de éstas
- Absorción de cationes intercapa.

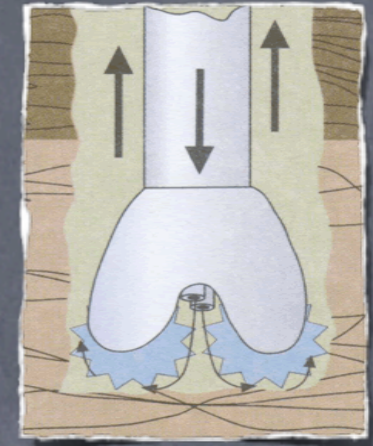


FLUIDOS DE PERFORACIÓN



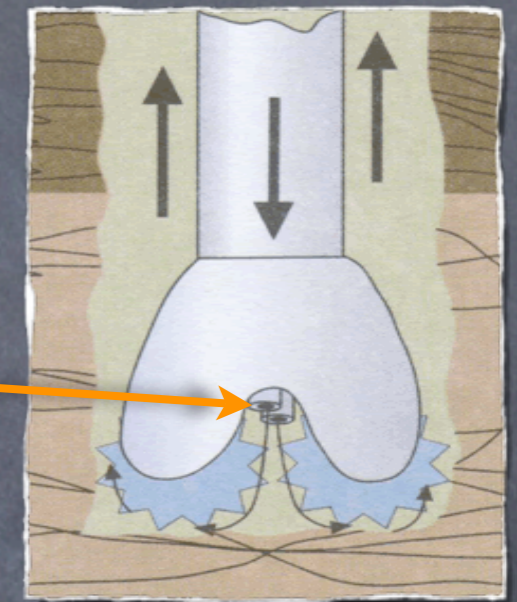
FUNCIONES:

- Remoción de ripios
- Control de presiones
- Obturación de formaciones permeables
- Minimizar daños a la formación
- Enfriamiento y lubricación
- Transmisión de la energía hidráulica
- Asegurar la evaluación adecuada
- Control de la corrosión
- Facilitar la cementación y completación
- Minimizar el impacto con el medio ambiente

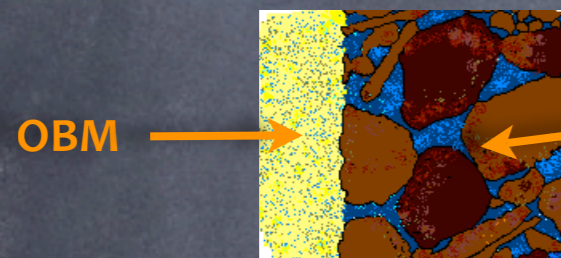


FLUIDOS DE PERFORACIÓN

- Fluidos de perforación base agua (WBM)
- Fluidos de perforación base aceite (OBM)
- Gas

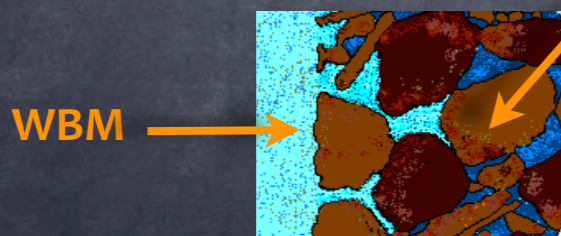


Fluido de Perforación

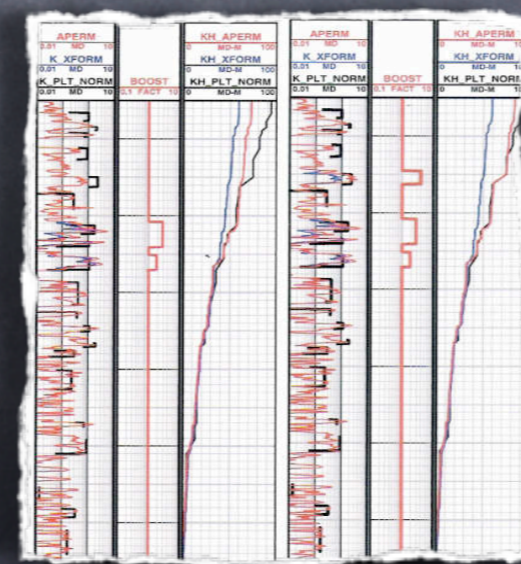


OBM

Mojable al Agua



WBM



Registro

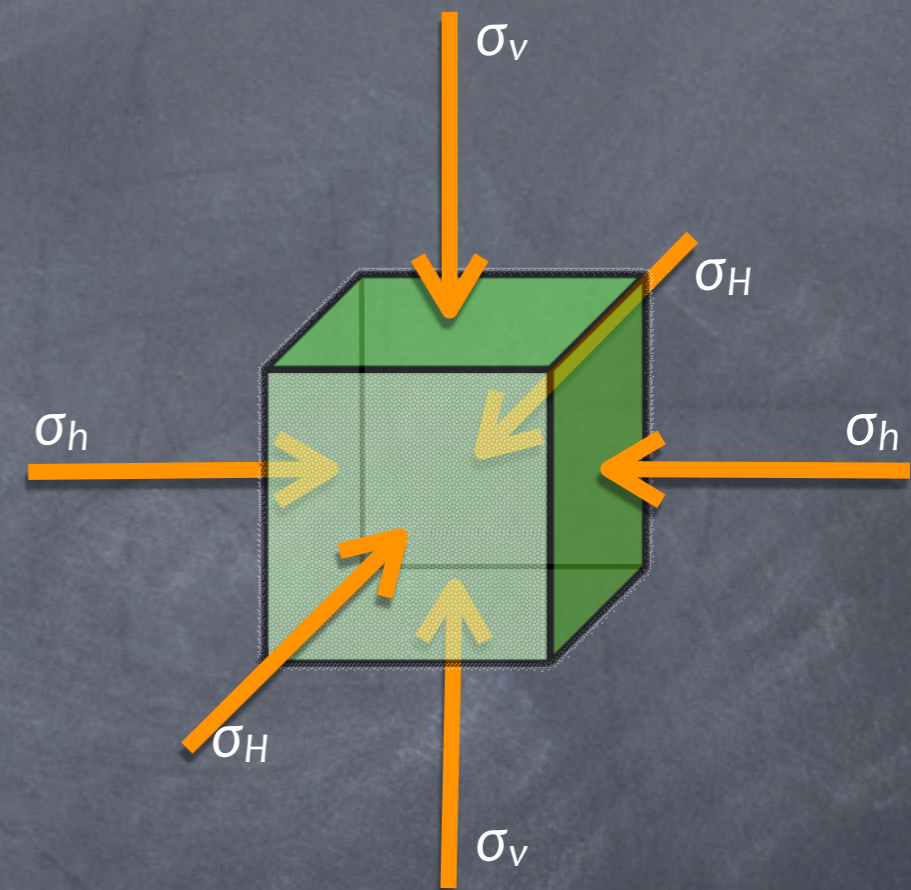
PROPIEDADES

- Densidad
- Reología
- Filtrado
- pH
- Conductividad eléctrica
- Lubricidad
- Corrosividad

MECÁNICA DE ROCAS

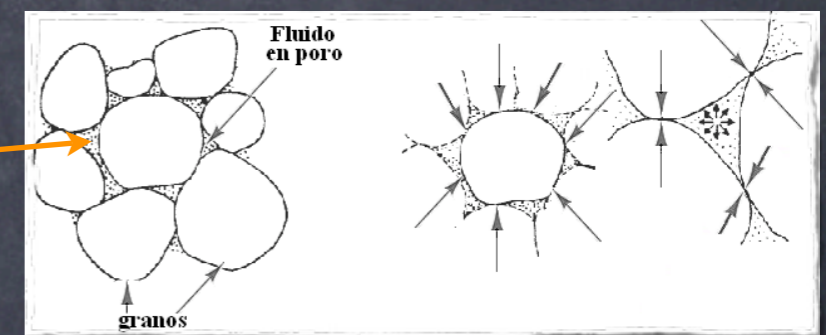
Esfuerzos *in-situ*

- **Esfuerzo Vertical:** efectuado por el peso de los estratos superiores al volumen en estudio.
- **Esfuerzo Horizontal Máximo:** Esfuerzo principal mayor que actúa en compresión o tensión.
- **Esfuerzo Horizontal Mínimo:** Esfuerzo principal menor que actúa en compresión o en tensión



Esfuerzo efectivo de Terzaghi:

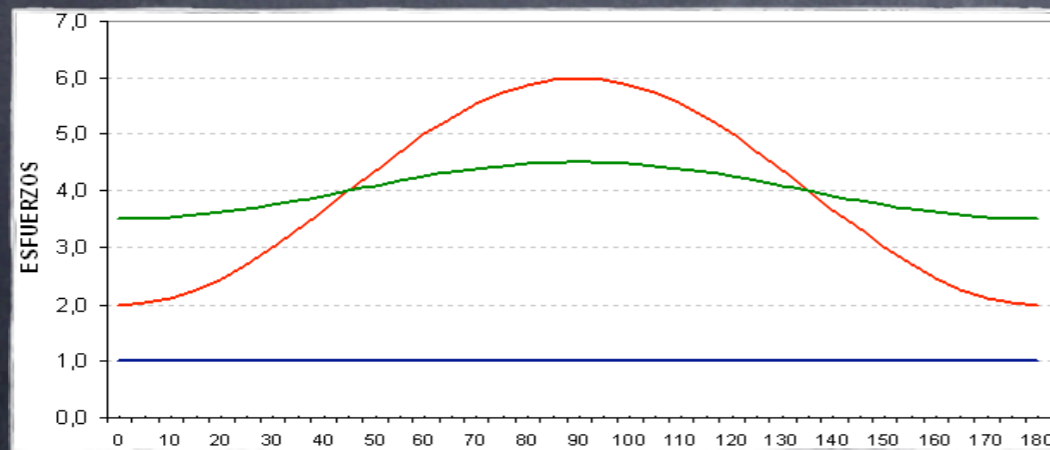
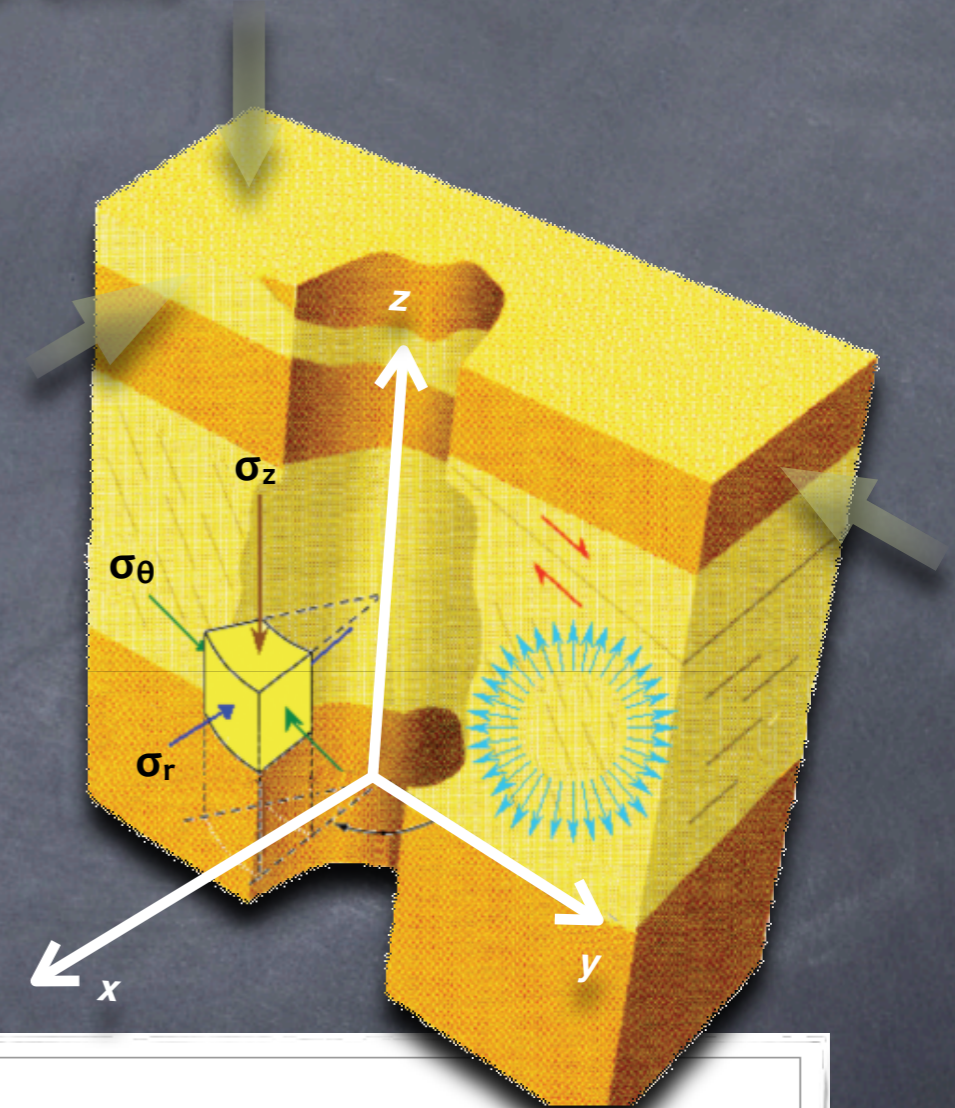
$$\sigma' = \sigma - P_p$$



MECÁNICA DE ROCAS

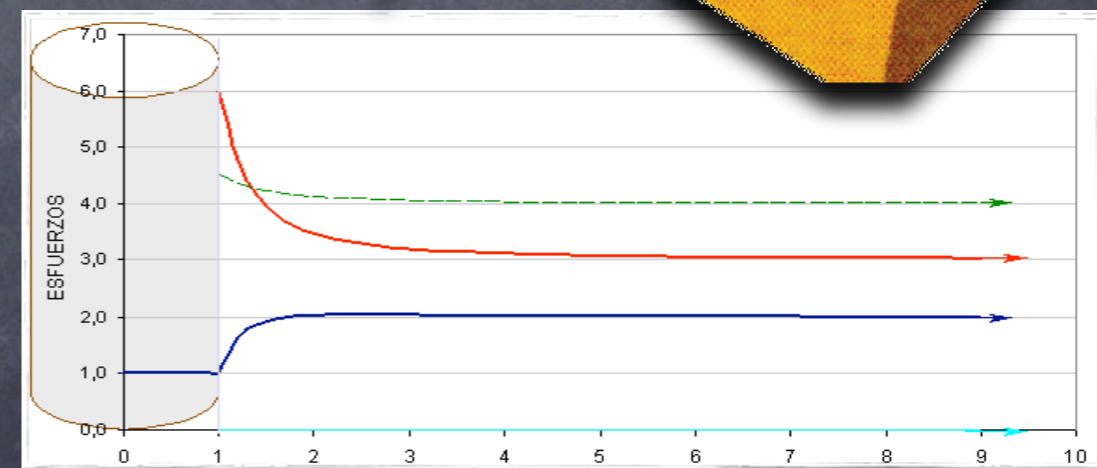
Esfuerzos inducidos alrededor del hoyo

- **Esfuerzo Radial:** actúa a lo largo del radio del hoyo (σ_r).
- **Esfuerzo Tangencial:** actúa alrededor de la circunferencia del hoyo (σ_θ).
- **Esfuerzo Axial:** actúa paralelo a la dirección del hoyo (σ_z).



