

# **GEOLOGIA Y GEOTECNIA**

**2020**

(6ta edición)

## **TIPOS DE SUELOS:**

### **ARCILLAS**

**Dra. Ing. Silvia Angelone**

## **BIBLIOGRAFIA**

**Terzaghi y Peck - Art. 4**

**Tipos de suelos: Caracterización de suelos arcillosos y limosos. Rodrigo Zapata y Silvia Angelone**

**Enlaces Químicos. Ing. Rafael Rosado**

**Berry y Reid - Cap. 1.3**

**Braja Das – Cap. 1**

## DEFINICION

De acuerdo a las normas UNE-EN ISO 14688-1 y 14689-1

- **Roca:** asociación de minerales que se presenta en forma natural, consolidada, cementada o trabada de cualquier forma dando lugar a un material que generalmente tiene más resistencia y rigidez que el suelo
- **Suelo:** conjunto de partículas minerales o de materia orgánica en forma de depósito, generalmente minerales, pero a veces de origen orgánico, que pueden separarse por medio de una acción mecánica sencilla y que incluyen cantidades variables de agua y aire.

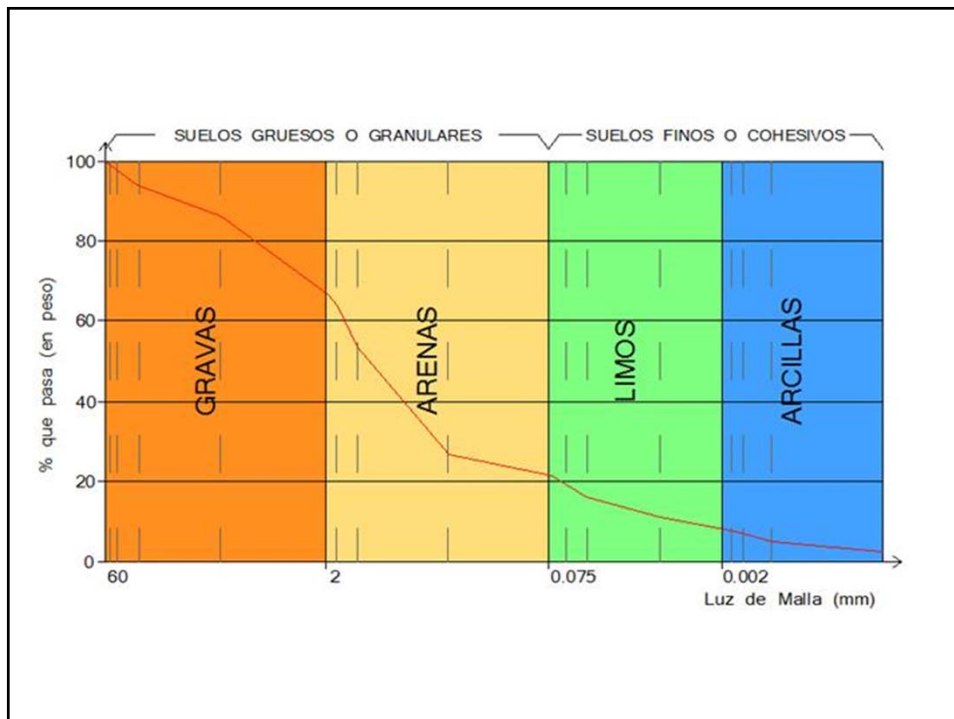
**¿Dónde ponemos el límite?**

## DISTRIBUCIÓN DE LAS ROCAS EN LA CORTEZA TERRESTRE

	Superficie Terrestre	Corteza
	(%)	(%)
Rocas Sedimentarias	75	10
Rocas Igneas	20	65
Rocas Metamórficas	5	25

## TIPOS DE SUELOS MAS COMUNES

- Gravas
- Arenas
- Limos
- Arcillas
- Combinados



## Distintos tipos de arcillas



«Cuando decimos tierra o arcilla no hablamos de un único material de composición simple, sino de uno muy diverso en origen y composición. La gama de colores que resulta de esa diversidad suele pasar desapercibida, contra esto, la paciente recopilación de tierras distintas conforma la materia creativa» de Carlos Julio Quintero (Museo de Antioquia. Colombia. 2017).

