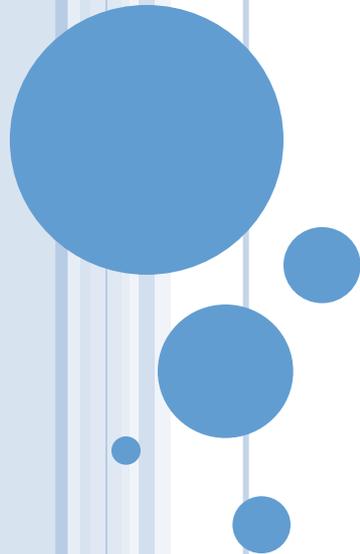


# **CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SUCS Y AASHTO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**ING. JORGE NUÑEZ VIVAR**

**Noviembre 2023**



## **Objetivo general:**

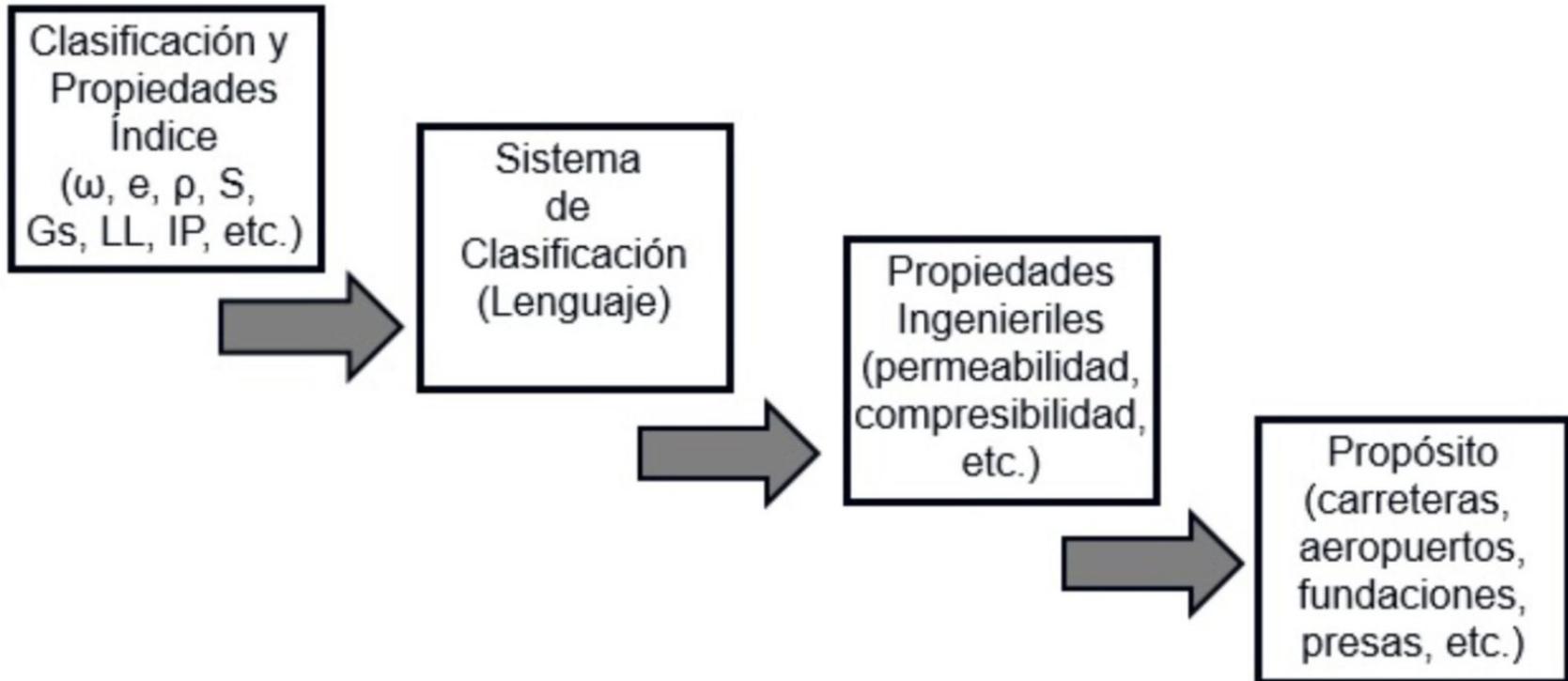
- Estudiar la clasificación de los suelos de acuerdo a los sistemas granulométricos SUCS y AASHTO.

## **Objetivos específicos:**

- Investigar la clasificación de los suelos según los sistemas SUCS y AASHTO.
- Dar a conocer la importancia de la clasificación de los suelos SUCS y AASHTO en la ingeniería civil.
- Determinar las diferencias y semejanzas entre la clasificación de los suelos SUCS y AASHTO.



# CLASIFICACION DE SUELOS



# CLASIFICACION DE SUELOS

Un sistema de clasificación de suelos NO elimina la necesidad de realizar una investigación detallada del terreno, o de efectuar ensayos más sofisticados para determinar ciertas propiedades del suelo.

Sin embargo, las propiedades ingenieriles correlacionan bastante bien con las propiedades índice y de clasificación de un depósito de suelo dado.



Como se puede observar, a partir de ciertas propiedades que tiene una muestra de suelo (tales como la relación de vacíos  $e$ , el contenido de humedad  $\omega$ , la densidad  $\rho$ , la gravedad específica  $G_s$ , el límite líquido  $LL$ , y el índice plástico  $IP$ , entre otras), se aplica un sistema de clasificación, lo cual permite al ingeniero alcanzar una idea aproximada de las propiedades ingenieriles del suelo y del comportamiento del suelo para diferentes propósitos.



# CLASIFICACION DE SUELOS

Esto deriva en la necesidad de un método sistemático para categorizar y clasificar el suelo en base a su comportamiento ingenieril más probable.

Aspectos de diferentes tipos de suelos:



# CLASIFICACION DE SUELOS

Así, conociendo la clasificación del suelo, el ingeniero tendrá una idea general bastante buena sobre la potencialidad del suelo para ser usado en una aplicación particular, y sobre su comportamiento durante la construcción y bajo cargas estructurales, durante la vida útil del proyecto (Holtz *et al*, 2011).