Ángulo

— σ_θ
— σ_r — σ_z

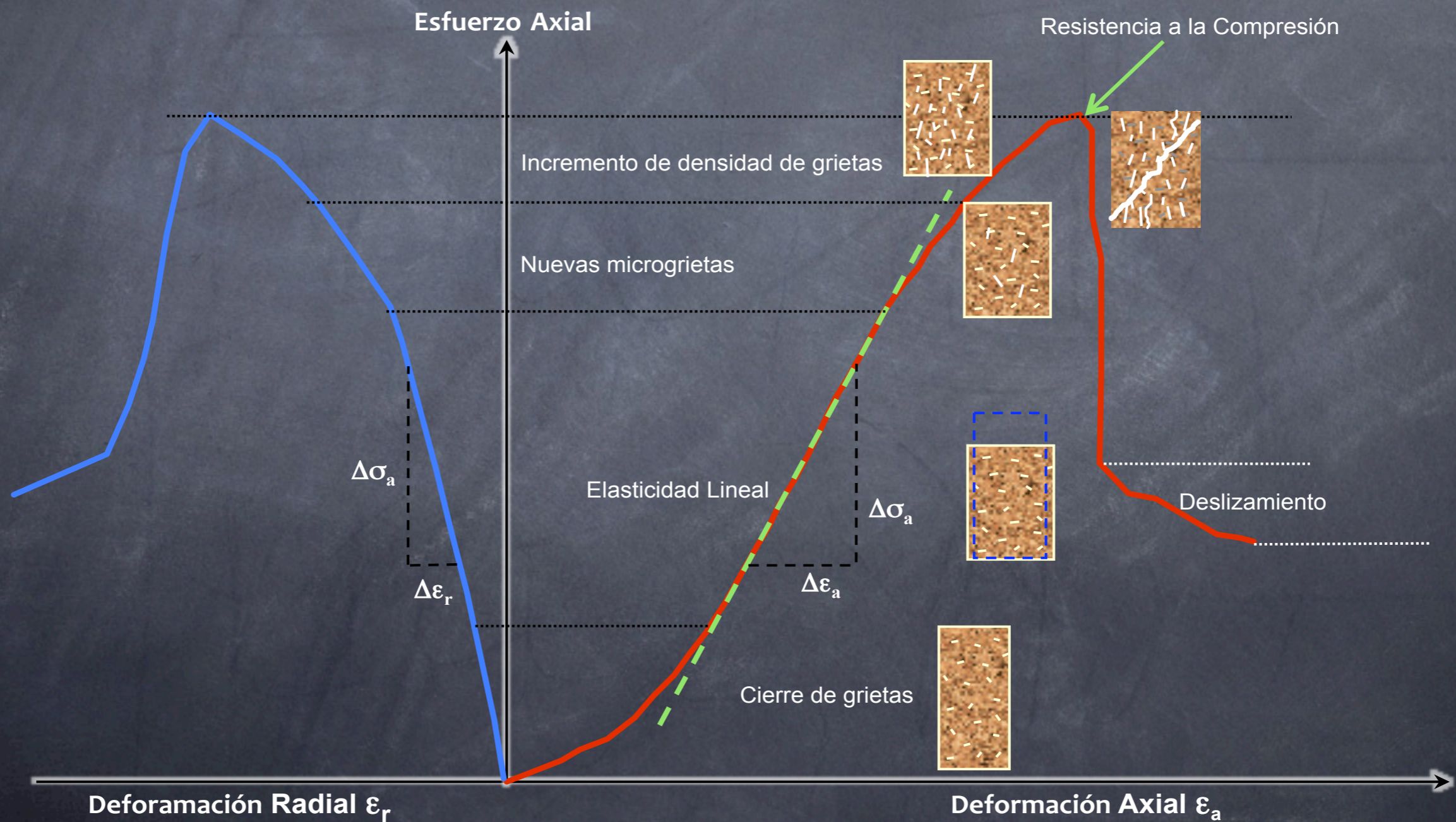


r/R

— σ_θ — τ
— σ_r — σ_z

MECÁNICA DE ROCAS

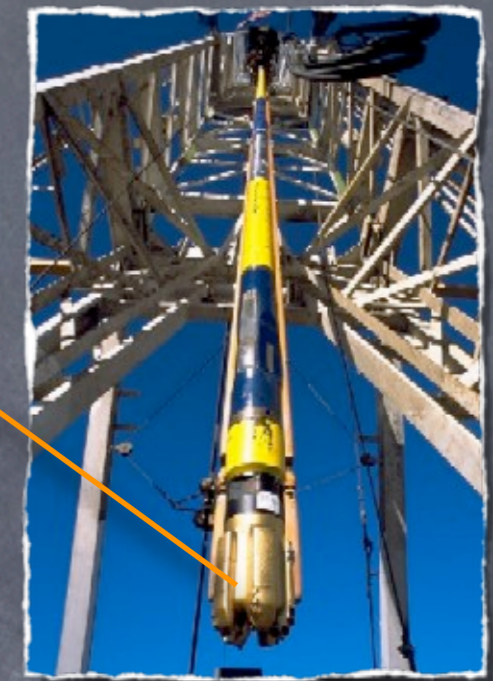
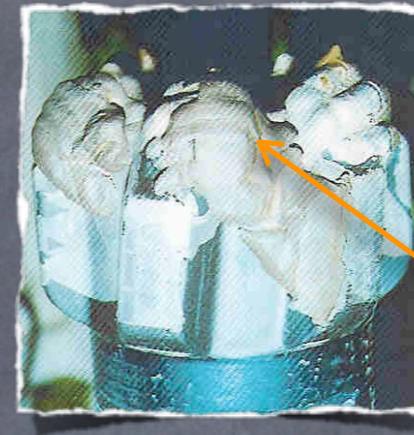
Curva Esfuerzo-Deformación Típica



PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PERFORACIÓN DE LUTITAS

A) Embolamiento de la mecha

- Aumenta viajes de tuberías
- Aumenta número de mechas usadas



Disminuye ROP

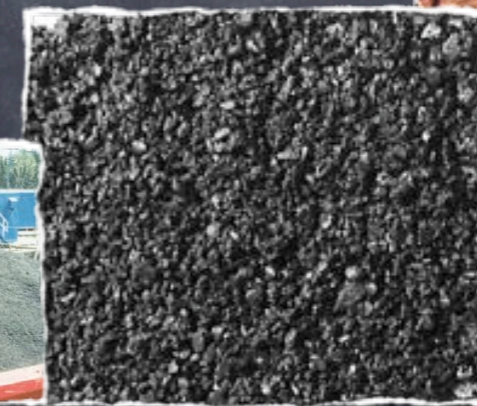
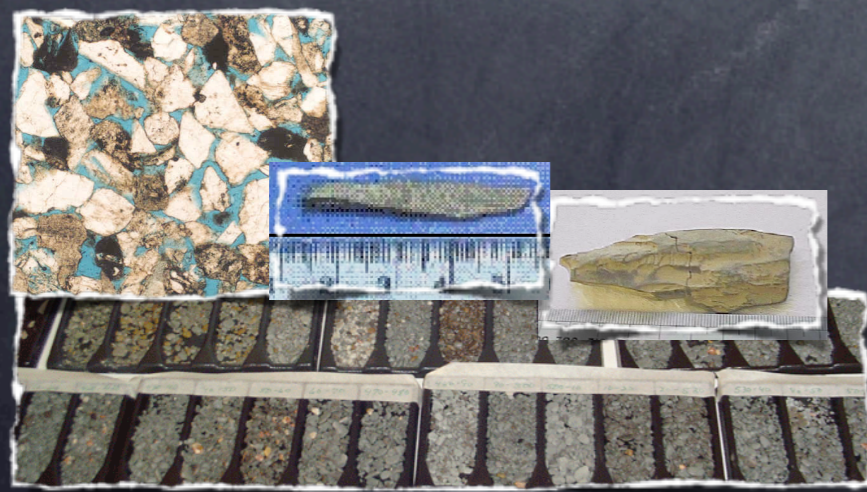
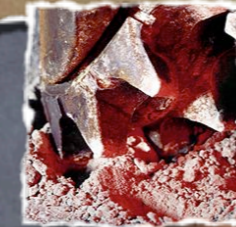


PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PERFORACIÓN DE LUTITAS

B) Desintegración de los Recortes

- Aumenta la Viscosidad del Fluido
- Taponamiento de Mallas
- Necesidad de Diluir Fluido

Disminuye ROP

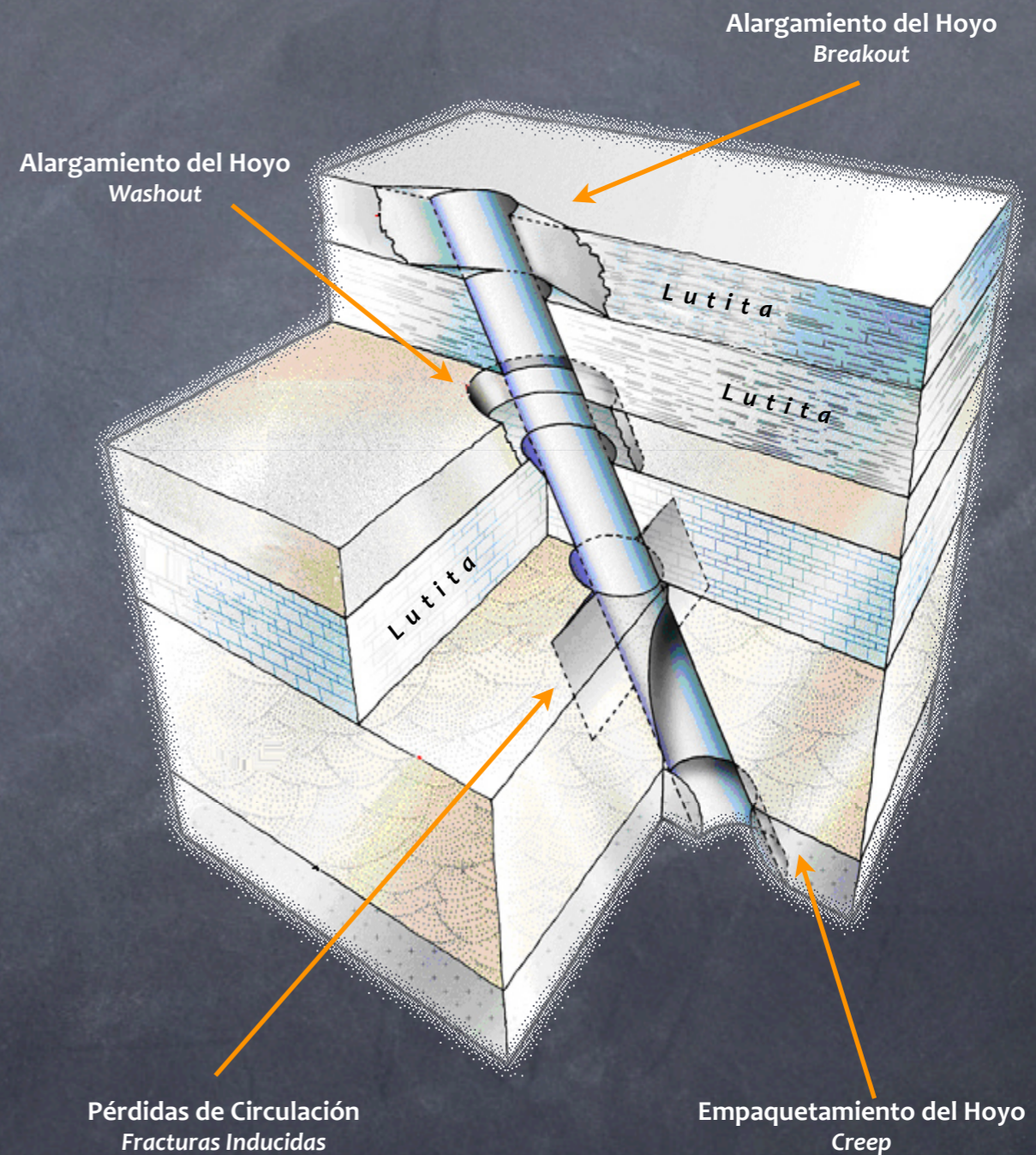


PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PERFORACIÓN DE LUTITAS

C) Inestabilidad de Hoyo

- Exceso de ripios
- Taponamiento de líneas
- Atascamiento de la sarta
- Torques, pegas, arrastres
- *Side Track*

