

Universidad de Chile
Departamento de Ingeniería Civil

Conceptos Básicos de Físico-Química

Enfoque aplicado al Comportamiento Geotécnico del Suelo.

Curso CI44A. Geotecnia
10 de Agosto de 2004
Autor: Roberto Olguín P.

Conceptos Clásicos

■ Suelo:

Material trifásico
conformado por:

- partículas sólidas
- aire
- agua

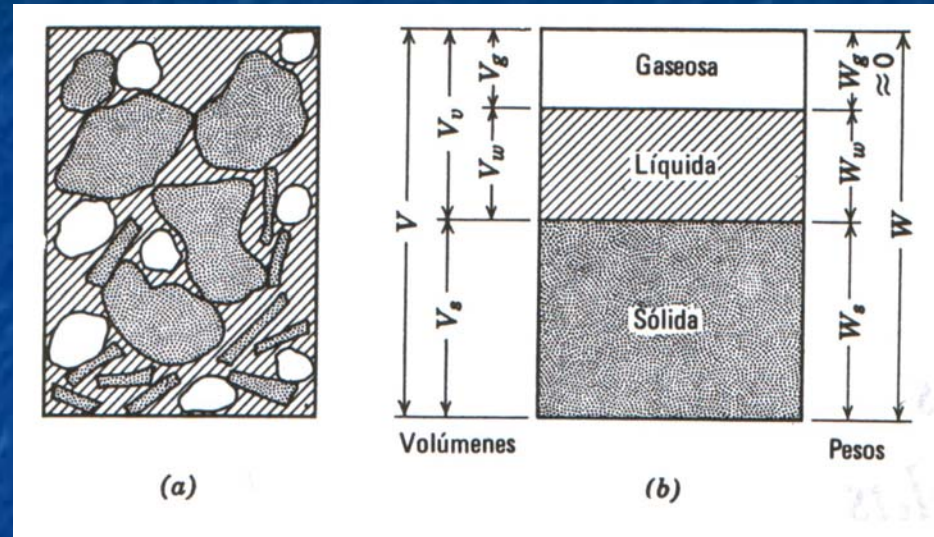


Fig. 1. Esquema de una muestra de suelo.

La interacción entre el material particulado, y su relación con el agua y aire existentes (ESTRUCTURA DEL SUELO), es la que define el comportamiento geotécnico de la masa de suelo al ser sometido a cargas externas en cuanto a su resistencia, deformabilidad, permeabilidad, plasticidad, etc.

Designación de partículas según el tamaño

Tabla 1. Descripción de partículas según el tamaño.

Bloques	> 30 cm
Bolones (bolos)	15 a 30 cm
Grava	4.76 mm a 15 cm
Arena	0.075 mm a 4.76 cm
Limo	0.002 mm a 0.075mm
Arcilla	< 0.002 mm

Fuerzas que controlan la Interacción entre Partículas

Según el tamaño de las partículas sólidas, podemos diferenciar el tipo de fuerza que controla la respuesta de la estructura o esqueleto de la masa de suelo:

- Suelos Granulares Gruesos (Gravas y Arenas).

Fuerzas Máficas o Gravitacionales.

- Suelos Finos (Limos y Arcillas).

Fuerzas Iónicas de origen Físico-químico
(Fuerzas de Coulomb).