# EVOLUCIÓN DE LA COMPRENSIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL SUELO

El comportamiento de los suelos es muy complejo, debido fundamentalmente a su naturaleza granular y a la coexistencia de partículas sólidas con fluido intersticial, que generalmente está compuesto por más de un fluido (agua, sales, contaminantes orgánicos e inorgánicos, gases como aire y metano, etc.).



El entendimiento del comportamiento de los suelos ha evolucionado a través del Siglo XX hasta la actualidad, desde la comprensión del concepto de esfuerzos efectivos (Terzaghi, en los años '20), el comportamiento de coloides y arcillas (Goy, Chapman en los '10, Lambe y Mitchell en los '50), la dilatación en corte (Taylor, 1948), la Mecánica de Suelos del estado crítico (Roscoe, Schofield y Wroth en los '60), la fase fluida mixta, y los suelos parcialmente saturados (Bishop, Aitchinson, Fredlund y Morgenstern en los '60), por nombrar algunos de los conceptos más importantes.

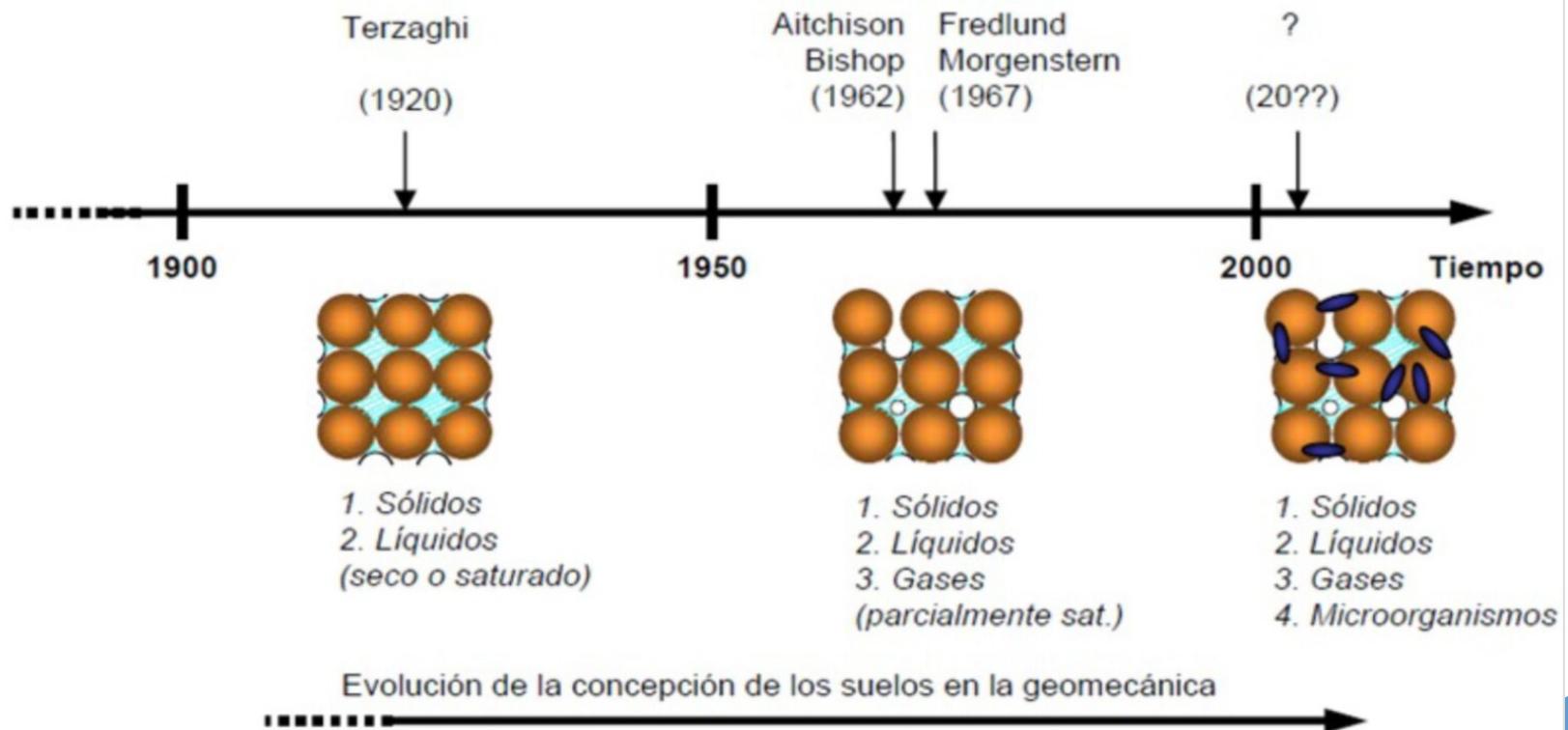


## CLASIFICACION DE SUELOS

En los últimos años, una nueva etapa asociada al estudio de la geoquímica mediada por microorganismos ha iniciado su desarrollo (Santamarina y Narsilio, 2008).



# EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO DE LA COMPRENSIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS (*FUENTE: MODIFICADO DE SANTAMARINA Y NARSILIO, 2008*).



## CLASIFICACION DE SUELOS

Un sistema de clasificación de suelos

Permite diferenciar gravas, arenas, limos y arcillas.

Sin embargo, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos, términos generales como los mencionados

*grava, arena, limo o arcilla*, incluyen un amplio rango de características

ingenieriles, por lo que se requieren

subdivisiones adicionales o modificaciones

de esos términos, de manera que sean más útiles en la ingeniería práctica.



# NATURALEZA DE LOS SUELOS



# NATURALEZA DE LOS SUELOS

El suelo es un material térmico no homogéneo y poroso cuyas propiedades son influenciadas por los cambios de humedad y densidad.

Las partículas individuales de los suelos pueden ser de dos tipos:

- ✓ **Partículas Granulares:** Son conjuntos de cristales minerales del cuarzo y feldspatos principalmente; se las puede observar y presentan formas redondeadas y angulares.
  - ✓ **Partículas Arcillosas:** Son partículas laminares minúsculas que se las puede ver a través de un microscopio.
- 

# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

- Es el ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades semejantes, el propósito es facilitar las actitudes de un suelo por comparación con otros de la misma clase cuyas propiedades se conocen.

Existen varios sistemas de clasificación de los cuales los más utilizados en el país son:

- Sistema de clasificación de los suelos según AASHTO.
- Sistema de clasificación de los suelos según SUCS.