## LOESS

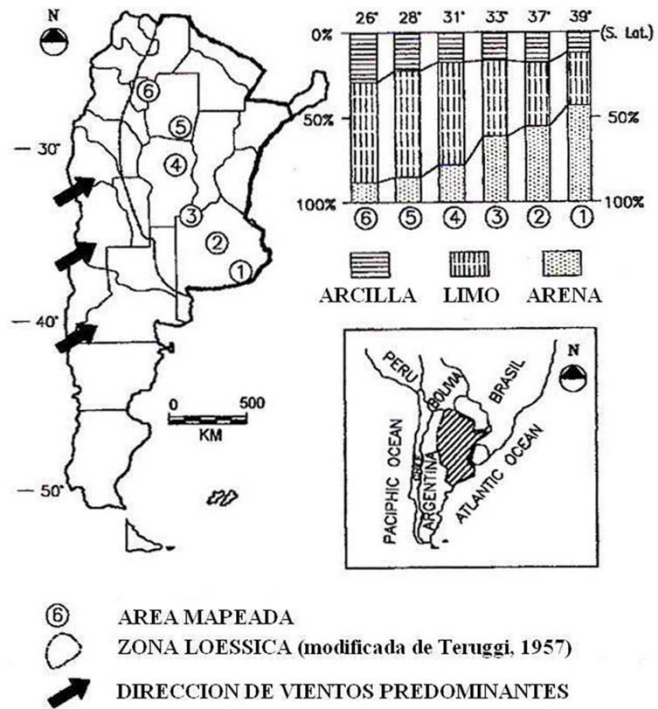
Los suelos loessicos de Argentina constituyen el principal depósito de su tipo en Sudamérica, cubriendo más de 600,000 km<sup>2</sup> de superficie.

Son suelos de origen eólico, que pueden conservar su estructura generada al depositarse (loess primario) o sufrir retransporte o alternación in-situ (loess secundario).

Son mezclas de limos, arenas finas y arcillas.

Los depósitos recientes son principalmente primarios, ML y CL-ML, mientras que los más antiguos, son suelos arcillosos y limosos, CL a CH

# LOESS



(Sayago et al., 2001).

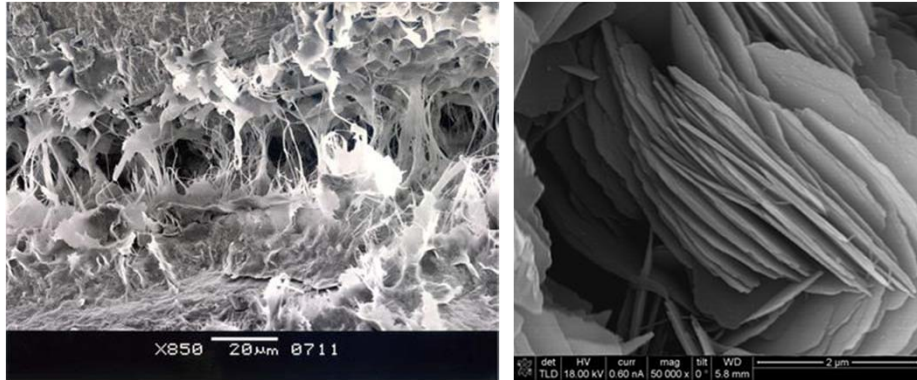
## ARCILLAS Y COLOIDES

### Definición:

Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados

[1 micra es la diezmilésima parte de un centímetro! o sea la dimensión aproximada de los microbios comunes].

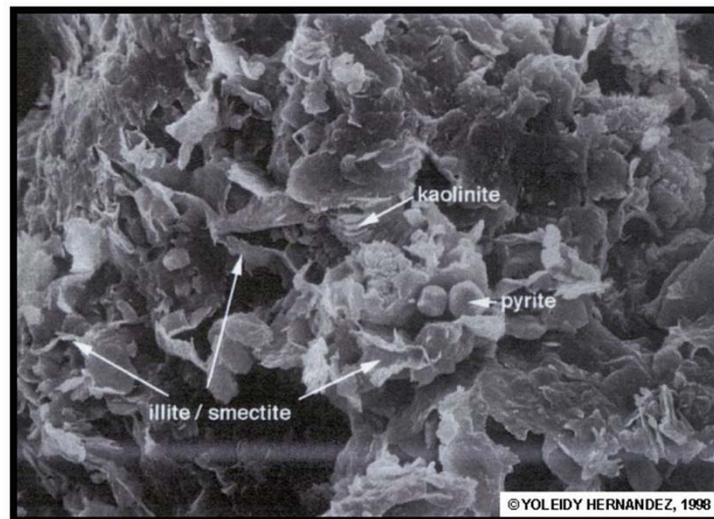
Imágenes microscópicas de distintos suelos arcillosos, illita (izquierda) y montmorillonita (derecha).