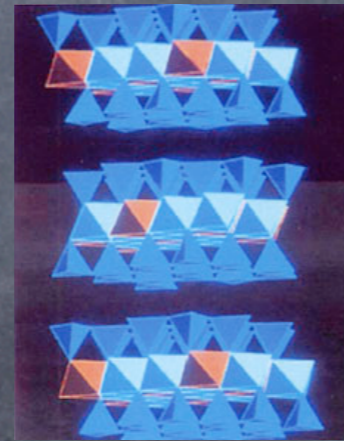
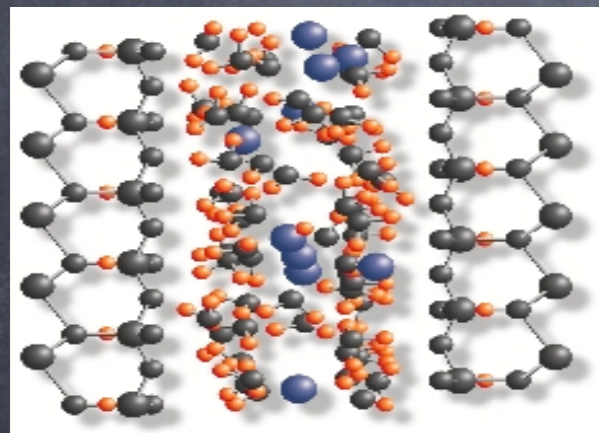
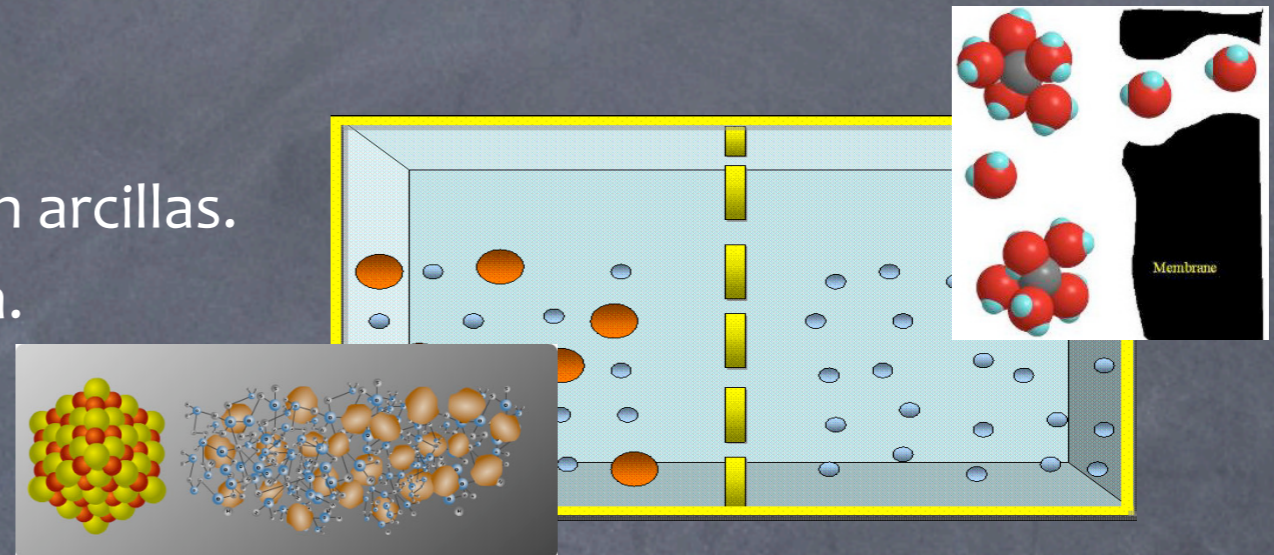
Disminuye ROP



FACTORES FÍSICOQUÍMICOS EN LA ESTABILIDAD DE HOYO

Ósmosis

- Comportamiento de membrana en arcillas.
- Superficie con carga neta positiva.
- Aumenta con la compactación.



Hinchamiento de Arcillas

- Hidratación de cationes intercalados.
- Arcillas 2:1 y con carga de capa baja.
- Depende del tipo de ión intercapa.

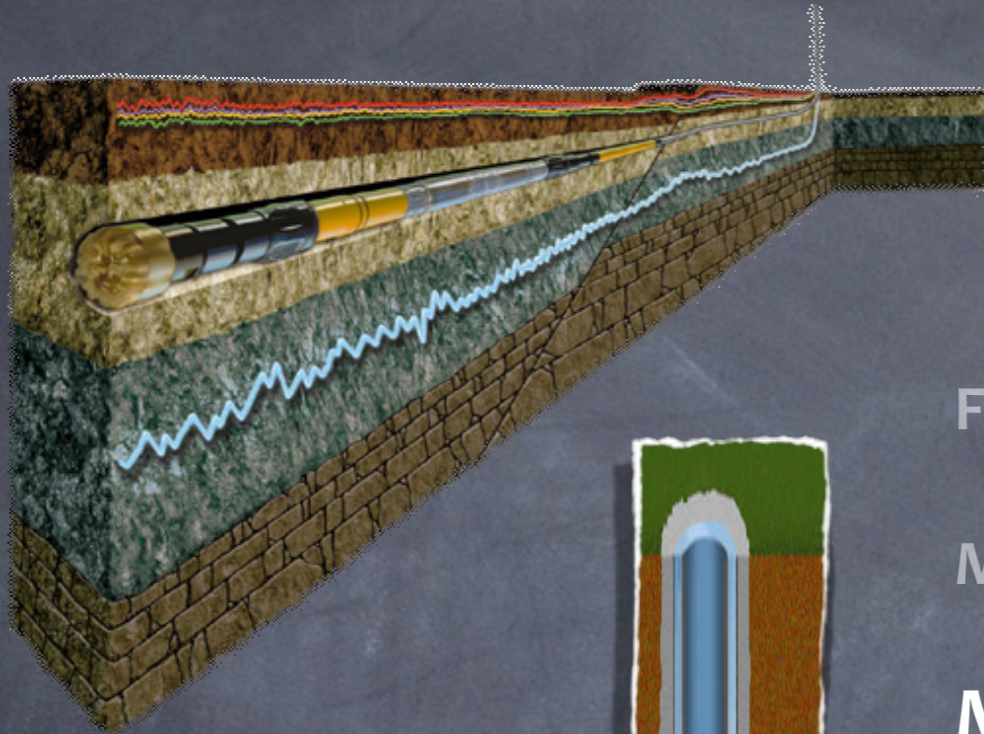
Intercambio Catiónico

- Sustitución de los iones intercapa.
- Orden de Preferencia.



- a.) Valencia
- b.) Grado de Hidratación

CONTENIDO



FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

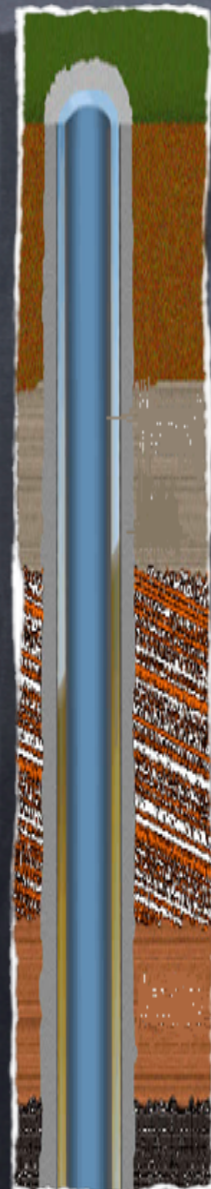
MARCO TEÓRICO

METODOLOGÍA

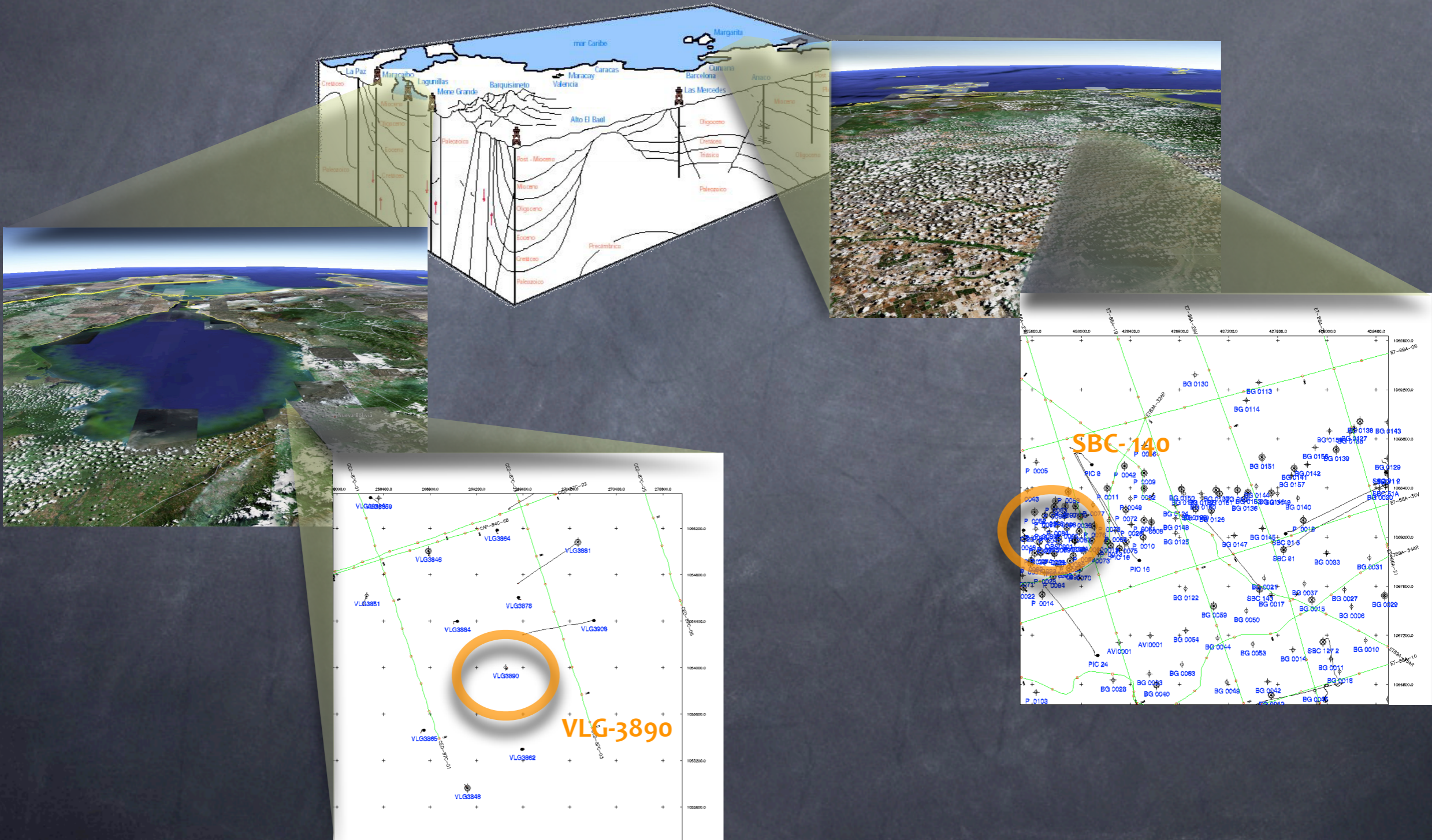
- Selección de las Muestras
- Caracterización de la Roca
- Interacción Roca-Fluido
- Ensayos Mecánicos
- Caracterización final

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



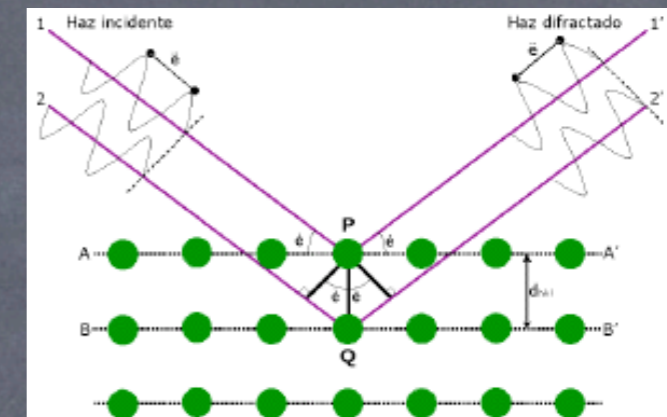
SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS



CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

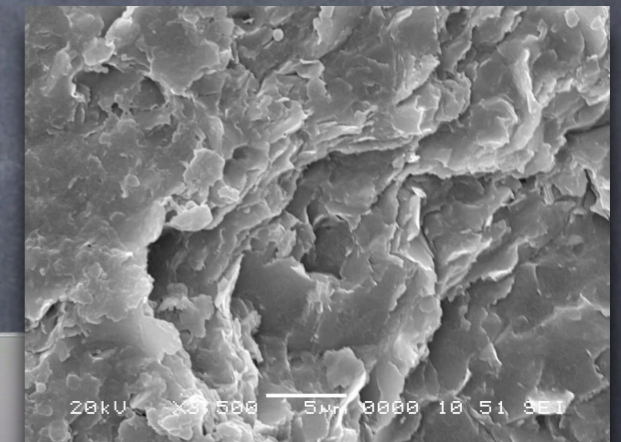
Difracción de Rayos X (XRD)

- Lavado de la muestra.
- Disgregación y homogeneización.
- Soporte de Al.
- Envío de la muestra.



Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

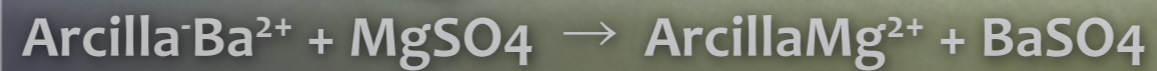
- Lavado de la muestra.
- Partir muestra para formar superficies frescas.
- Soporte de Al.
- Cubierta de aleación de Au.
- Análisis EDX y toma de fotografías.



CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

Capacidad de Intercambio Catiónico (CEC)

- Lavado de la muestra.
- Trituración y saturación con $\text{BaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
- Agregar solución de MgSO_4 .
- Titulación conductimétrica.



Termogravimetría (TGA)

- Lavado de la muestra.
- Montaje de 40g de la muestra en el equipo.
- Creación de atmósfera inerte (Ar).
- Aumento progresivo de la temperatura hasta 300°C .
- Obtención de termogramas.



CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

Área Superficial Específica

- Lavado de la muestra.
- Montaje de 50 mg de la muestra en la cápsula.
- Creación de vacío en el sistema.
- Aumento progresivo de N_2 en la cápsula.
- Disminución progresiva de la presión.
- Obtención de curvas de adsorción/desorción de N_2 .



Porosidad

- Lavado de la muestra.
- Montaje de 40g de la muestra en la cápsula.
- Creación de vacío en el sistema.
- Intrusión de Hg hasta 60000 psi.
- Obtención de curvas de Hg intrusado en los poros.

DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE KCl

Preparación de las Soluciones

- Soluciones de KCl de grado técnico (al 1%; 2%; 3%, ...).
- Atención a la necesidad de usar calor y agitación.
- Observar tendencia de datos de hinchamiento.