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

- ✓ Ambos métodos se basan en la determinación de la composición granulométrica del suelo y de los límites de Atterberg de la fracción fina de los mismos.
- ✓ **Nota:** La clasificación de suelos según la AASHTO se utiliza en vías, y la clasificación de suelos según SUCS se utiliza para cimentaciones.



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO



- ✓ Esta clasificación se basa en los resultados obtenidos como el límite líquido, índice de plasticidad y material que pasa el tamiz No. 10, 40 y 200.
- ✓ De acuerdo con este sistema los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. Los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7 y los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO



- **SUELOS GRANULARES:**

Son aquellos que tienen el 35% o menos, del material fino que pasa por el tamiz N° 200, estos suelos forman los grupos A-1, A-2, A-3.

- ✓ **Grupo A-1:** Son mezclas de suelos bien gradados, de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien gradadas que no tienen material ligante.



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO



- **SUELOS GRANULARES:**

- ✓ **Grupo A-1:**

- **Subgrupo A-1a:** Son materiales formados por roca o grava, con o sin material ligante.
- **Subgrupo A-1b:** Son materiales formados por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO



- **SUELOS GRANULARES:**
  - ✓ **Grupo A-2:** Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino, y que no pueden ser clasificados como A-1 y A-3. El grupo A-2 se subdividen en A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7.
  - ✓ **Grupo A-3:** En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad.



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO

- **SUELOS FINOS:**

Son suelos limo-arcillosos que tienen más del 35% que pasa el tamiz N° 200. A este tipo de suelos les corresponde los grupos A-4, A-5, A-6, A-7

- ✓ **Grupo A-4:** Son suelos limosos poco o nada plásticos, que tiene un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N° 200. Además se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena en un 64%.
- ✓ **Grupo A-5:** Son suelos semejantes al grupo A-4, son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO

- **SUELOS FINOS:**

- ✓ **Grupo A-6:** A este grupo pertenecen las arcillas plásticas. Por lo menos el 75% de estos suelos deben pasar el tamiz N° 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo - arenosas, cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%.
- ✓ **Grupo A-7:** Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6, pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados, y se subdividen en A-7-5 y A-7-6.

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LL-30, y el índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LL-30.

# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO

- ✓ Las características de los diferentes grupos y subgrupos, además del procedimiento de clasificación se presentan en las tablas. 1.1 y 1.2.

**Tabla 1.1 Clasificación de suelos por el método AASHTO**

Clasificación general	Material granular (35%, o menos pasa el tamiz N° 200)			Materiales limo- arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1	A-3*	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
Porcentaje que pasa el tamiz: N° 10 (2.00mm) N° 40 (0.425mm) N° 200 (0.075mm)	- 50 máx. 25 máx.	- 51 min. 10 min.	- - 35 máx.	- - 36 min.	- - 36 min.	- - 36 min.	- - 36 min.
Características del material que pasa el tamiz N° 40 (0.425mm): Limite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx.	- NP	- -	40 máx. 10 máx.	41 min. 10 máx.	40 máx. 11 min.	41 min. 11 min.

\* La colocación de A-3 antes A-2 se hace únicamente por razones de ordenamiento de cantidades.

# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO

**Tabla 1.2 Clasificación de suelos por el método AASHTO**

Clasificación general	Material granular (35%, o menos pasa el tamiz N° 200)							Materiales limo- arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje que pasa el tamiz: N° 10 (2.00mm) N°40 (0.425mm) N° 200 (0.075mm)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	- 50 máx. 25 máx.	- 51 min 10 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 35 máx.	- - 36 min	- - 36 min	- - 36 min	
Características del material que pasa el tamiz N° 40 (0.425mm): Limite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx.	- NP	- NP	40 máx. 10 máx.	41 min 10 máx.	40 máx 11 min	41 min 11 min	40 máx. 10 máx.	41 min 10 máx.	40 máx. 11 min	41 min 11 min*
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

\* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LL-30  
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LL-30

# PARA SUELOS A-7-5 Y A-7-6

A-7-5 cuando su  $IP \leq LL - 30$

A-7-6 cuando su  $IP > LL - 30$



# CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO

- ✓ La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se hace por medio del “índice de grupo”, mismo que se calcula con la siguiente fórmula empírica.

$$IG = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

- IG = Índice de grupo
- F = Porcentaje del suelo que pasa por el tamiz N° 200, expresado como número entero.
- LL = Límite líquido.
- IP = Índice de plasticidad



## EL INDICE DE GRUPO DETERMINA:

- Suelos granulares tienen IG entre 0 y 4
- Suelos limosos tienen entre 8 y 12
- Suelos arcillosos entre 11 a 20
  
- A mayor IG, menor calidad de material y viceversa.
- Este número es importante para la selección de material de préstamo en la construcción de caminos.



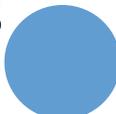
# CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

- Este sistema nos permite la identificación de los suelos en el terreno, los agrupa de acuerdo a su comportamiento como material para construcción en función de sus propiedades de granulometría y plasticidad.
- El primer paso para clasificar el suelo consiste en identificar si es altamente orgánico o no. De serlo, se anota las principales características como: textura, olor, etc., y se identifica simplemente como turba (Pt); y, si no lo es, se continúa el proceso con ayuda de pruebas de laboratorio, indicando si el suelo es grueso o fino.



# FILOSOFÍA DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO

El Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) está regido por la norma ASTM D-2487, y es el de uso más extendido en la práctica geotécnica. Fue inicialmente propuesto por Arthur Casagrande en 1932, tentativamente adoptado por el Departamento de Ingeniería de los EEUU en 1942, y definitivamente presentado a la *American Society of Civil Engineers* en 1948. El *U.S. Army Corps of Engineers* comenzó a emplearlo en 1953, en tanto que el *U.S. Bureau of Reclamations* lo hizo en 1974. Está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico) de los suelos.



- El sistema divide entre *suelos gruesos* y *suelos finos*, considerando el porcentaje pasante por el tamiz #200 (0,075 mm). Si menos del 50% en peso del suelo pasa por dicho tamiz, entonces el suelo es *grueso*, y se sub-clasifica en arena o grava por medio del tamiz #4. Caso contrario, el suelo es *fino*, y se sub-clasifica en limo o arcilla según los valores de los límites líquido y plástico. La Figura 4 muestra un esquema simplificado del SUCS.