Suelos Granulares Gruesos

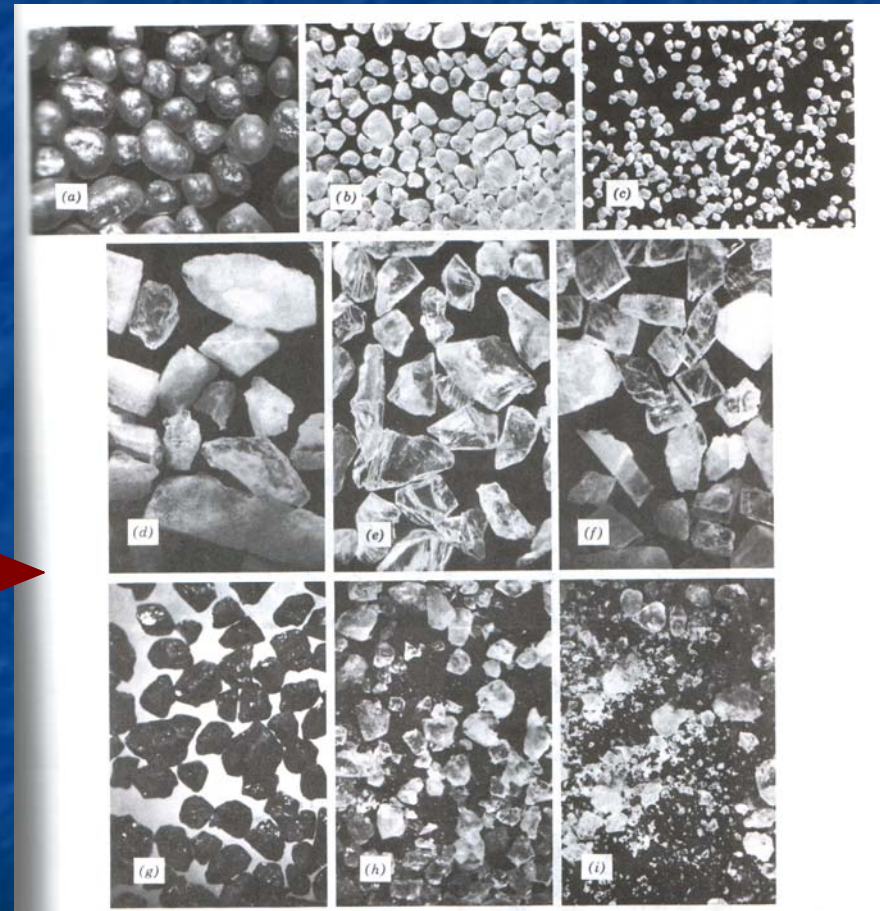


Fig. 2. Distintos tipos de arenas



Suelos Finos

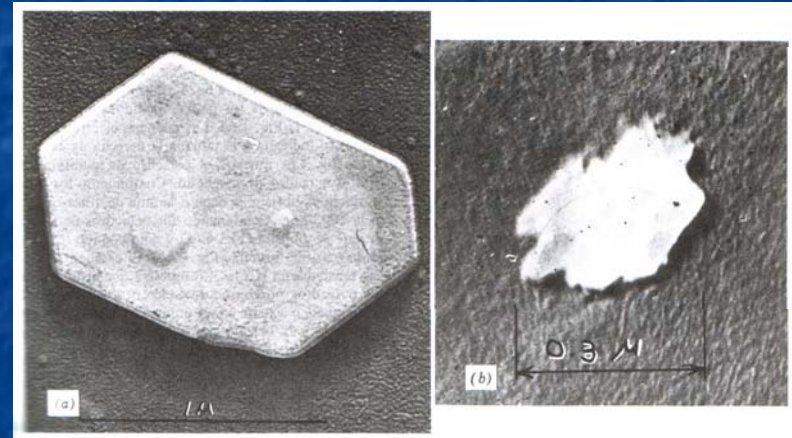


Fig. 3. Partículas de suelo fino

a) Caolinita

b) Ilita



Estructura Atómica de Arcillas

Unidades Estructurales Básicas.