### ILLITA

Mineral de arcilla que se encuentra en los poros de las rocas sedimentarias (arenitas). La muestra estudiada se obtiene a partir de testigos corona extraídos durante la perforación de los pozos de petróleo. La observación con microscopio electrónico de barrido permite la determinación de los minerales de arcillas en estas rocas y su distribución, dado que las mismas afectan las propiedades de las rocas reservorio.

## HOJUELAS DE ARCILLA



Recristalización de arcilla autigénica illita/esmectita a partir de matriz arcillosa.  
Formación Oficina.  
Profundidad 3966.8 pies. Fotomicrografía de SEM, escala 10 μm

## ORIGEN

En general son el producto del intemperismo (ataque químico) sobre las rocas (feldespatos y micas)

Ortosa  $\Rightarrow$

**CAOLINITAS , ILLITAS**

Feldespatos y micas  $\Rightarrow$

**CAOLINITAS , ILLITAS, MOTMORILLONITAS**

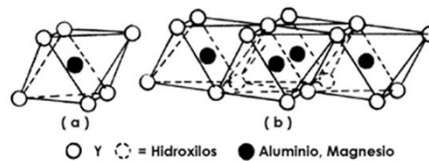
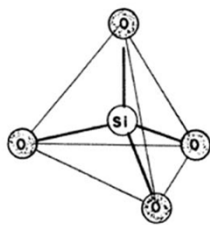
## COMPOSICION

Las arcillas están compuestas por:

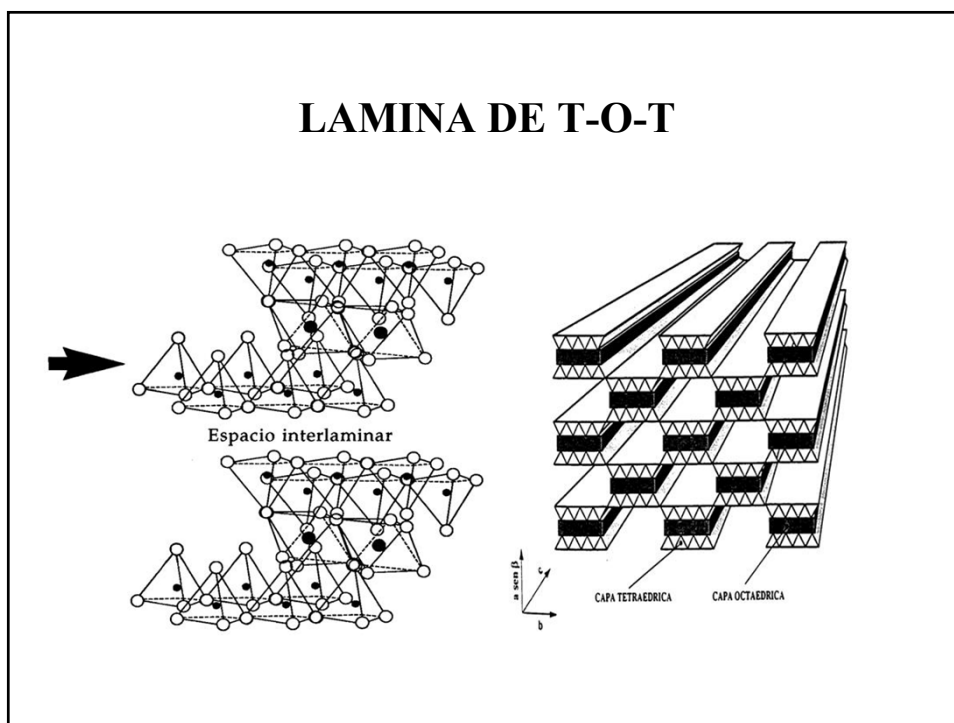
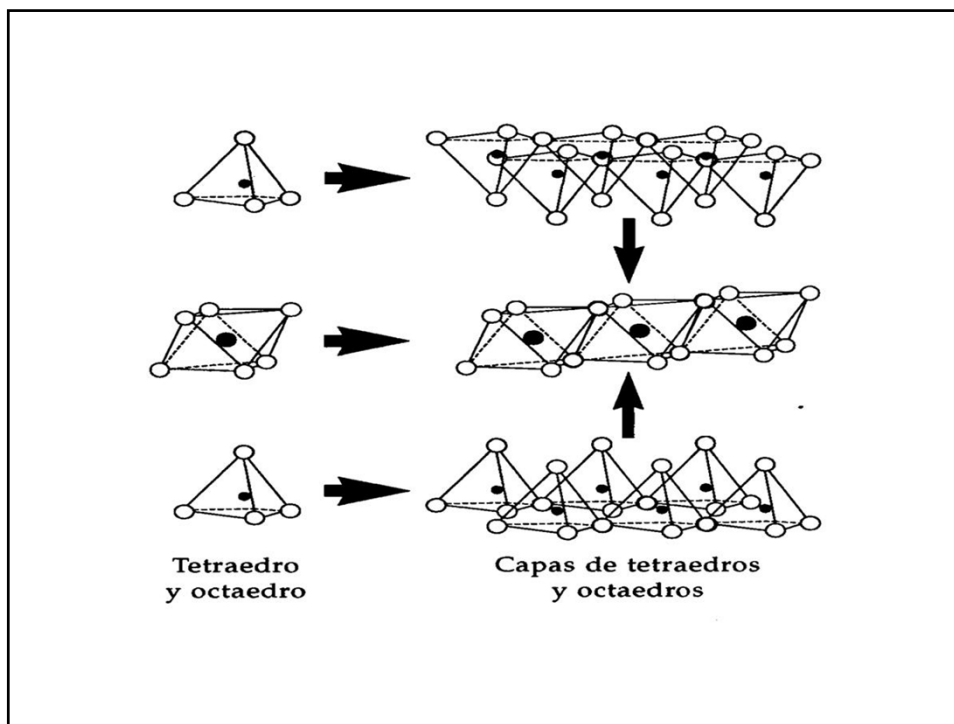
**Silicatos de aluminio hidratados**