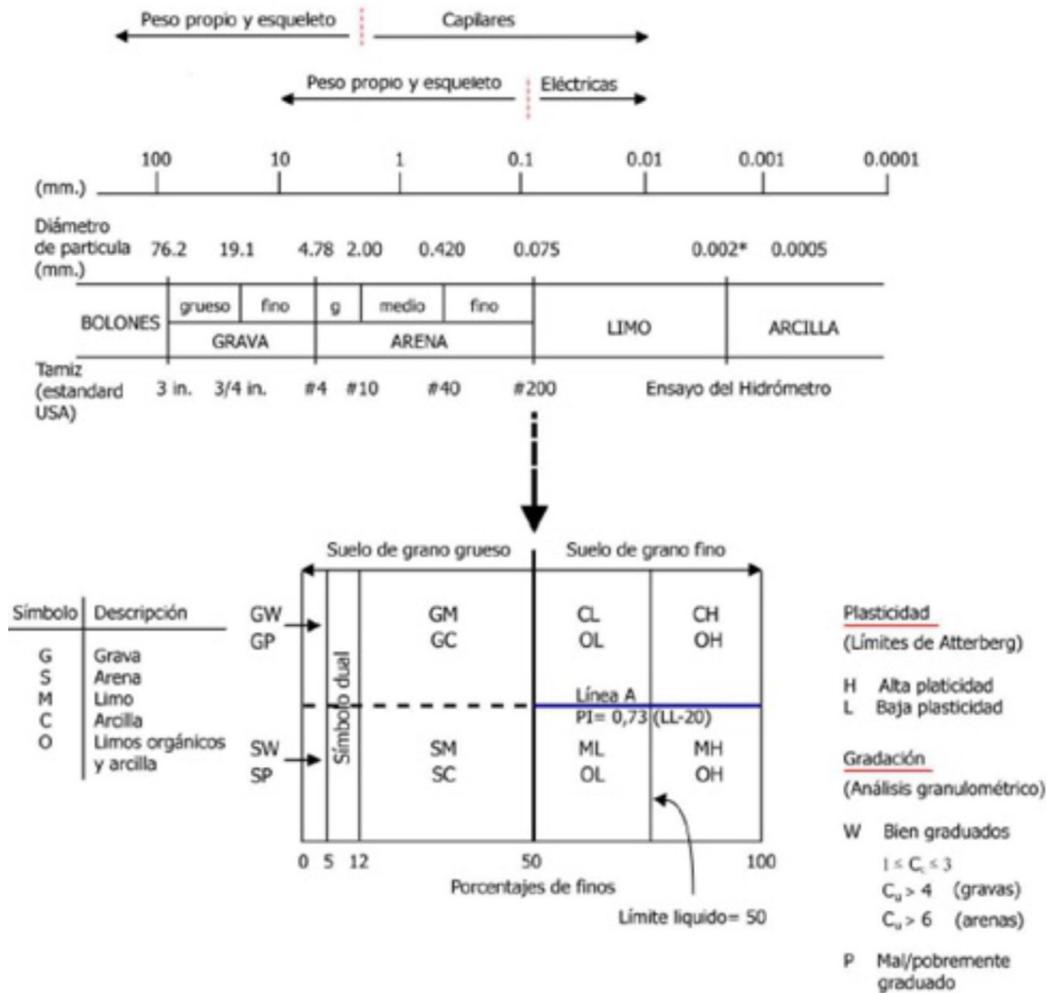
- La importancia del tamiz #200 se hace evidente cuando se analizan las fuerzas que actúan entre las partículas, incluyendo las de peso propio, las fuerzas debidas a esfuerzos efectivos, fuerzas eléctricas, y fuerzas capilares.



- En la parte superior de la Figura siguiente se observa la correlación existente entre el tamaño equivalente de las partículas y la naturaleza de las fuerzas gobernantes: los tamices #200 y #4 logran capturar estos límites.
- Desde el punto de vista del diseño geotécnico, la velocidad de disipación del exceso de presión de poros discrimina entre análisis en condiciones “drenadas” y en condiciones “no drenadas”. Típicamente, las condiciones de carga “drenadas” están asociadas a suelos de grano grueso, en tanto que las “no drenadas” a suelos de grano fino.



# ESQUEMA ILUSTRATIVO DEL SUCS



- En ausencia de finos, el empaquetamiento de granos de suelo grueso (grava o arena) depende del coeficiente de uniformidad ( $C_u = D_{60}/D_{10}$ ). Por su parte, el coeficiente de curvatura ( $C_c = D_{30}^2/(D_{10}/D_{60})$ ) agrega información acerca de la convexidad de la curva granulométrica, indicando la presencia de diámetros extremos (Santamarina y Narsilio, 2008).



Es importante destacar que aún pequeñas cantidades de partículas finas (tamaño menor a  $2 \mu\text{m}$ ), pueden ejercer una gran influencia en el comportamiento de suelos gruesos.

Los finos llenan los espacios entre las partículas de mayor tamaño, controlan la permeabilidad del suelo, determinan si las condiciones de carga efectiva serán drenadas o no drenadas, y cambian el comportamiento esfuerzo-deformación de los suelos.



Adicionalmente, un porcentaje relativamente pequeño de partículas finas pueden formar puentes estables entre partículas, confiriendo resistencia y rigidez al suelo (Santamarina *et al*, 2002).