Tetraedro de Silicio



Octaedro de Aluminio o Magnesio



Oxigeno (O²⁻)



Silicio (Si⁴⁺)

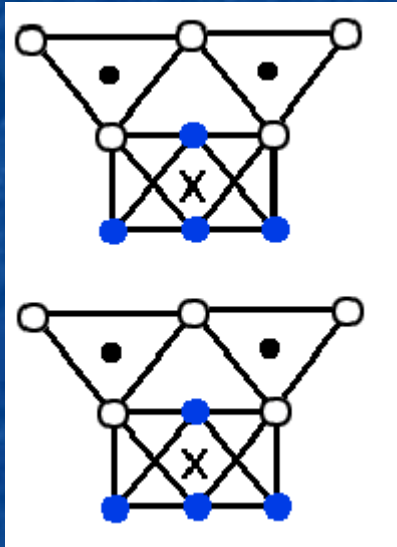


Hidroxilo (OH⁻)



Aluminio (Al³⁺) o Magnesio (Mg²⁺)

Tipos Comunes de Arcilla



Caolinita

La unión de las capas se produce porque el OH se une por un enlace de hidrógeno con el O del tetraedro.

Enlace fuerte que no permite la hidratación y el intercambio iónico.

○ Oxígeno (O^{2-})

○ Hidrogeno (H^+)

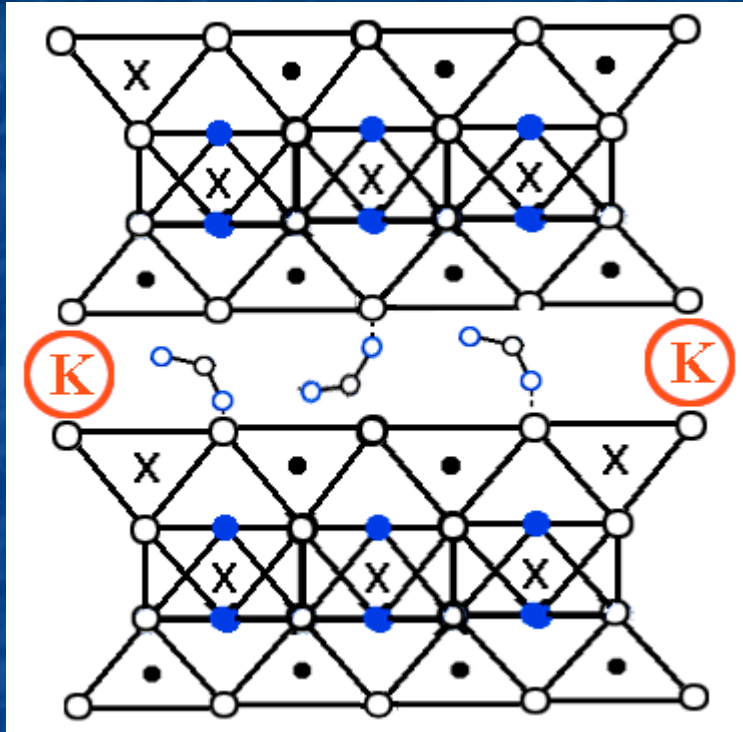
⊕ Cation (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+)

● Hidroxilo (OH^-)

● Silicio (Si^{4+})

X Aluminio (Al^{3+})

Tipos Comunes de Arcilla



Illita

Sustitución de Si por Al, desordenada.
Unión de capas por Catión de K, pero
también se encuentran moléculas de
agua.

○ Oxígeno (O^{2-})

○ Hidrogeno (H^+)