Prueba de Hinchamiento Lineal

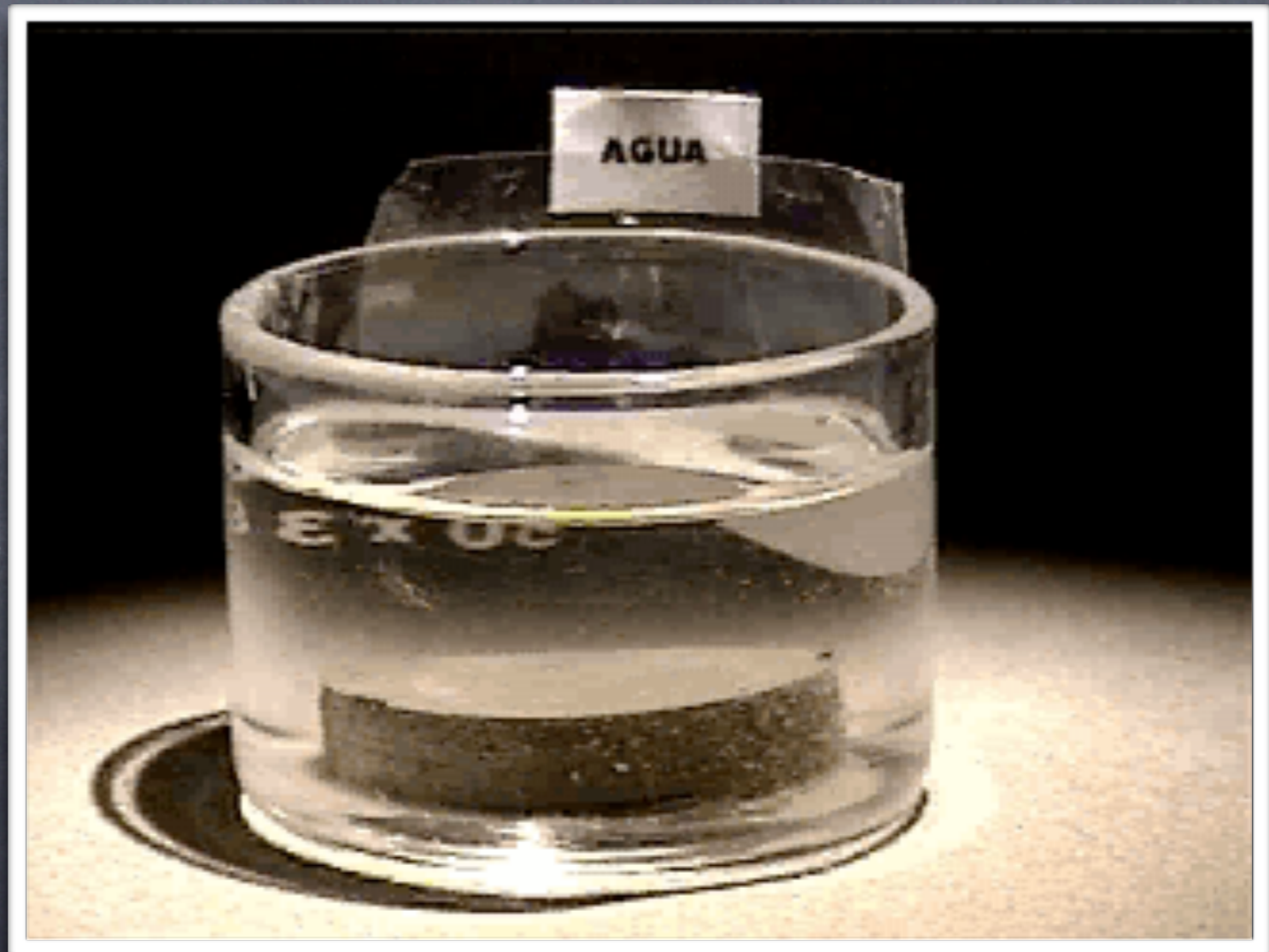
- Pulverización de la muestra.
- Tamiz de 250 mesh.
- Moldes de acero.
- Prensa hasta 6000 psi (1 hora).
- Calibración del equipo.
- Observar tendencia de datos



INTERACCIÓN ROCA-FLUIDO

Interacción Lutita - Solución de KCl

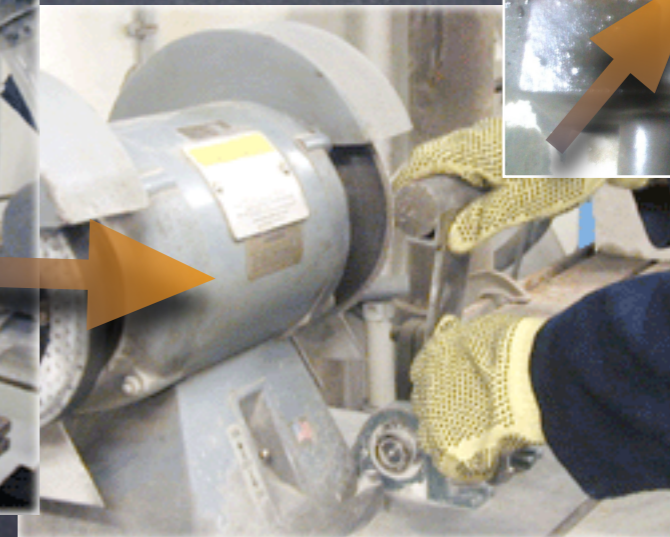
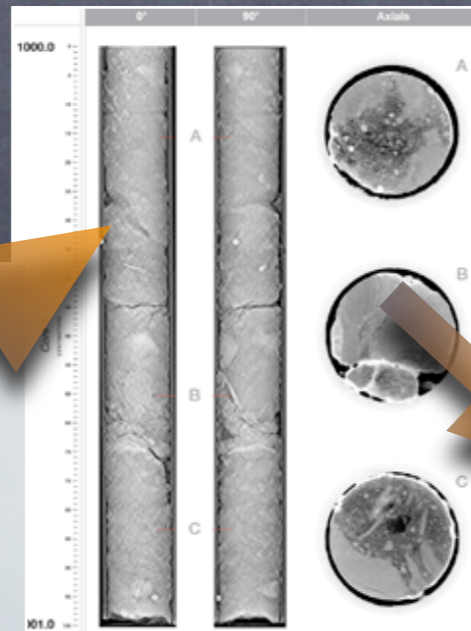
- Presión atmosférica.
- Temperatura ambiente.
- 13 días de exposición.
- Concentraciones de KCl definidas en la prueba de Hinchamiento Lineal.



ENSAYOS MECÁNICOS

Preparación de las Muestras

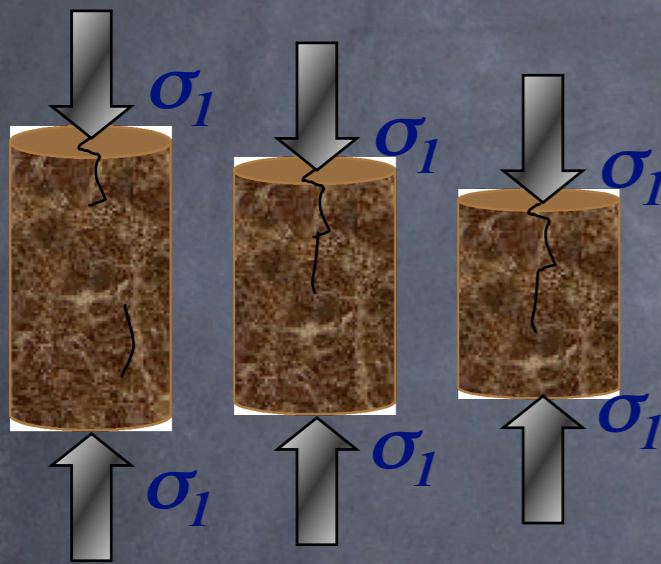
- Los cilindros deberán tener una relación largo - diámetro de al menos 2:1.
- Los lados de los tapones deberán estar libres de irregularidades abruptas.
- Las superficies planas de los tapones deberán ser lisas.
- Deberán ser almacenadas en aceite.



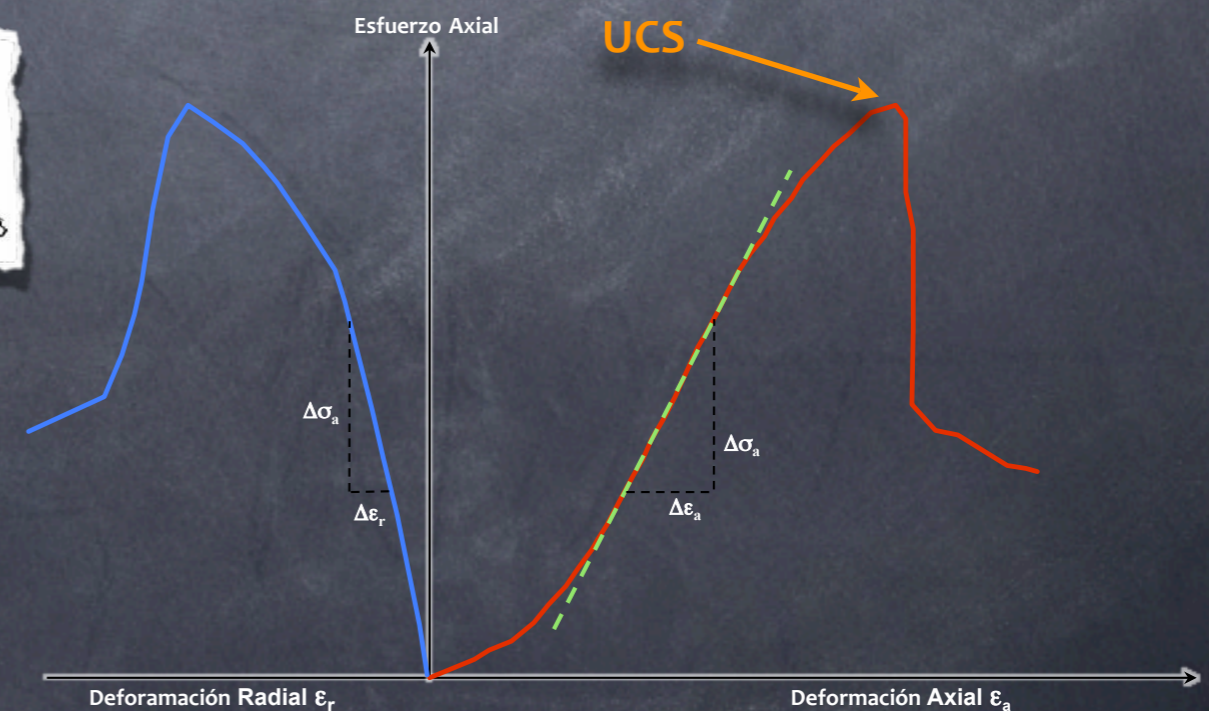
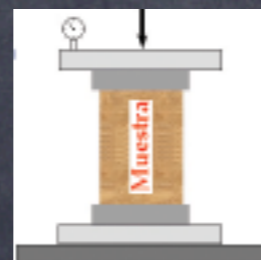
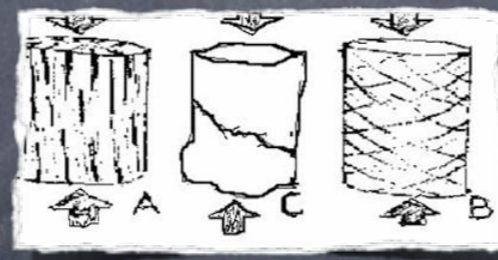
ENSAYOS MECÁNICOS

Ensayo de Compresión Uniaxial

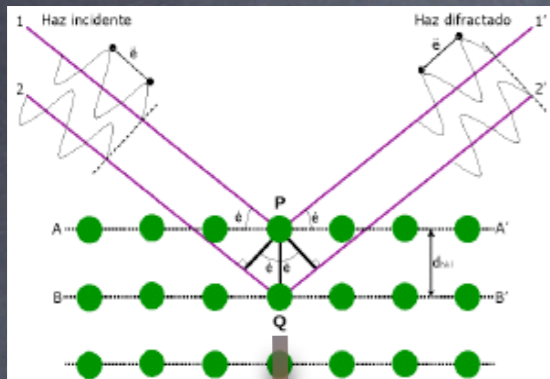
- Instalación del sistema de carga y captura de datos.
- Aplicación de la carga hasta la ruptura de las muestras.
- Determinación de UCS
- Determinación de la deformabilidad de la roca (Módulo de Young & Módulo de Poisson)



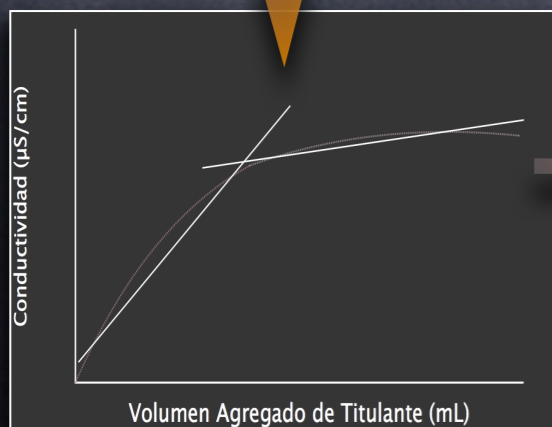
MTS-810



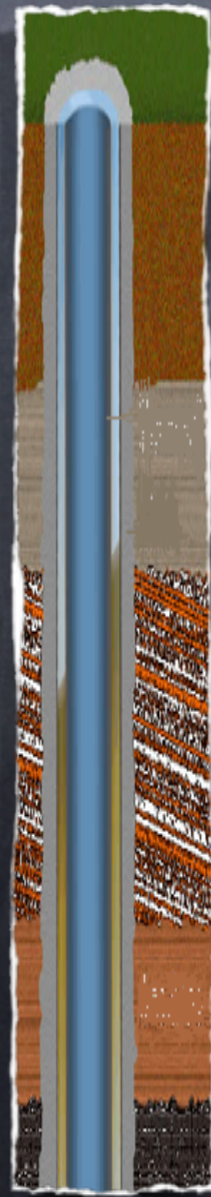
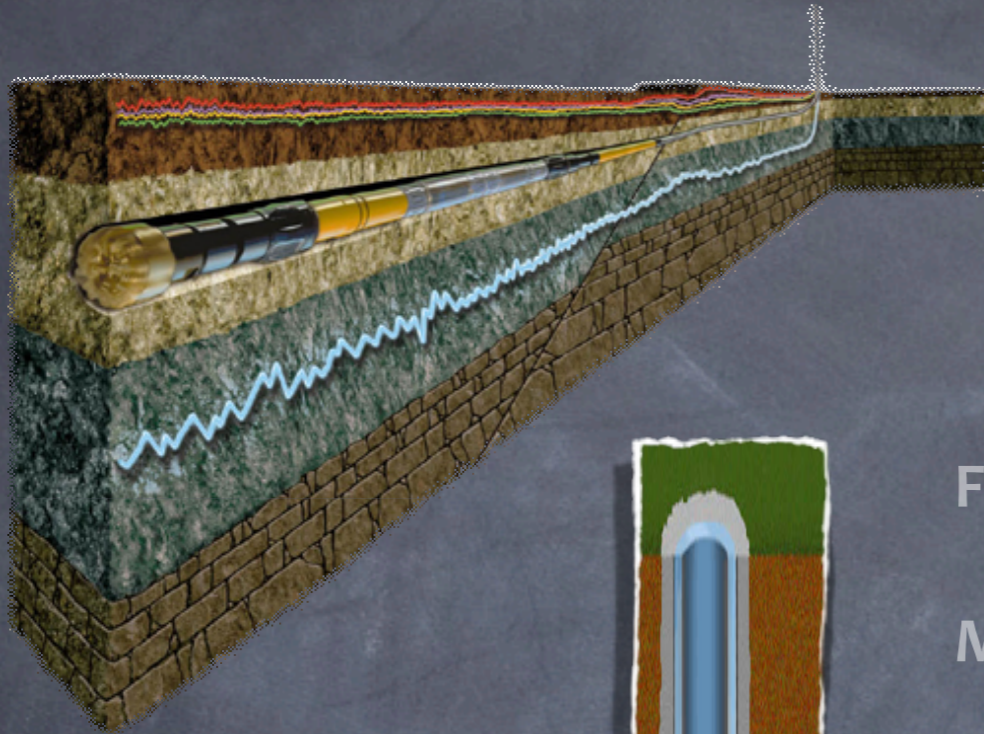
CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA MUESTRA