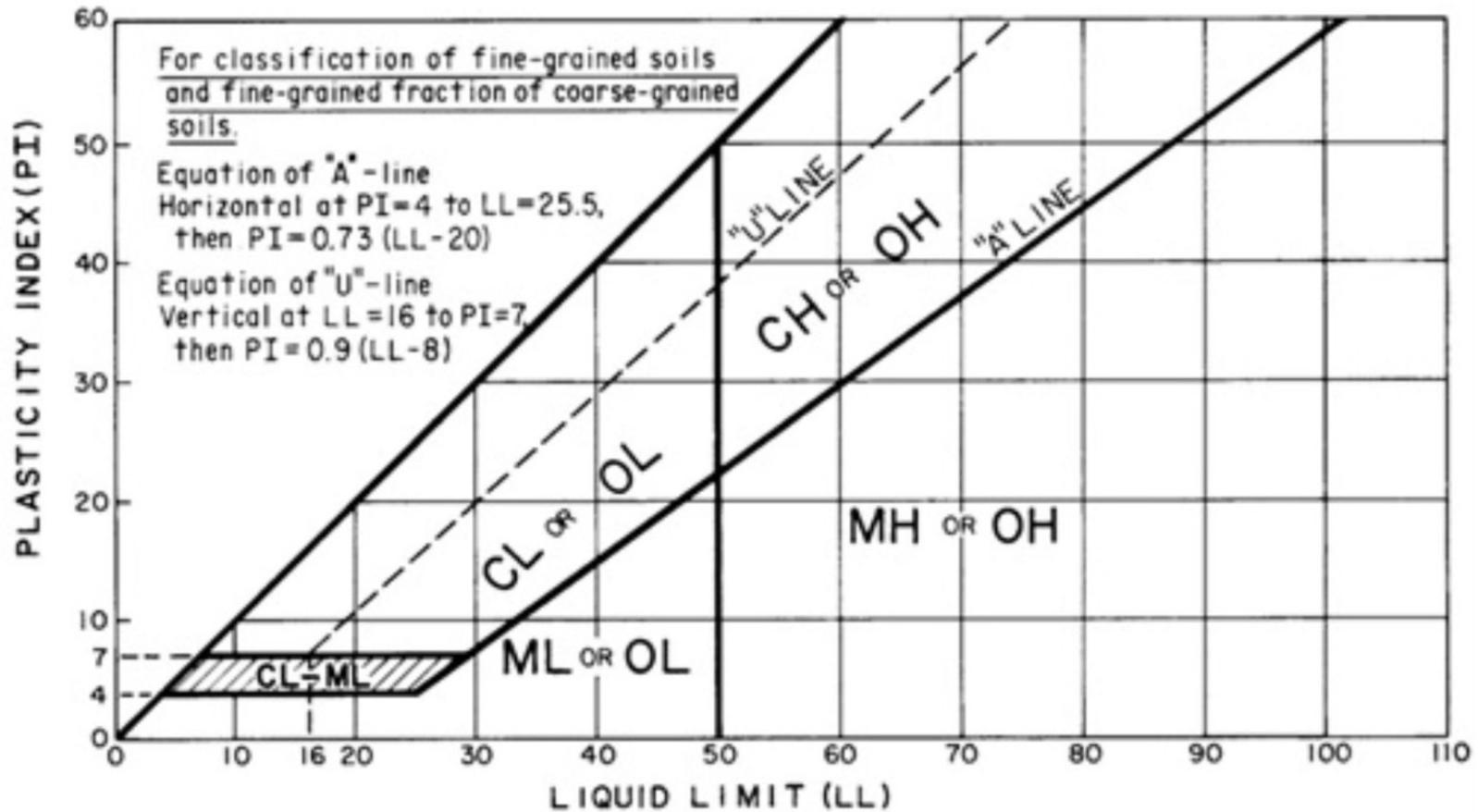
El SUCS reconoce estas observaciones, y presenta un rango variable de finos entre 5% y 12% que cambia la clasificación de suelos.



Los límites de Atterberg, por su parte, se emplean para clasificar suelos finos. Estos ensayos cuantifican la superficie específica y la formación de fábrica. Los ensayos de límites de consistencia deben ser realizados con el mismo fluido que estará involucrado durante la vida útil del proyecto, ya que el tipo y concentración de iones afectan el espesor efectivo de la capa difusa y las fuerzas de repulsión entre partículas (Santamarina y Narsilio, 2008). La Figura 5 muestra la Carta de Plasticidad, tal como se presenta en la Norma ASTM D-2487.



# CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE



## CLASIFICACION SUCS

Es importante destacar que el SUCS se basa en ensayos de laboratorio rutinarios: granulometría por tamizado e hidrómetro (pudiendo emplear simplemente la de tamizado), y límites de consistencia.

Quizá sea esta la principal fortaleza práctica del sistema.



# CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)



- **SUELOS GRUESOS:**

- ✓ Son aquellos suelos que más del 50% de las partículas son retenidas en el tamiz N° 200. Un suelo grueso será grava, si la mayor parte de la fracción gruesa queda retenida en el tamiz N° 4 y se considera como arena en el caso contrario.