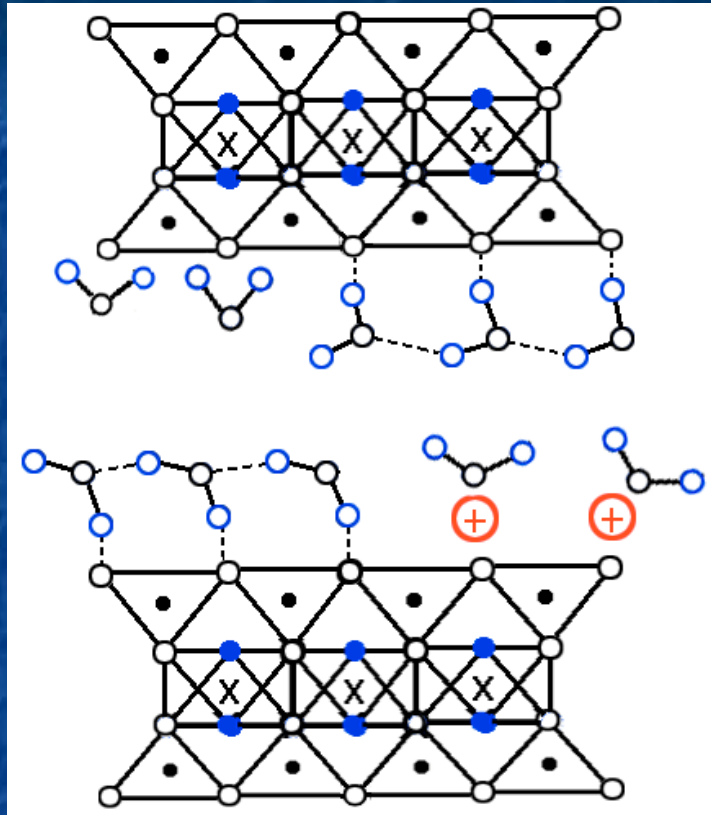
⊕ Cation (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+)

● Hidroxilo (OH^-)

● Silicio (Si^{4+})

X Aluminio (Al^{3+})

Tipos Comunes de Arcilla



Montmorillonita

Unión mediante fuerzas de Van der Waals (más débiles).

Las estructuras completas poseen cargas neutras, sin embargo la sustitución atómica y partición de estas produce la polarización de las moléculas (negativa).

Entre capas se ubican cationes (Na y Ca ppalmente) y moléculas de agua con diferentes formas de enlace.

○ Oxígeno (O²⁻)

○ Hidrógeno (H⁺)

⊕ Cation (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺)

● Hidroxilo (OH⁻)

● Silicio (Si⁴⁺)

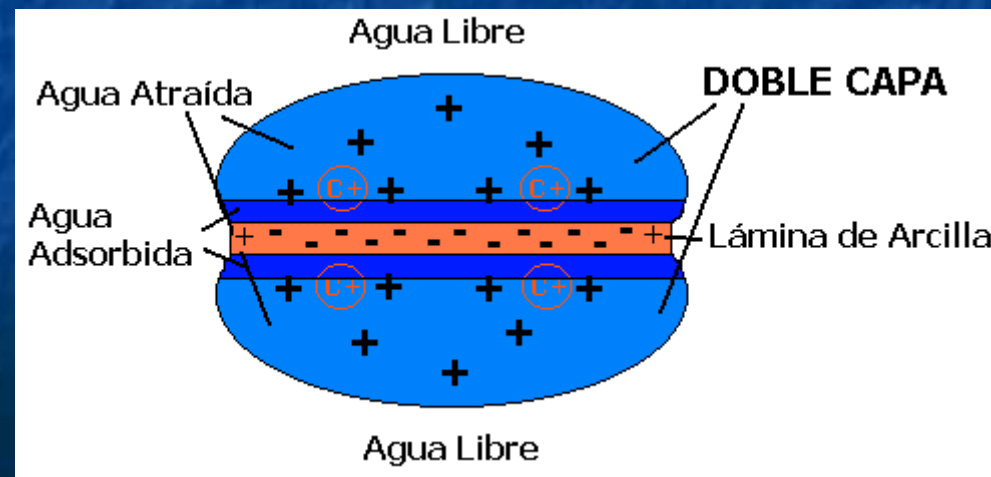
X Aluminio (Al³⁺)

Las fuerzas eléctricas en la superficie de las láminas de arcilla generan la atracción de cationes y moléculas de agua (fuerzas de Van der Waals).