Estos minerales se ordenan en forma de láminas

- una silícica (unidad tetraédrica)
- una alumínica (unidad octaédrica)

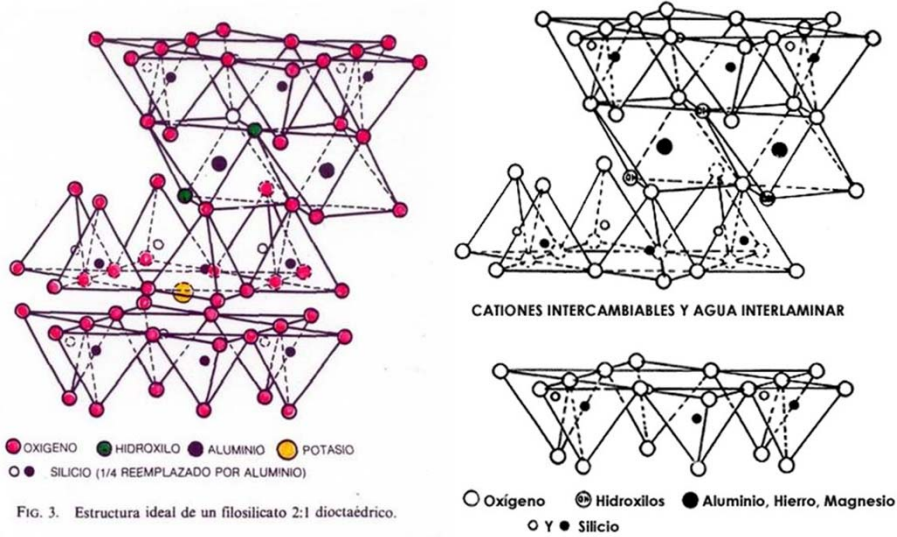


Estructuras abiertas que pueden unirse a otros elementos en el sistema

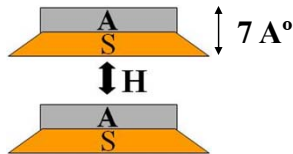




## LAMINA DE T-O-T



## COMPOSICION DE LAS CAOLINITAS



$$\text{Relación} = \frac{\text{Diámetro}}{\text{Espesor}} = 10 - 20$$

$$\text{Espesor} = 500 - 1000 \text{ Å}$$

Enlace fuerte de hidrógeno



No permite el ingreso de agua

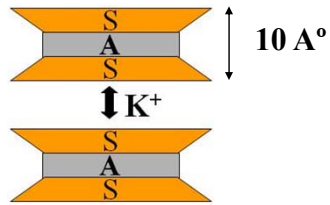


Baja absorción



Baja susceptibilidad  
a la retracción y a la expansión

### COMPOSICION DE LAS ILLITAS



$$\text{Relación} = \frac{\text{Diámetro}}{\text{Espesor}} = 20 - 50$$

$$\text{Espesor} = 200 - 300 \text{ Å}^{\circ}$$

**Enlace fuerte iónico de átomos de potasio**



**No permite el ingreso de agua**



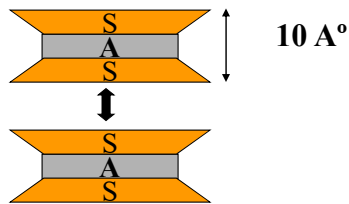
**Baja absorción**



**Baja susceptibilidad**

**A la retracción y a la expansión**

### COMPOSICION DE LAS MOTMORILLONITAS



$$\text{Relación} = \frac{\text{Diámetro}}{\text{Espesor}} = 200 - 400$$

$$\text{Espesor} = 10 - 30 \text{ Å}^{\circ}$$

**Enlace débil de moléculas de agua adsorbida e iones metálicos**



**Permite el ingreso de agua**

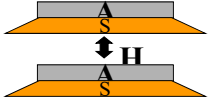
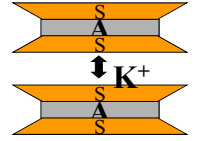
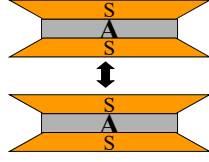


**Alta absorción**




**Alta susceptibilidad**

**A la retracción y a la expansión**

COMPARACION DE LAS ARCILLAS			
	ESPESOR	RELACIÓN D/E	LAMINAS
CAOLINITAS	500 – 1000 Å°	10 - 20	
ILLITAS	200 – 300 Å°	20 - 50	
MOTMORI-LLONITAS	10 – 30Å°	200 - 400	

COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS
<p><b>Forma laminar</b></p> <p>⇓</p> <p><b>Gran superficie específica</b></p> <p>⇓</p> <p><b>Caolinita</b> hasta 50 m<sup>2</sup>/g</p> <p><b>Halloisita</b> hasta 60 m<sup>2</sup>/g</p> <p><b>Illita</b> hasta 50 m<sup>2</sup>/g</p> <p><b>Montmorillonita</b> 80-300 m<sup>2</sup>/g</p>
<p>Superficie del aula: 5m*10m = 50 m<sup>2</sup></p>

## COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS

Forma o Geometría	Dimensiones	Ejemplos	Superficie específica
Esferas y cubos 	Diámetro (o lado) $D$	Alofanas	$S_e = \frac{6}{D \cdot \rho_w \cdot G_z}$
Cilindros y prismas 	Diámetro (o lado) $D$ , largo $L$ (con $L \gg D$ )	Haloisita, Imogolita	$S_e = \frac{4}{D \cdot \rho_w \cdot G_z}$
Formas aplanadas 	Espesor $t$ , ancho $D$ , y largo $L$ (con $t \gg L > D$ )	Montmorillonita, Caolinita, Mica	$S_e = \frac{2}{t \cdot \rho_w \cdot G_z}$

$\rho_w$  = densidad del agua,  $G_z$  = gravedad específica,  $S_e$  = superficie específica

(Narcilio y Santamarina)

INTENTEN HACER ALGUNOS CALCULOS!!

## COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS

**Forma laminar**

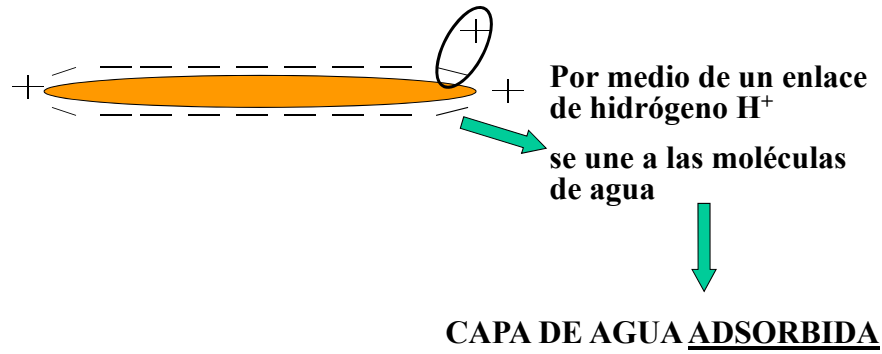


**Gran superficie específica**

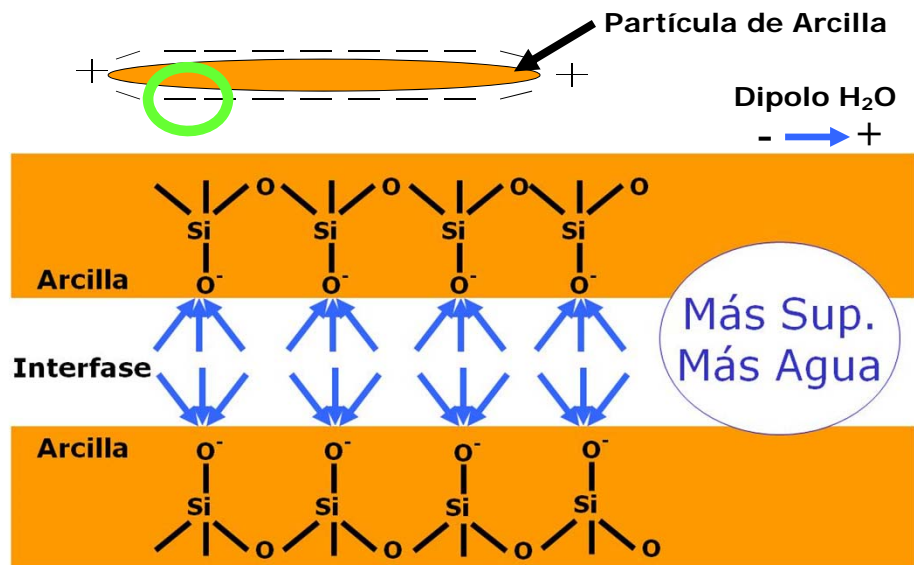


**Tienen significado las fuerzas  
electromagnéticas desarrolladas en la  
superficie de los compuestos minerales**

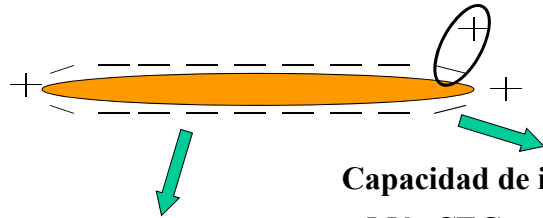
## COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS



## Adsorción



## COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS



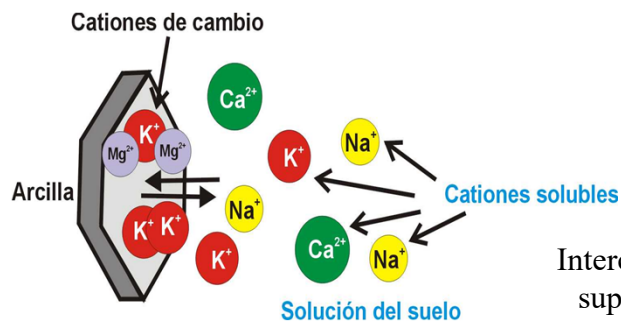
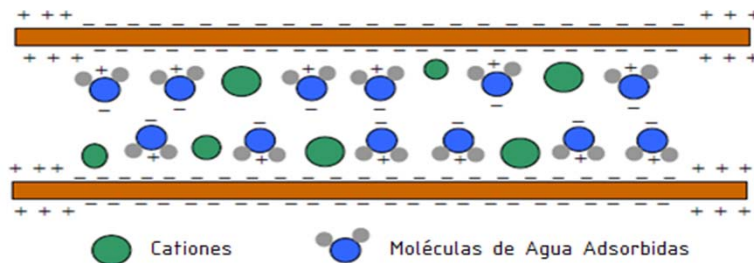
+ ATRACCIÓN  
(fuerzas de Van der Waals)  
+ COHESIÓN

Capacidad de intercambio Cationico CEC

Más CEC más superficie específica SE

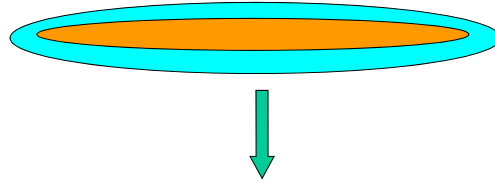
Arcilla	CEC [meq/100g]	SE [m <sup>2</sup> /g]
Caolinita	2 – 5	15
Halloysita	10 – 50	60
Illita	10 – 50	50
Montmorillonita	80 – 200	80 – 900