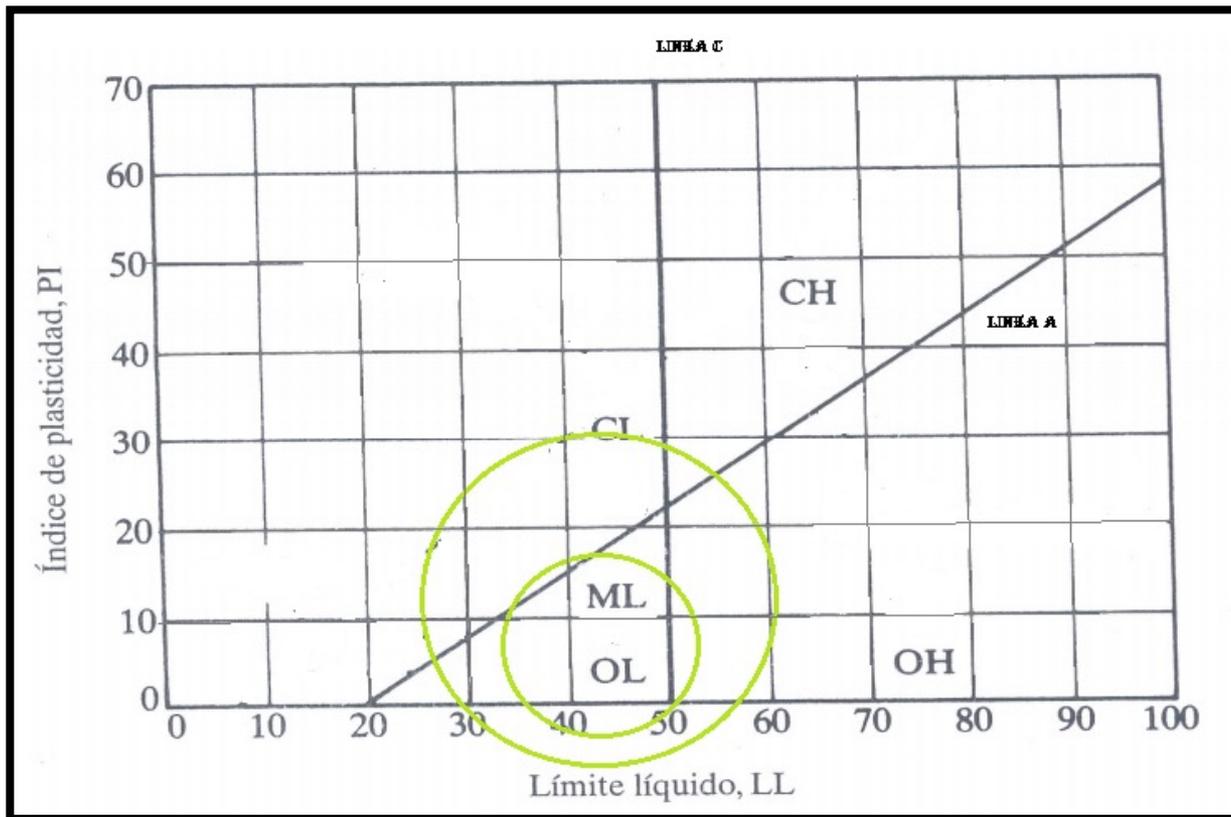
- **SUELOS FINOS:**

- ✓ Son aquellos suelos que más del 50% de las partículas pasan el tamiz N° 200. Para distinguir si la fracción fina es de carácter limoso o arcilloso, se emplea la figura 1.1, conocida como carta de plasticidad de casa grande.



# CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

- Fig. 1.1. Carta de plasticidad



Simbología	Definición
OH	Arcillas orgánicas
OL	Limos orgánicos
ML	Limos inorgánicos
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja
CH	Arcillas inorgánicas con plasticidad alta



# CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

- ✓ El sistema unificado utiliza símbolos para identificar los suelos y determinar su comportamiento como material de construcción. Las letras que se emplean para distinguir los suelos son:
  - **G** - grava
  - **S** - arena
  - **M** - limo
  - **W** - bien gradada
  - **P** - pobremente gradada
  - **C** - arcilla
  - **O** - limos y arcillas orgánicas
  - **L** - baja y media plasticidad
  - **H** - alta plasticidad
  - **Pt** - turbas o fangos.



# CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

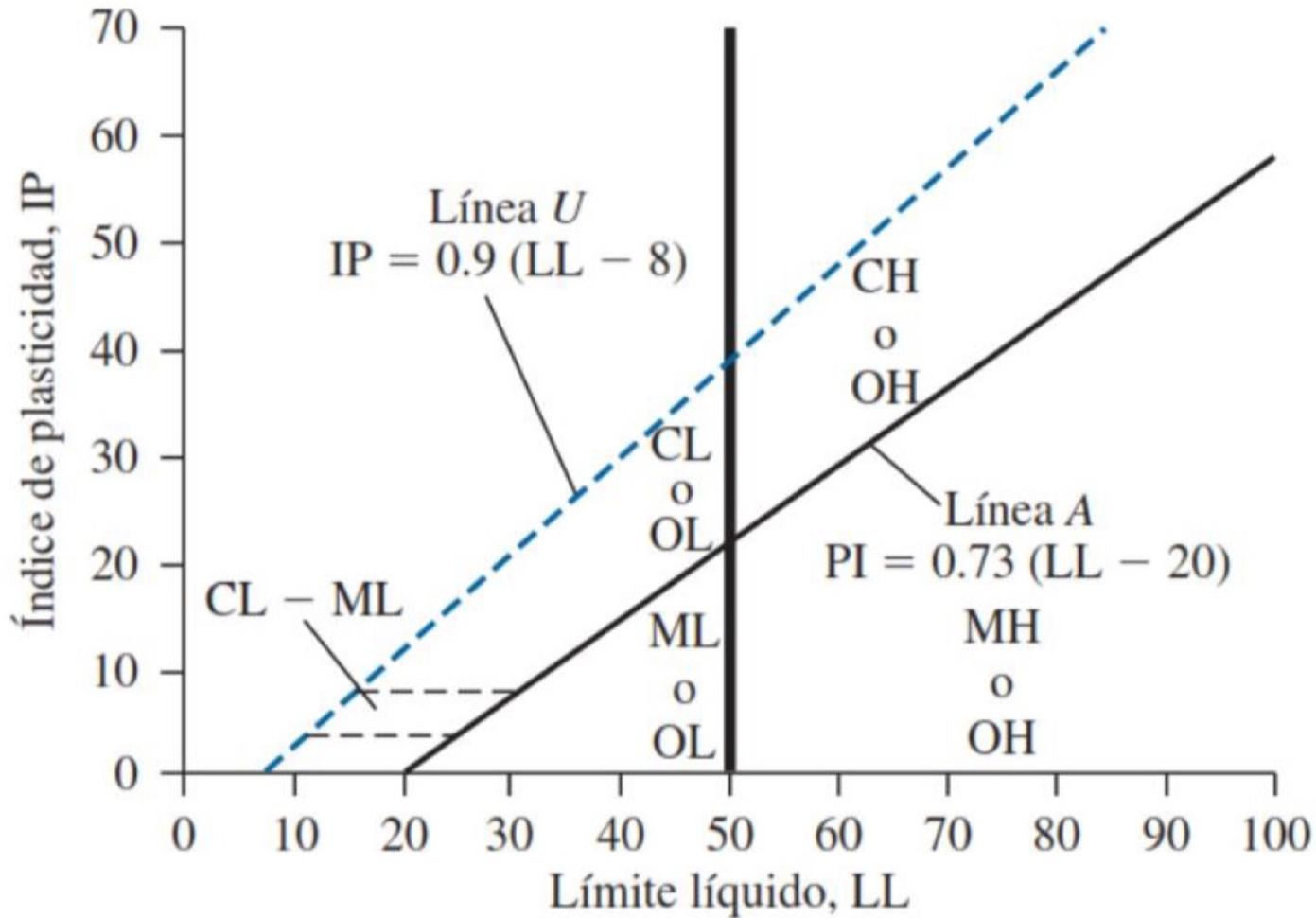
- Las combinaciones de las letras antes mencionadas son las que permiten la clasificación del suelo. Por ejemplo SW designa una arena bien gradada. La identificación de los suelos se facilita con el empleo del diagrama de flujo de la tabla 1.3, que se presenta a continuación:



**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487**

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos		
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo	
<b>Suelos de partículas gruesas</b> mas del 50% es retenido en la malla No. 200	<b>Gravas</b> Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
		Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para GP y GM		GP-GM	Grava mal graduada con limo	
		Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla	
	<b>Arenas</b> El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para SP y SM		SP-SM	Arena mal graduada con limo	
	Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla		
<b>Suelos de partículas finas</b> El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
	Orgánicos	Limite liquido - secado al horno	OL	Arcilla orgánica	
		limite liquido - no secado <0.75		Limo orgánico	
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
Orgánicos		Limite liquido - secado al horno	OH	Arcilla orgánica	
		limite liquido - no secado <0.75		Limo orgánica	
<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba	

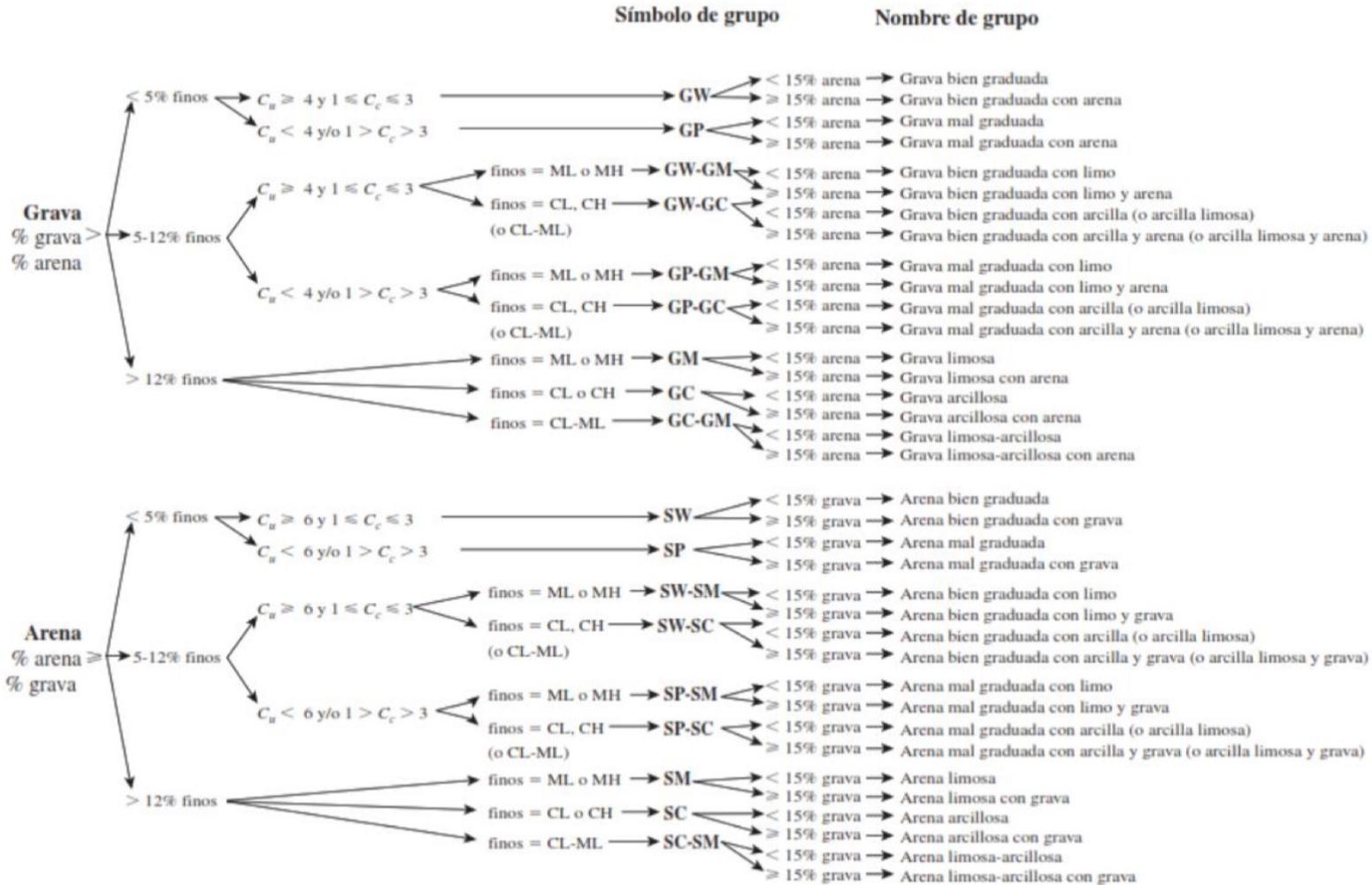
# 1.4. Clasificación de suelos



Gráfica de plasticidad.