Debido a esto, alrededor de la lámina se pueden distinguir tres clases de agua:

- AGUA ADSORBIDA (gran viscosidad y adherencia a la lámina)
- AGUA ATRAÍDA (aún afectada por las fuerzas de Van der Waals)
- AGUA LIBRE (no influenciada por las fuerzas de Van der Waals)

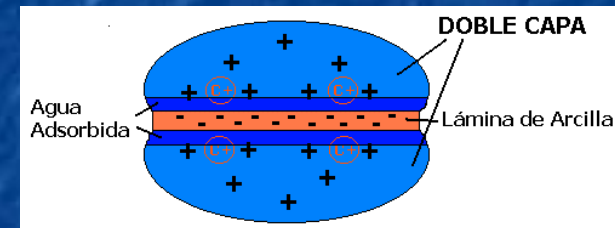
Las aguas adsorbida y atraída conforman la DOBLE CAPA.



En Geotecnia...

Los siguientes comportamientos geotécnicos en arcillas:

- Menor Permeabilidad.
- Alta Plasticidad.
- Mayor deformabilidad en el tiempo (consolidación).
- Bajas resistencias.
- Potencial de hinchamiento al re-hidratarse. (Arcillas Expansivas).



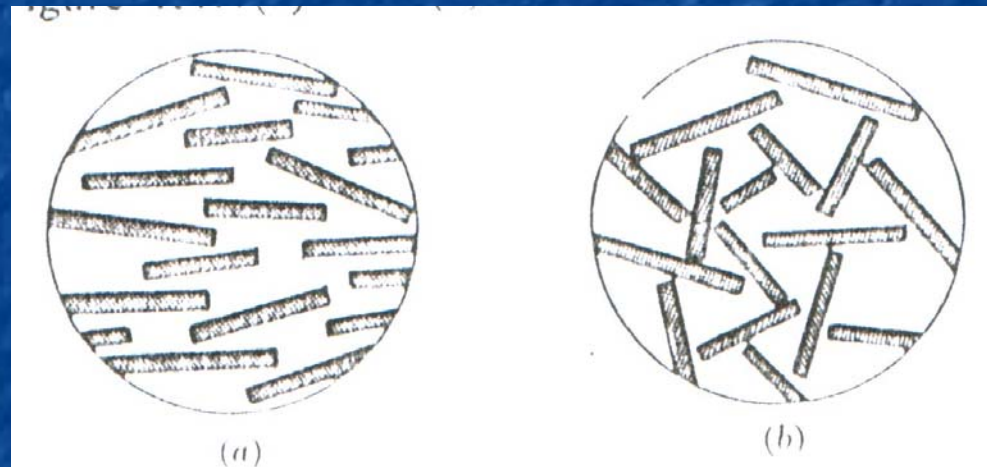
Son explicables a través del concepto de la Doble Capa.

A mayor espesor, estos comportamientos se ven acentuados (ej. Arcillas Montmorilloníticas).

Factores que influyen en el espesor de la Doble Capa

- Concentración de los cationes presentes en el agua.
- Valencia de los cationes presentes en el agua.
- Superficie Específica de la lámina de arcilla.
- Rugosidad de la superficie.
- Otros factores como la temperatura y el pH.

Estructura la arcilla según el espesor de la Doble Capa



- Dispersa
(mayor espesor)

b) Floculada
(menor espesor)