## CAPA DE AGUA ADSORBIDA



Intercambio catiónico en la superficie de una arcilla

## CAPA DE AGUA ADSORBIDA

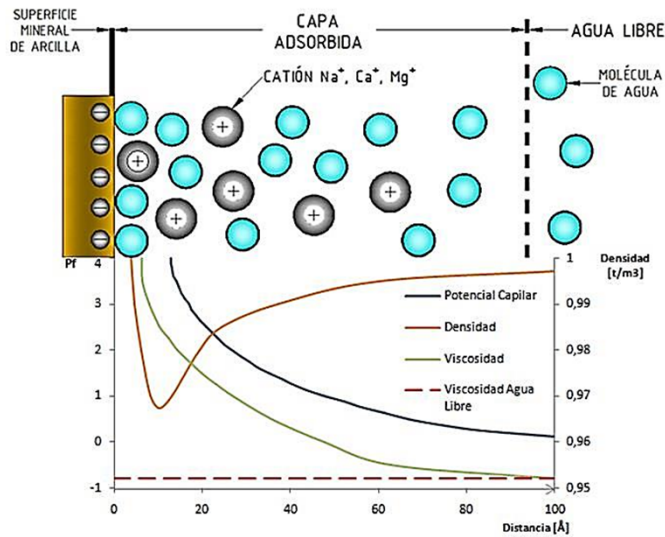


la capa de agua adsorbida esta directamente relacionada con la plasticidad del suelo

### Plasticidad:

es la capacidad de experimentar deformaciones irreversibles sin romperse y a volumen constante

## CAPA DE AGUA ADSORBIDA. DOBLE CAPA DIFUSA



Las moléculas de agua se adhieren a la superficie con carga negativa de la arcilla por puente de hidrógeno. El espesor de la capa ADSORBIDA es de 10<sup>a</sup> a 100 Å.

**Formación de estratos de Arcillas, se pone de manifiesto la sedimentación de distintas capas**

**Estructura**

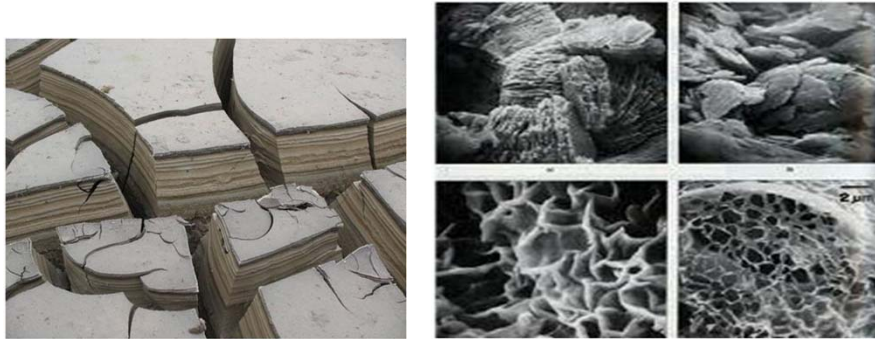


**Formación de estratos de Arcillas, se pone de manifiesto la sedimentación de distintas capas**

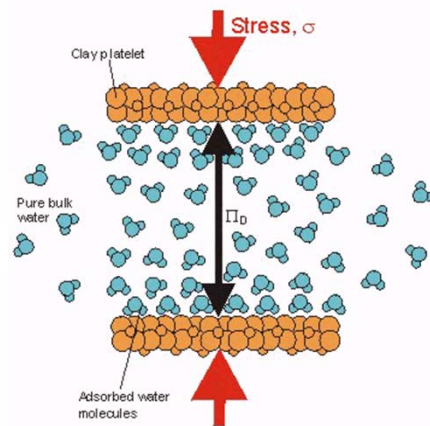




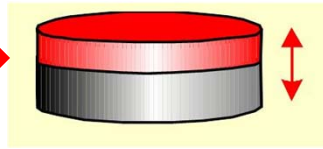
## ¿QUÉ ES UNA ARCILLA EXPANSIVA?



## Presión de hinchamiento de una arcilla expansiva



## ¿QUÉ ES UNA ARCILLA EXPANSIVA?



Hinchamiento Libre???

Presión de Hinchamiento???

Efectos en las obras de  
Ingeniería Civil: carreteras,  
presas, viviendas, etc.



## Problema: Arcillas expansivas

Contracción

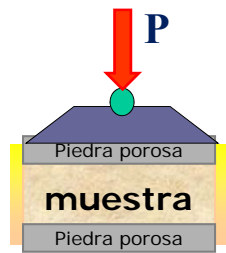


- Fallas en la estructura del edificio debido a deformaciones diferenciales en el suelo de fundación.
- En carreteras.