- Difracción de Rayos X (XRD)
- Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CEC)
- Análisis Termogravimétrico (TGA)
- Análisis Superficial
- Porosimetría de Mercurio



CONTENIDO



FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

MARCO TEÓRICO

METODOLOGÍA

RESULTADOS Y ANÁLISIS

- Caracterización de la Roca
- Ensayos Mecánicos
- Caracterización final

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



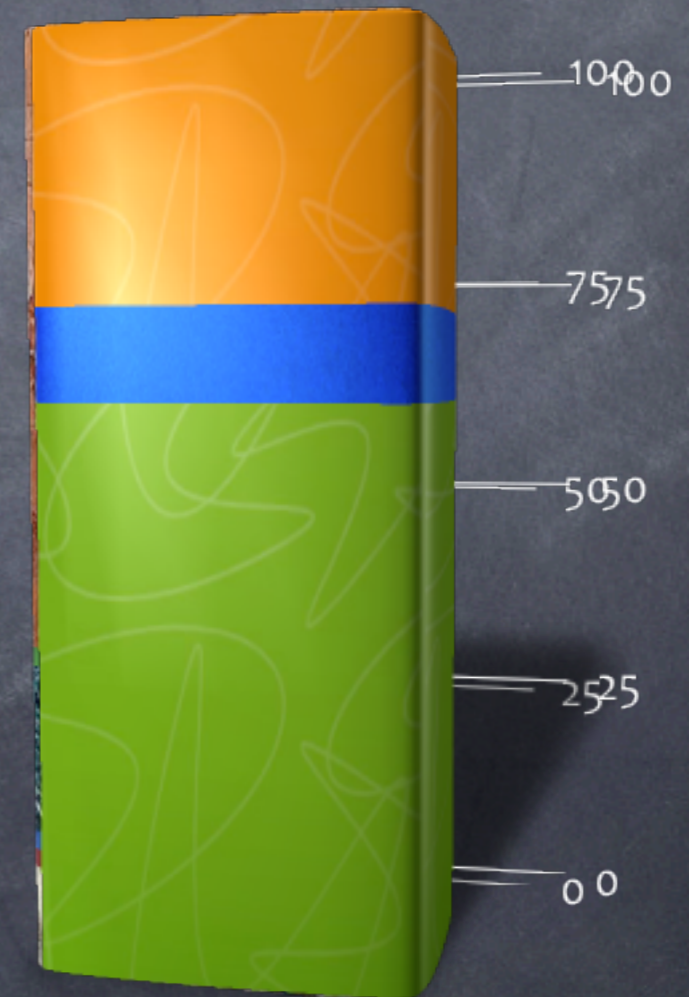
CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

Difracción de Rayos X (XRD)

-  Caolinita y Corindón (P)
-  Clorita  Siderita
-  Illita y Esme  Arcillas

% Másico

	14895' (4540m)	14904' (4543m)	14937' (4552m)
Cuarzo	12	11	18
Illita y Esme	43	34	38
Illita	2	2	1
Caolinita y Clorita	-	2	5
	60	61	56
	63	65	73

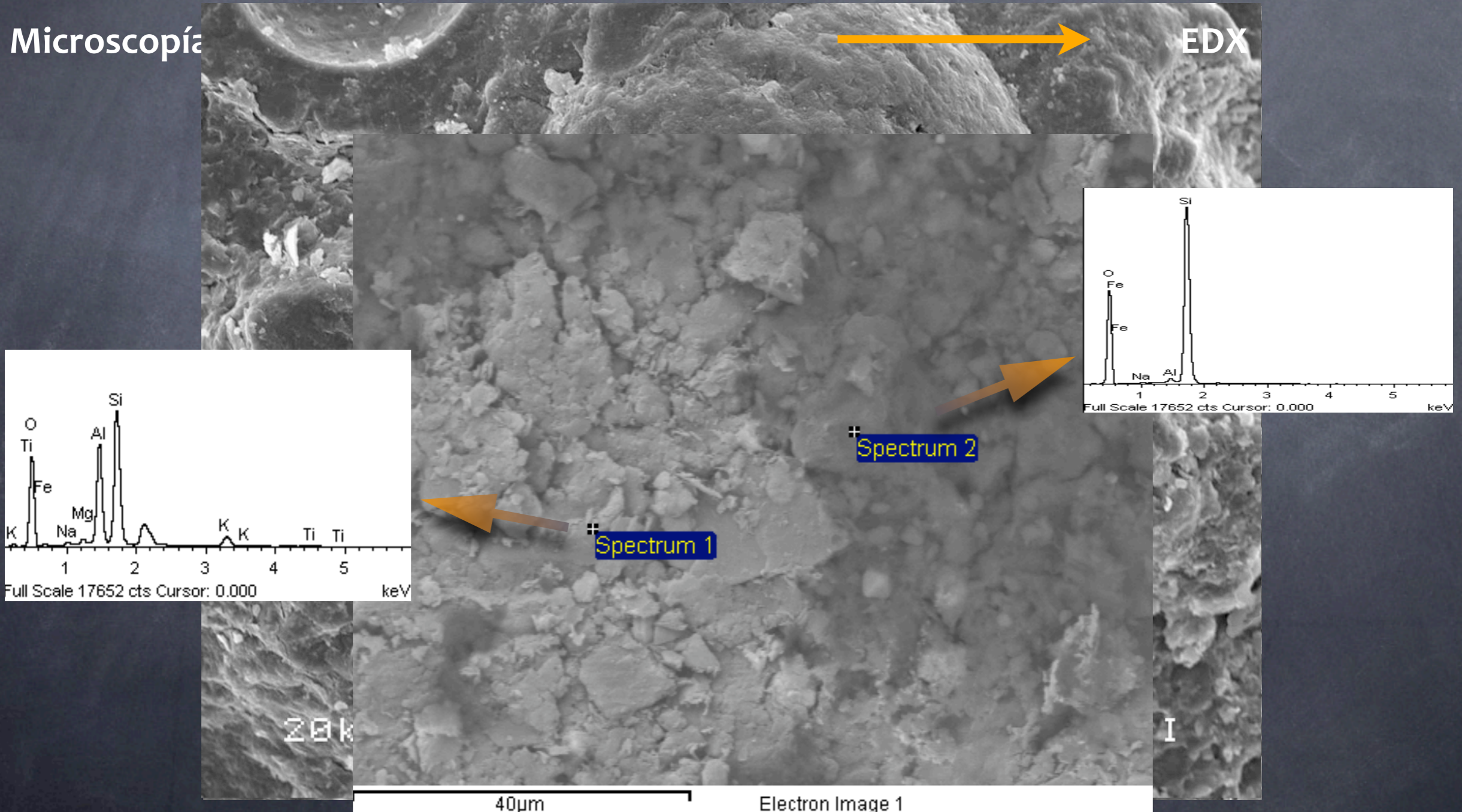


Mineralogía de Arcillas

CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

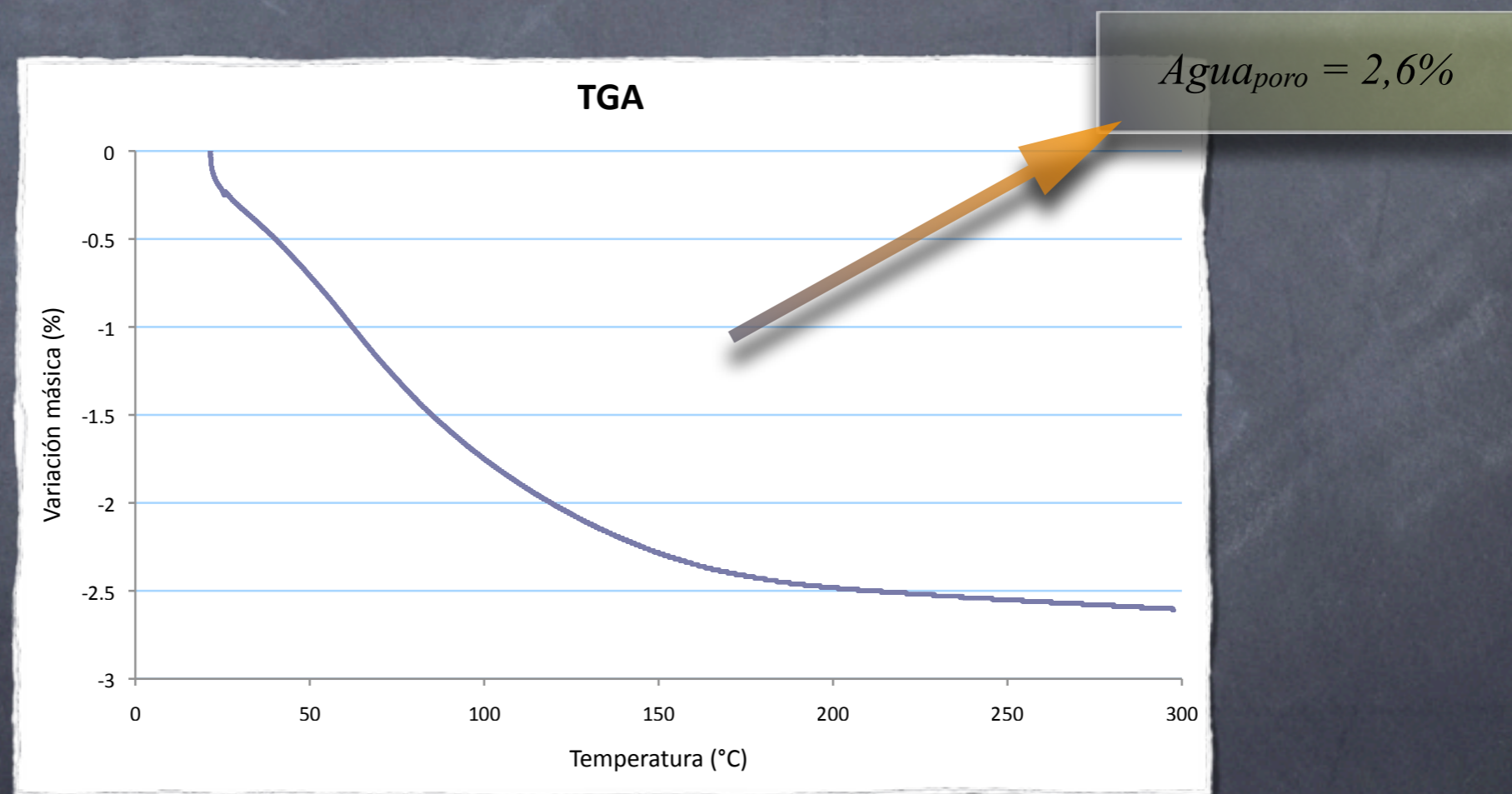
Microscopía

EDX



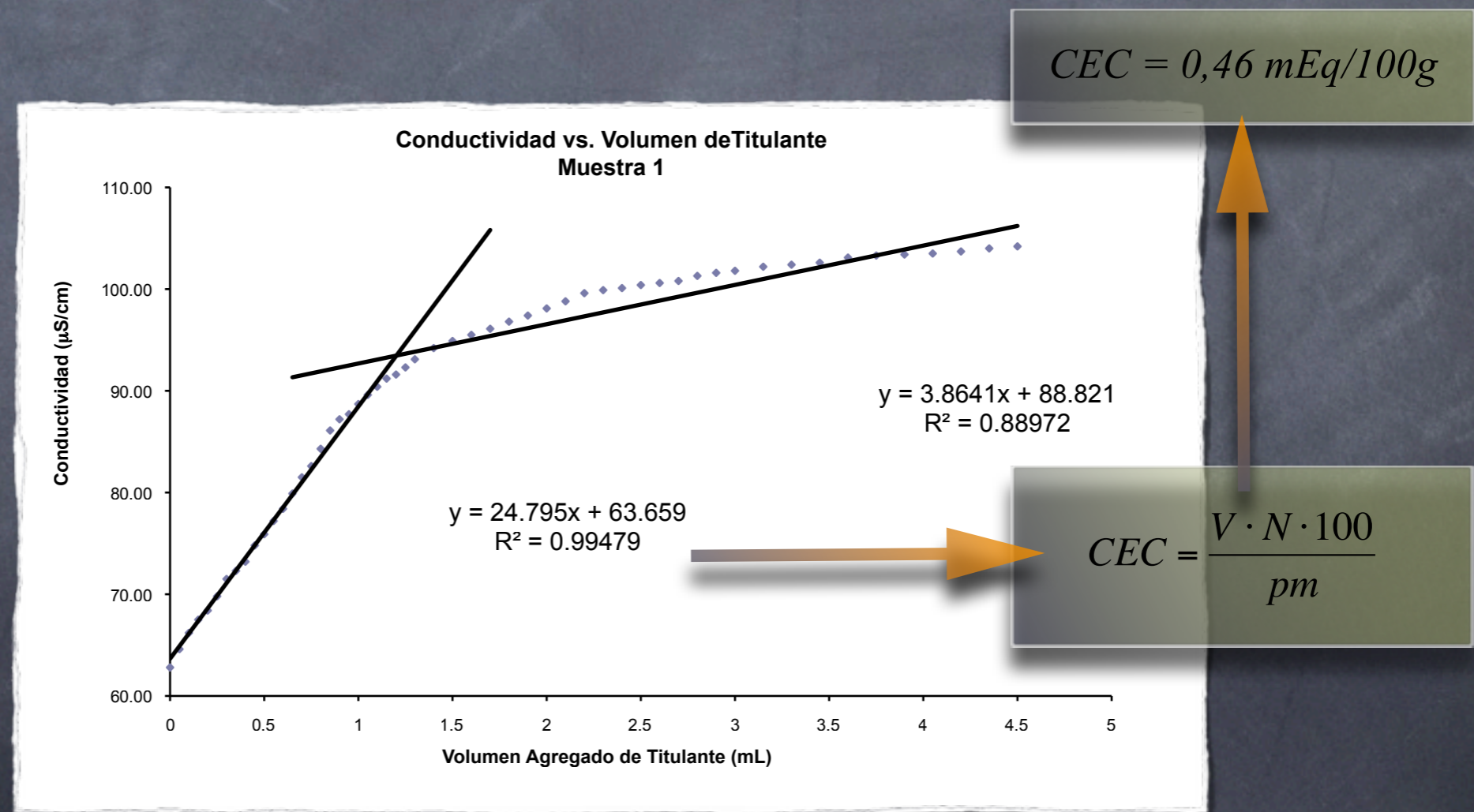
CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