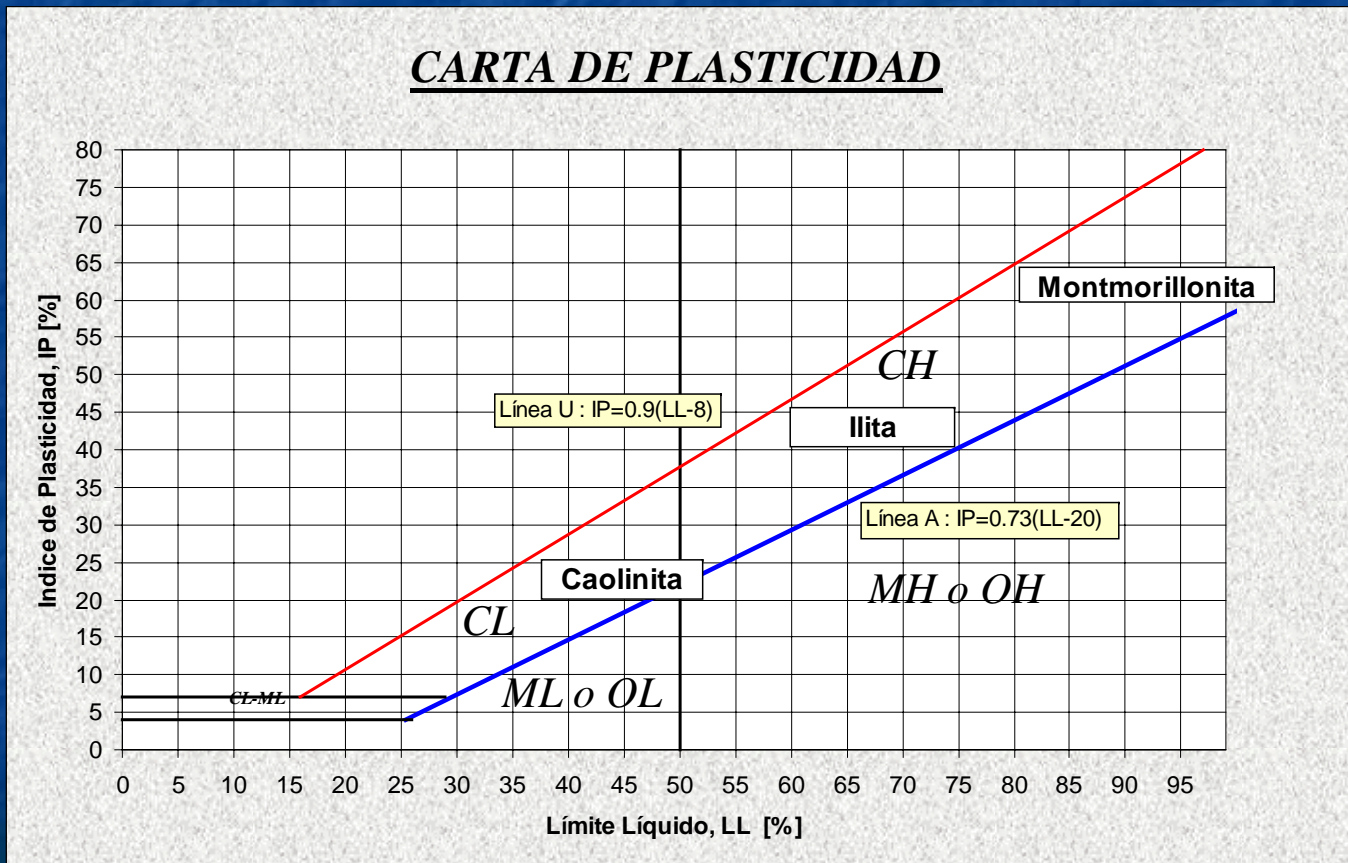
Algunas fotos de Arcillas Expansivas y los daños que provocan