# 1.4. Clasificación de suelos



# 1.4. Clasificación de suelos

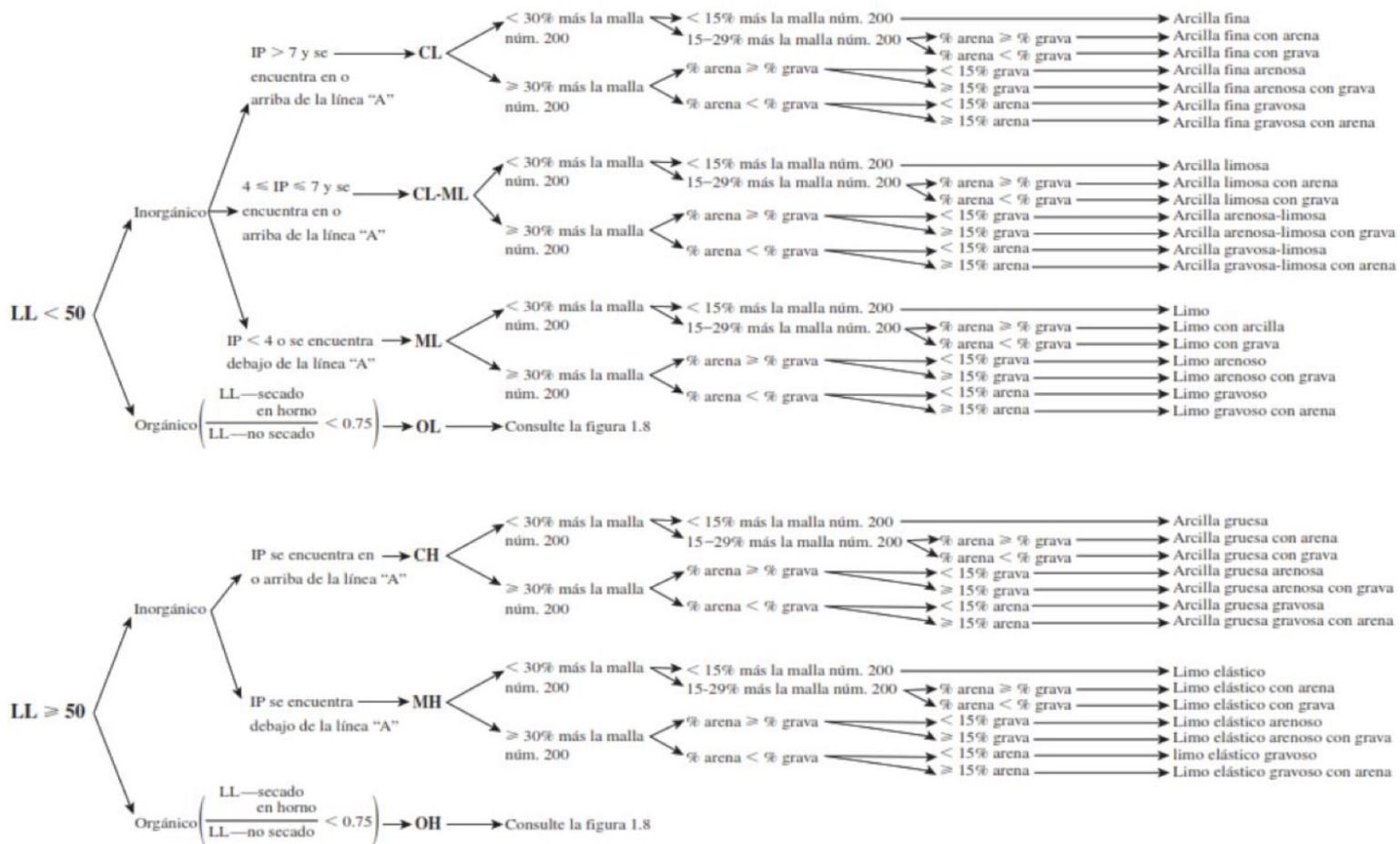
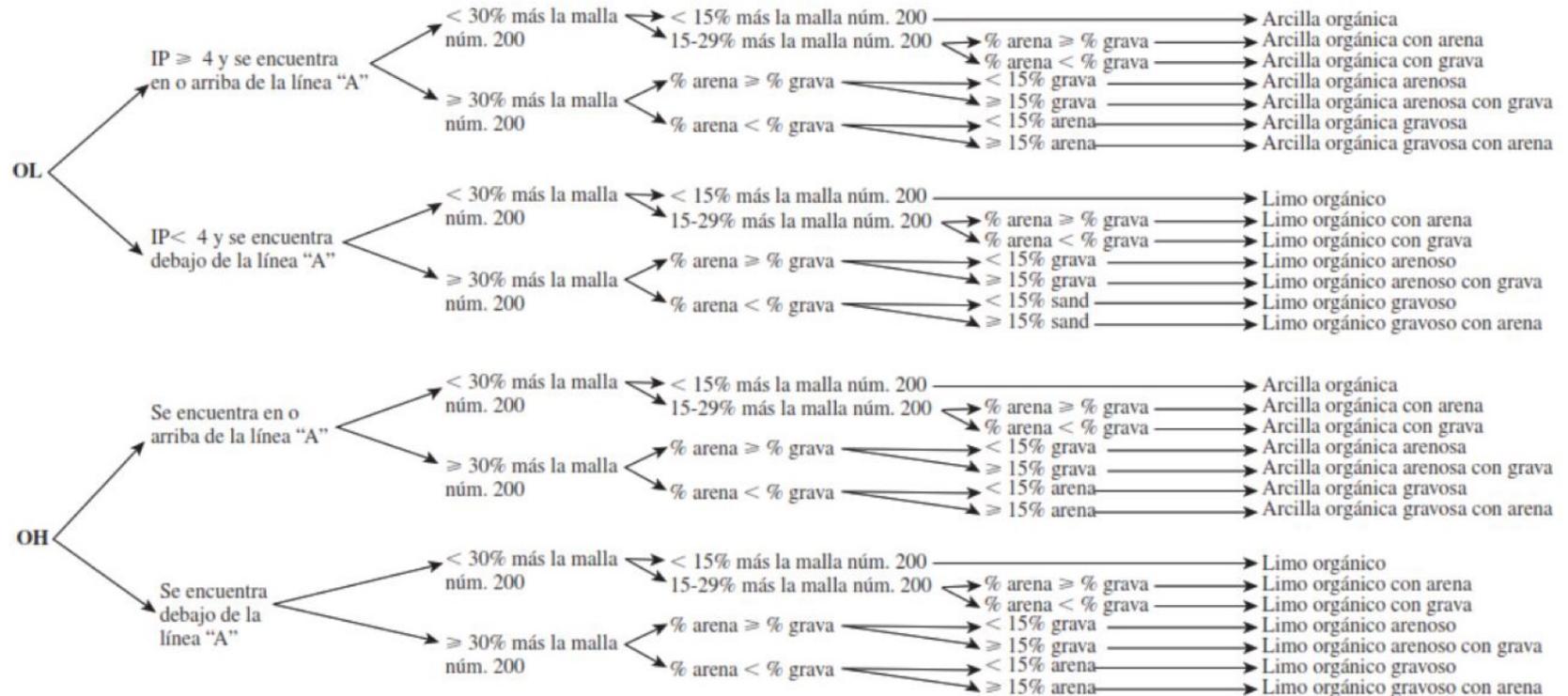


Figura 1.7 Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para clasificar suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor ASTM INTERNATIONAL. Reimpresión con permiso).

# 1.4. Clasificación de suelos

Símbolo de grupo

Nombre de grupo



**Figura 1.8** Diagrama de flujo para clasificar suelos orgánicos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor ASTM INTERNATIONAL. Reimpresión con permiso).

(Braja Das, 2012)