Análisis Termogravimétrico (TGA)



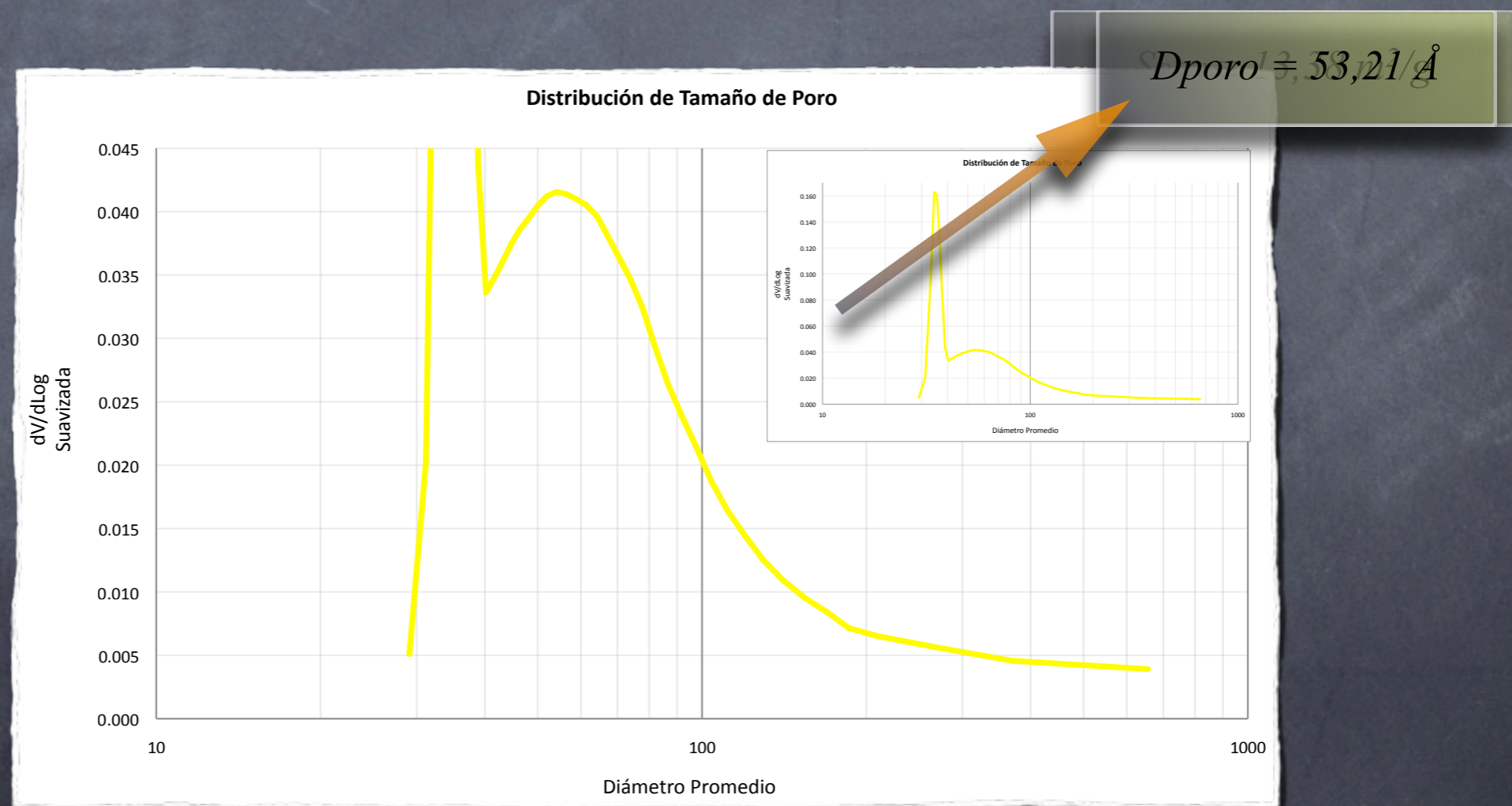
CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

Capacidad de Intercambio Catiónico (CEC)



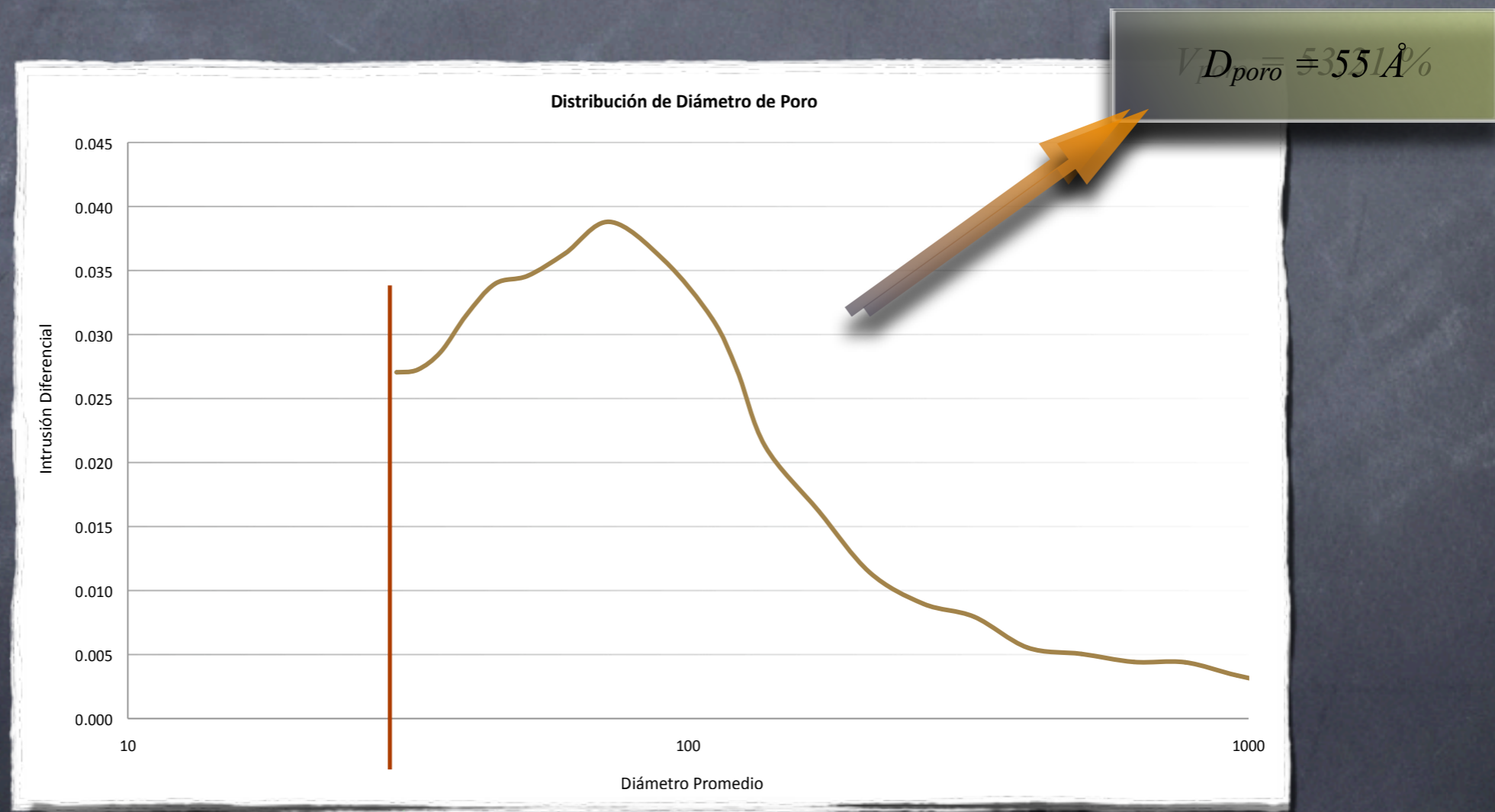
CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

Área Superficial y Porosidad (BET)

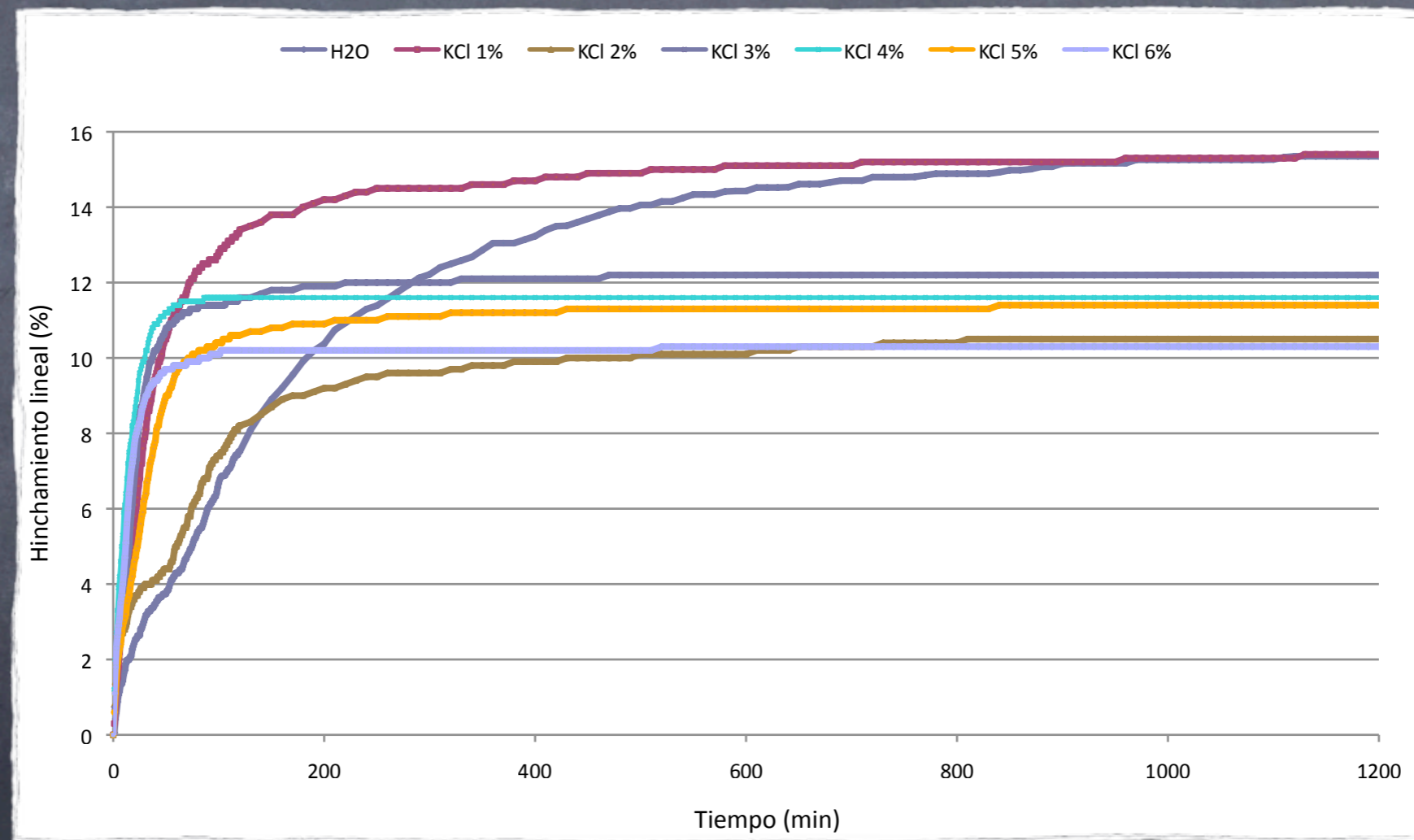


CARACTERIZACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA

Porosidad (Intrusión de Mercurio)