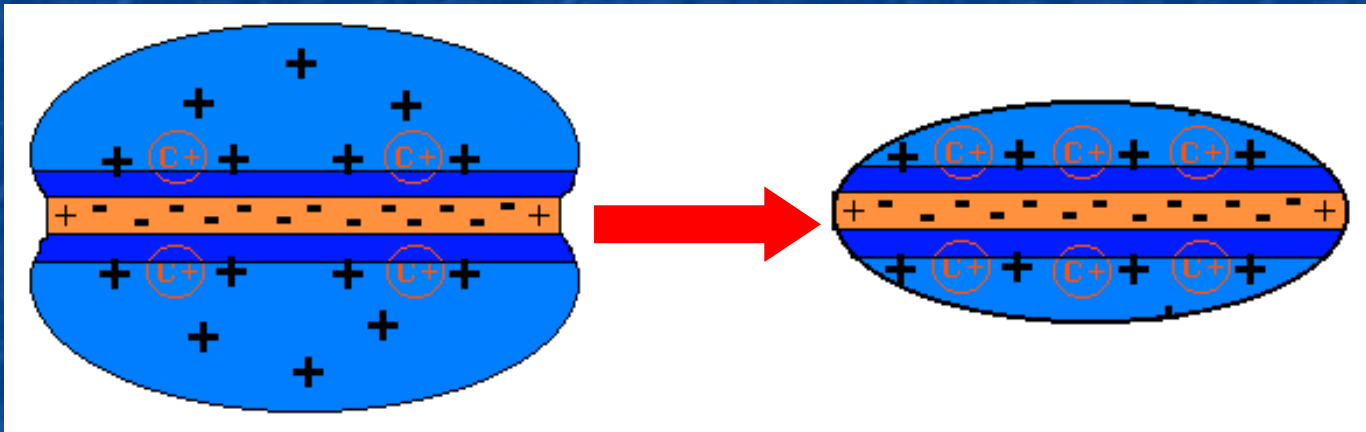
[Volver](#)



Carta de Plasticidad



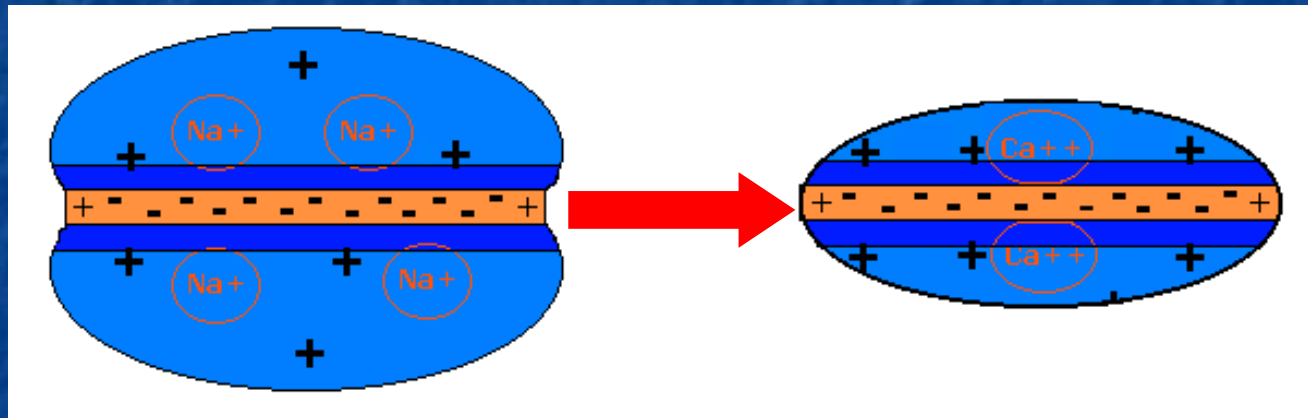
Variación del Espesor de la Doble Capa



Disminución de la Doble Capa con el aumento de la concentración de los cationes.

[Volver](#)

Variación del Espesor de la Doble Capa



Disminución de la Doble Capa con el aumento de la valencia de los cationes.

[Volver](#)

Variación del Espesor de la Doble Capa

Superficie Específica:

Se define como el total de superficie de partículas por unidad de volumen (m^2/m^3) o de masa (m^2/gr), por lo que a menor tamaño de partículas, mayor será su superficie específica.

Mineral	Superficie Específica [m^2/gr]
Caolinita	5 – 20
Ilita	100 – 200
Montmorillonita	700 - 800

A mayor superficie específica, mayor espesor de la doble capa.

[Volver](#)