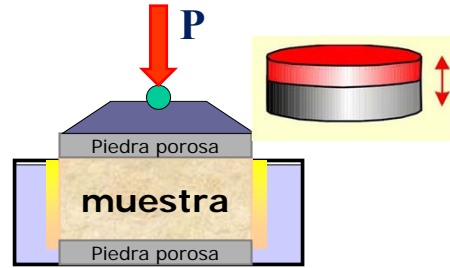
Expansión



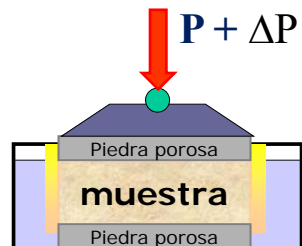
## ¿Cómo puedo medir la presión de expansión?



1- Humedad natural  
Con carga P se asienta " $\delta$ "



2- Sumergimos en agua  
Con carga P se expande



3- Se aumenta la carga  $\Delta P$   
Hasta la condición 1

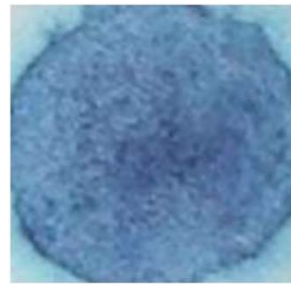
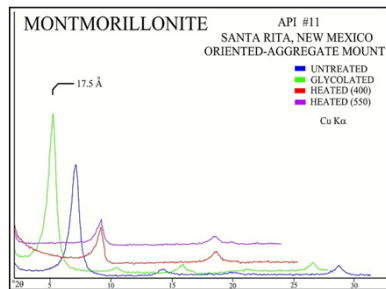
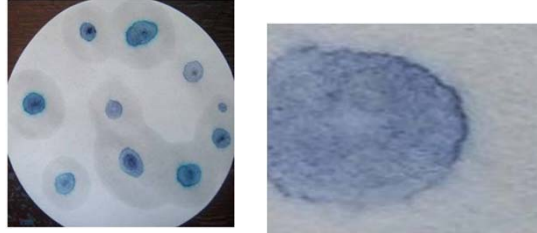
## COMPORTAMIENTO MECANICO SENSITIVIDAD DE LAS ARCILLAS

$$\text{Sensitividad} = \frac{\text{Resist. Inalterada}}{\text{Resist. Remoldeada}}$$

< 2	Insensitiva
2 – 4	Medianamente sensitiva
4 – 8	Sensitiva
8 – 16	Muy sensitiva

## DETERMINACION DEL TIPO DE ARCILLAS

- Microscopio electrónico
- Difracción de RX
- Azul de metileno



## Bentonita: Usos en Ingeniería Civil

Los usos en este campo se pueden resumir en:

- Creación de membranas impermeables en torno a barreras en el suelo, o como soporte de excavaciones.
- Prevención de hundimientos. En las obras, se puede evitar el desplome de paredes lubricándolas con lechadas de bentonita.
- Protección de tuberías: como lubricante y rellenando grietas.
- En cementos: aumenta su capacidad de ser trabajado y su plasticidad.
- En túneles: Ayuda a la estabilización y soporte en la construcción de túneles. Actúa como lubricante (un 3-5 % de lodo de bentonita sódica mantenida a determinada presión soporta el frente del túnel).
- Transporte de sólidos en suspensión. Es posible el transporte de los materiales excavados en el seno de fluidos benoníticos por arrastre.

## Bentonita: Usos



Son muros que son construidos sin armaduras y con material elastoplástico deformable, que resulta de la mezcla de cemento, agregados muy bien graduados y Bentonita.

El fluido de perforación para estos casos es una lechada de bentonita–cemento, en lugar del lodo bentonítico usual. La lechada bentonita–cemento, constituye tras el fraguado el material de estanqueidad del muro.

Estos tienen espesores entre de 0.50 m y 1.20 m y con una profundidad puede llegar a los 50m.

Estos muros son particularmente útiles en pantallas elastoplásticas para represas, donde la estanqueidad juega un papel especial.



QUE OBSERVAMOS?

QUE REFLEXIONAMOS?



## PARA INVESTIGAR

- ¿Qué son los siguientes suelos?
  - ¿Qué origen tienen ?
  - ¿Qué características físicas poseen?
  - ¿Qué características mecánicas o ingenieriles poseen?
- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| - Limos             | - Arcillas   |
| - Loess             | - Marga      |
| - Loess modificados | - Greda      |
| - Loess colapsables | - Dunas      |
| - Loam              | - Laterita   |
| - Tosca             | - Tosquillas |

## ACTIVIDAD PRACTICA

CONSULTAS