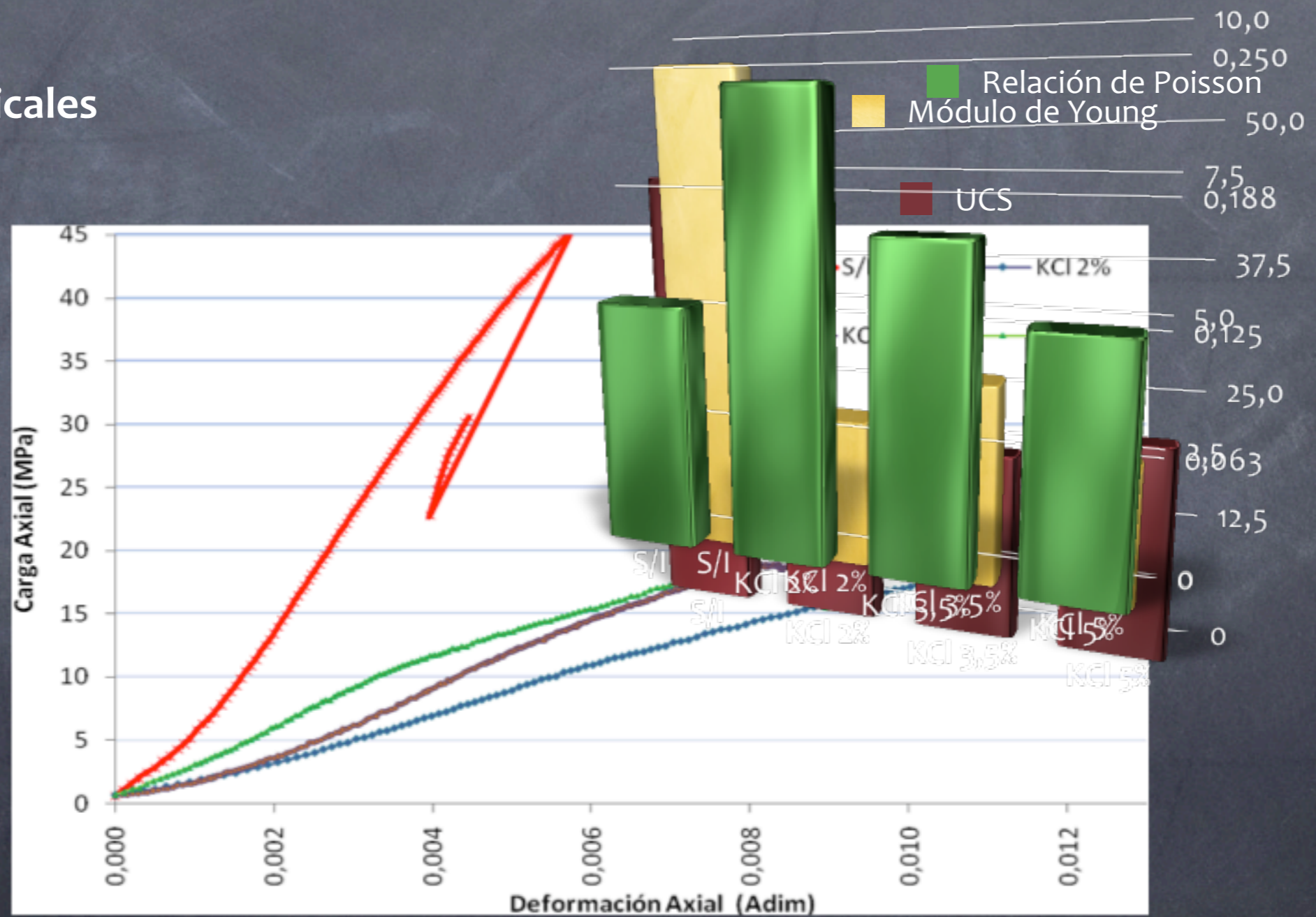


HINCHAMIENTO LINEAL



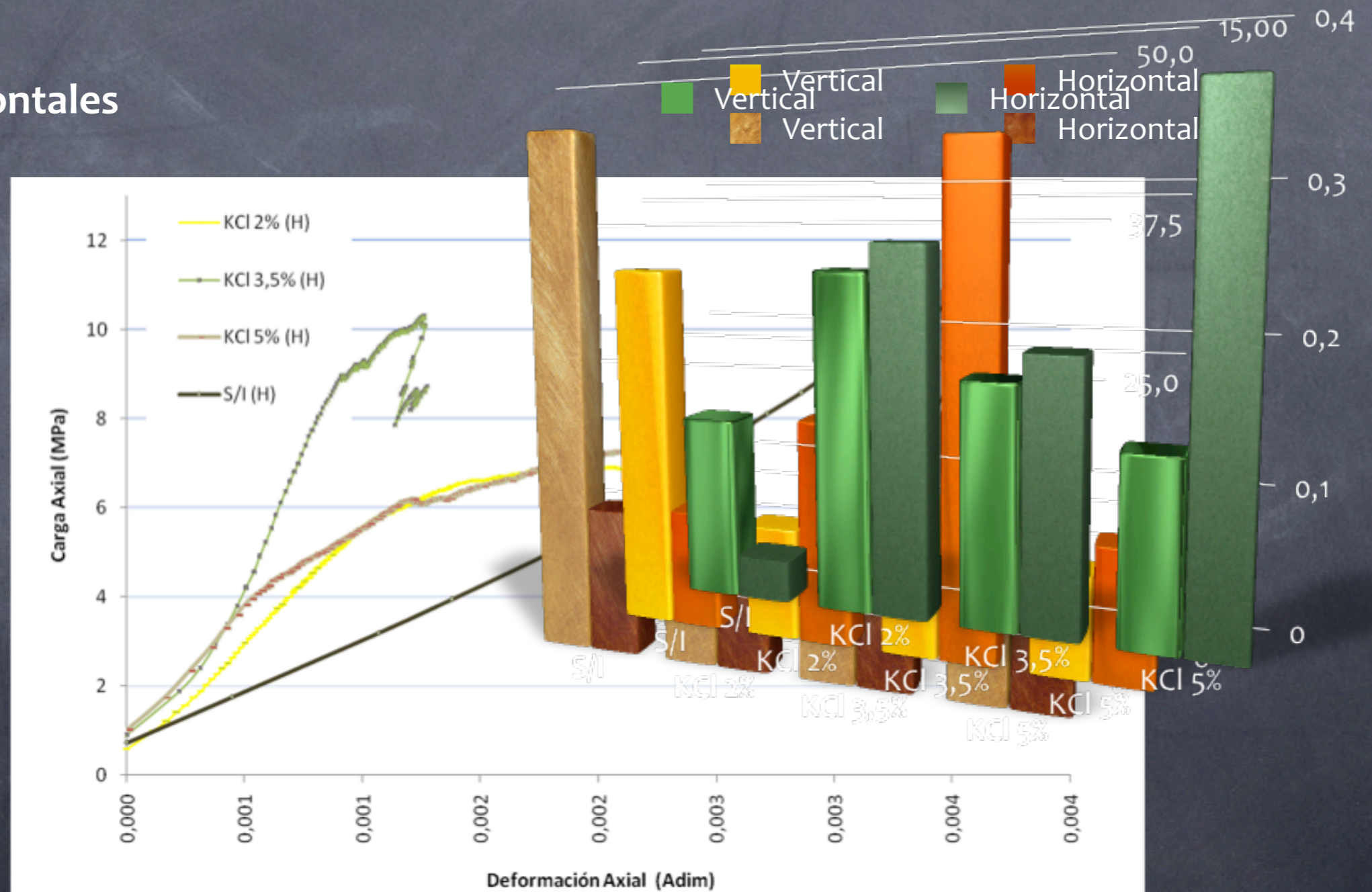
ENSAYOS MECÁNICOS

Tapones Verticales



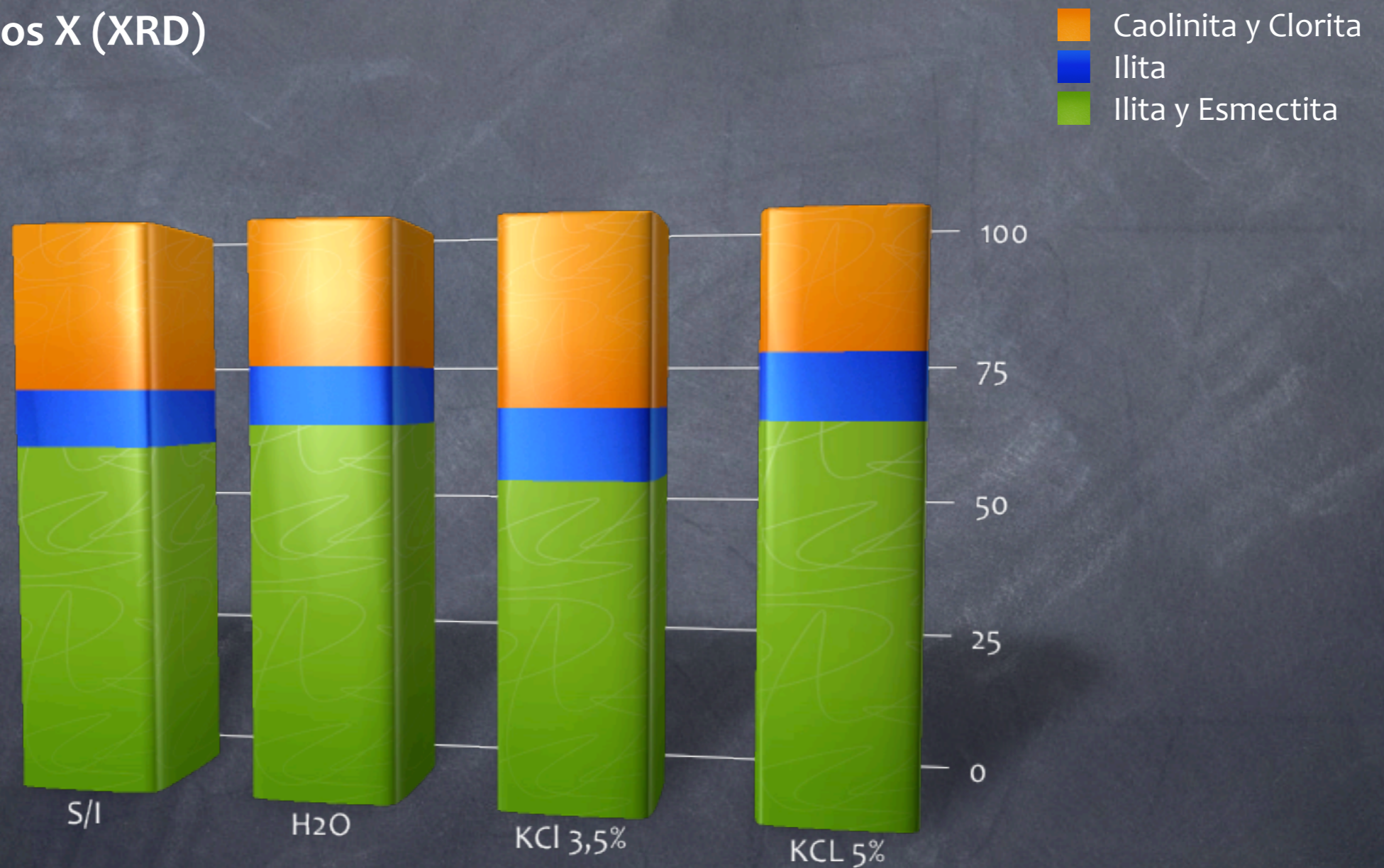
ENSAYOS MECÁNICOS

Tapones Horizontales



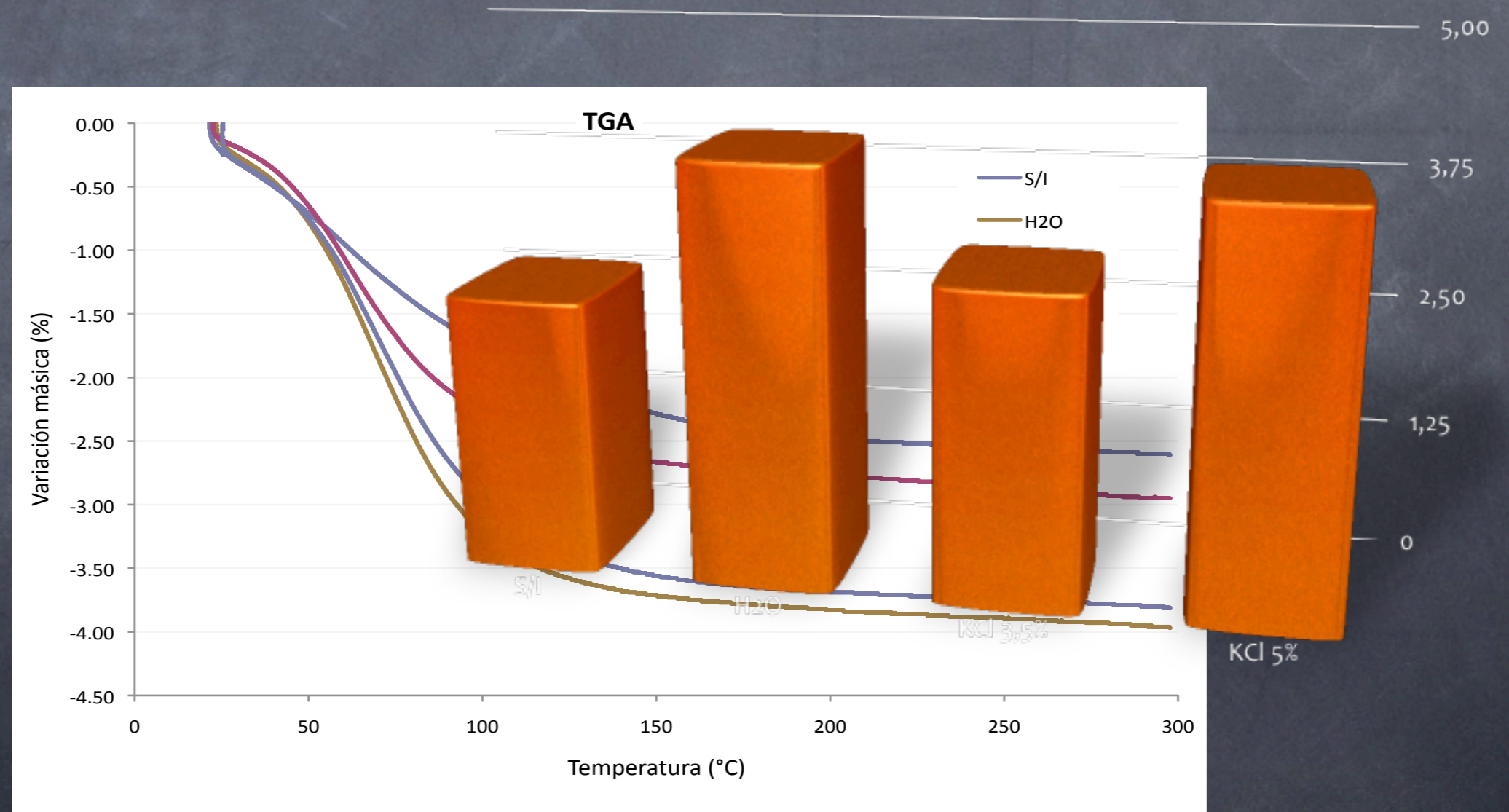
CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA MUESTRA

Difracción de Rayos X (XRD)



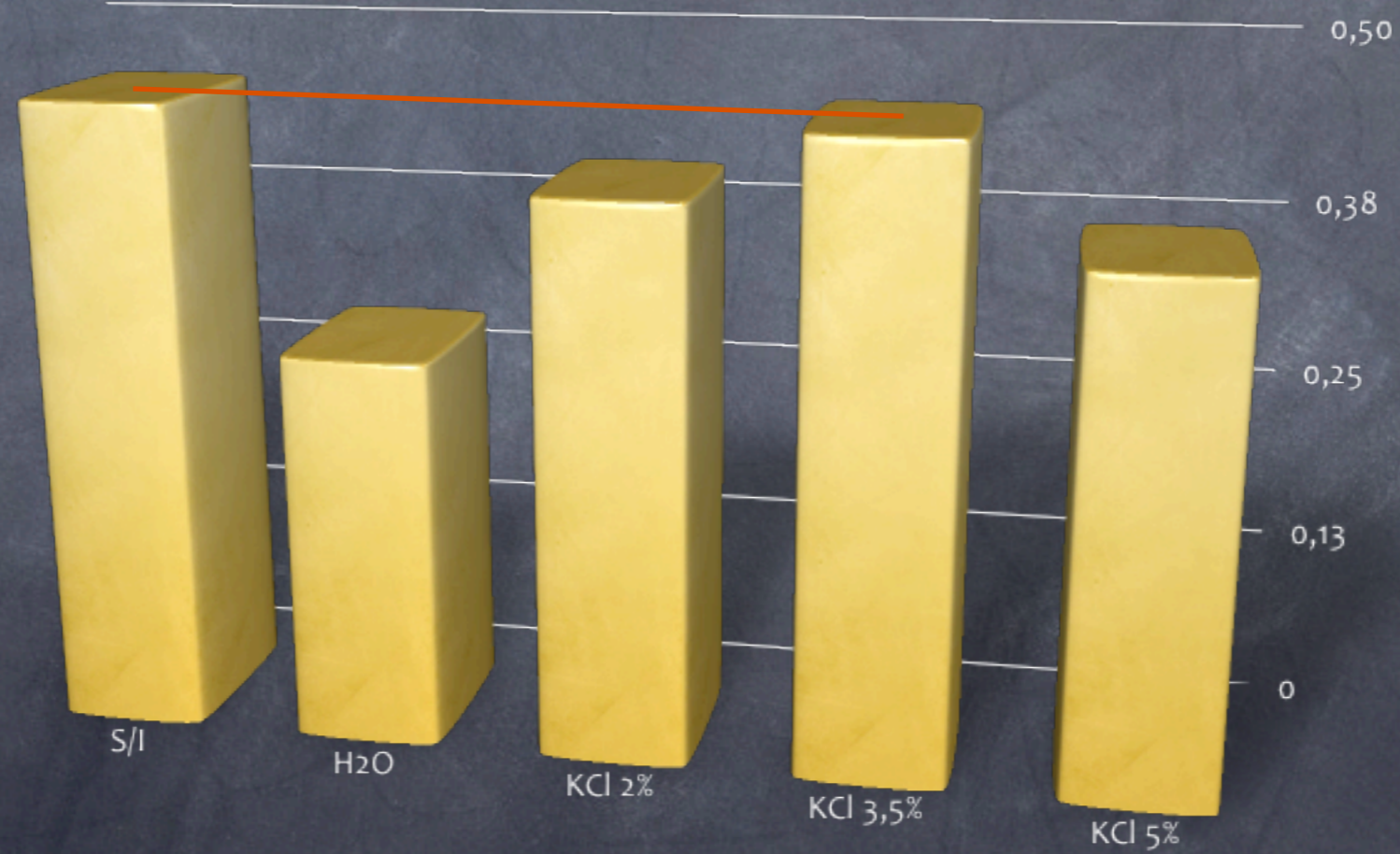
CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA MUESTRA

Análisis Termogravimétrico (TGA)



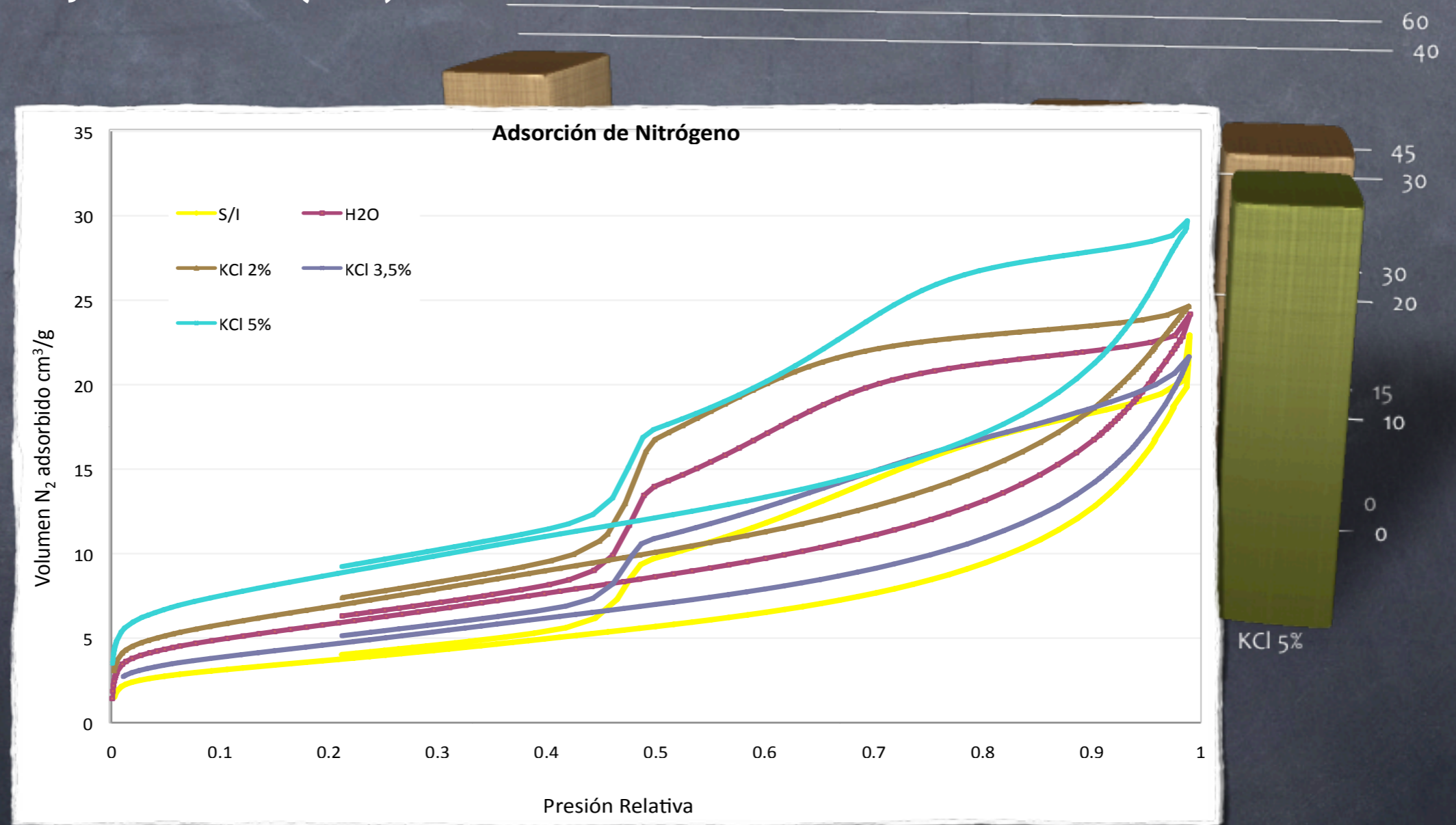
CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA MUESTRA

Capacidad de Intercambio Catiónico (CEC)



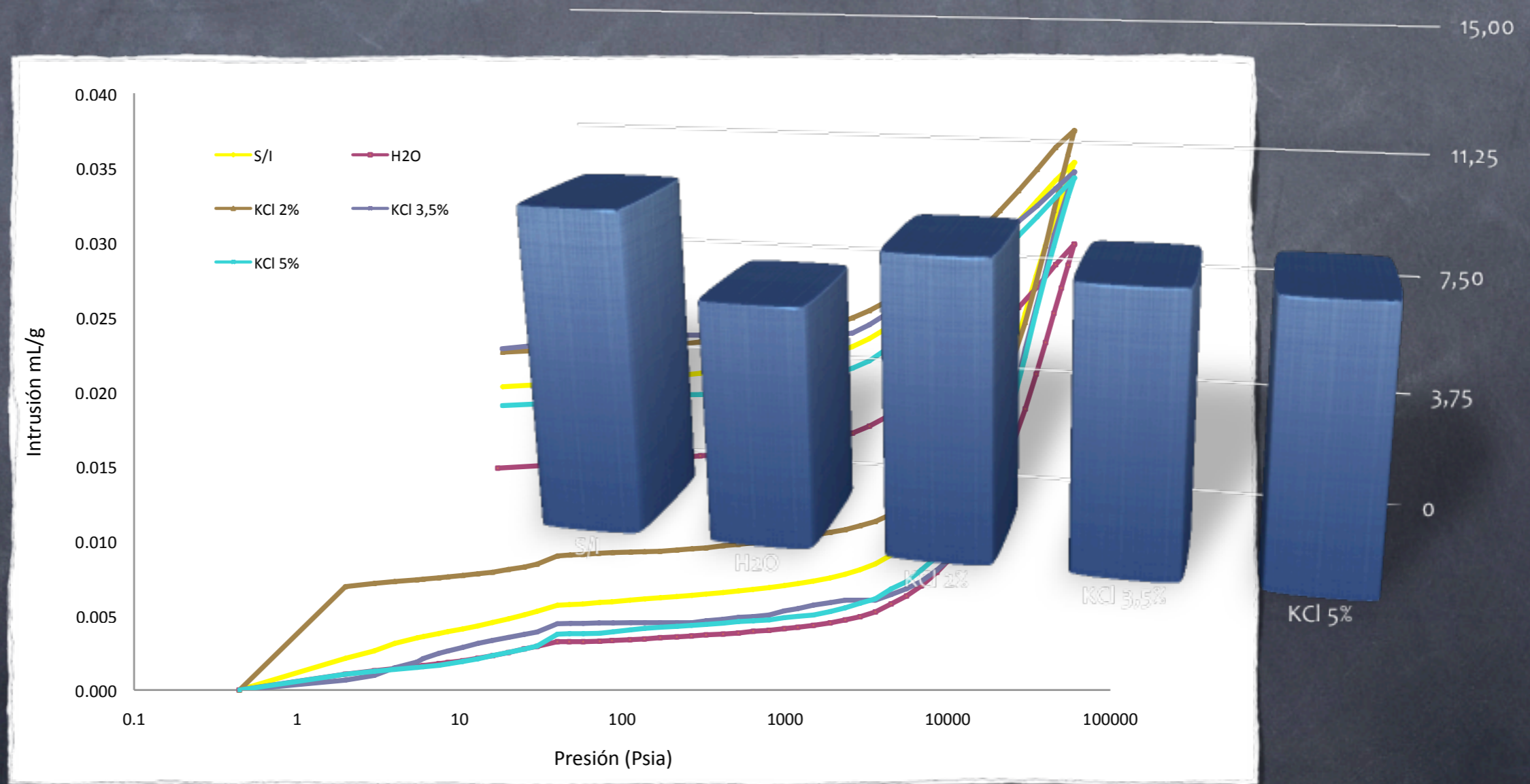
CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA MUESTRA

Área Superficial y Porosidad (BET)

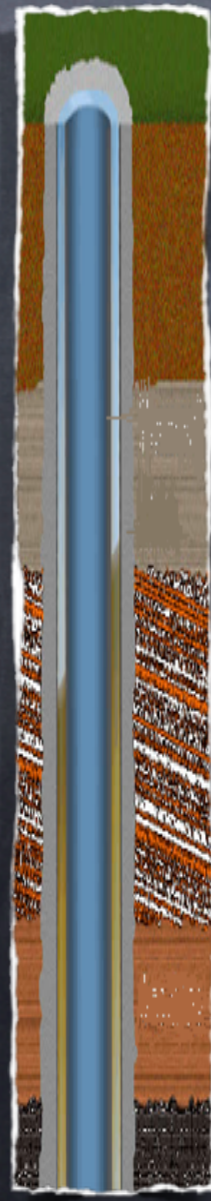
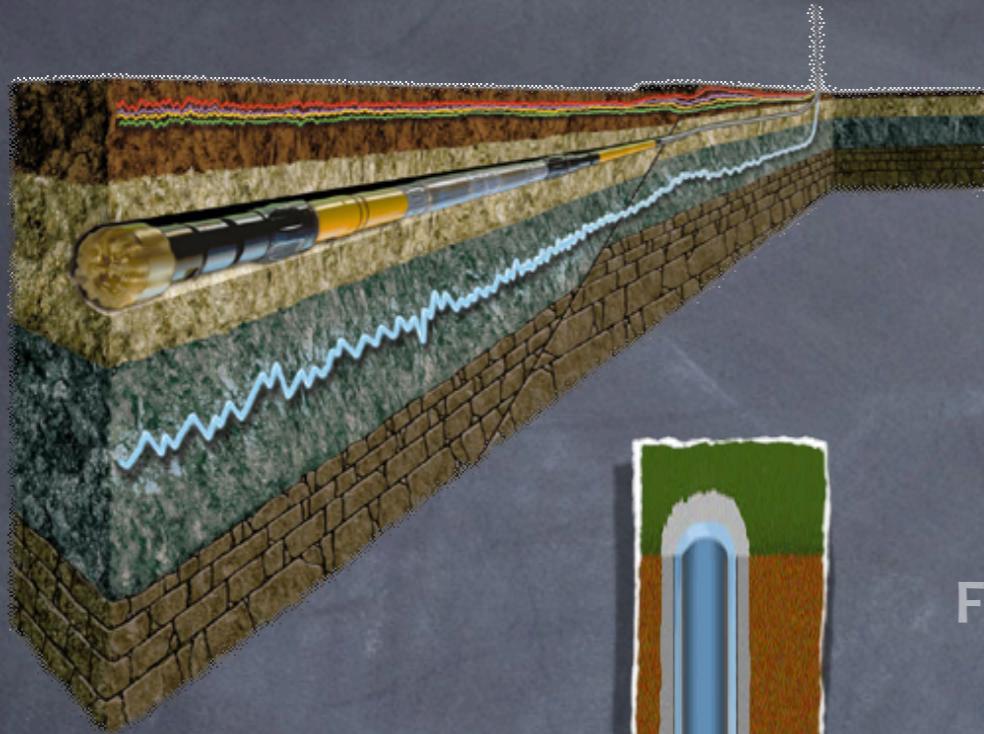


CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA MUESTRA

Porosidad (Intrusión de Mercurio)



CONTENIDO



FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

MARCO TEÓRICO

METODOLOGÍA

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

EFFECTO FISICOQUÍMICO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS ROCAS LUTÍICAS

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Presentado por Ezequiel Meza Hidalgo