CI0222 - Ingeniería Geológica y Geotécnica

Tema: Clasificación de suelos

Docente Responsable:
Ing. Hugo Orlando Reinert

Equipo docente:
Dr. Ing. Gustavo Orlando Bogado
Mgtr. Ing. Hugo Orlando Reinert
Ing. Marcelo Hugo Ernesto Gross

Tabla de contenidos

01
Introducción
Definiciones

02
Granulometría
Definiciones y ensayos

03
Compacidad y Consistencia de suelos
Definiciones y ensayos

04
Sistema Unificado
Definiciones

05
Sistema HRB
Definiciones

06
Suelos Residuales
Definiciones

01 Introducción

Introducción

Los suelos con propiedades similares pueden ser clasificados en grupos y subgrupos en función de las **características mecánicas y su comportamiento** para la ingeniería.

Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar de forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas, sin una descripción detallada.

Si bien existen varios, nosotros emplearemos dos sistemas de clasificación que utilizan la **distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos,** y que son comúnmente utilizados para aplicaciones ingenieriles.

Introducción

Los sistemas mencionados son:

- **American Association of State Highway Officials (AASHTO)**

(de mayor empleo en obras viales)

- **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

(de uso común por los ingenieros geotécnicos en obras civiles)

Granulometría

02

Granulometría

El **análisis granulométrico** es la determinación de la gama de **tamaños de partículas presentes en un suelo**, expresados como un **porcentaje del peso seco total,**

Generalmente se utilizan dos métodos para encontrar la distribución de tamaño de partícula de suelo:

- **Análisis por tamiz** para tamaños de **partículas mayores de 0.074 mm de diámetro (#200)**, y

- **Análisis por hidrómetro** para tamaños de **partículas más pequeñas que 0.074 mm de diámetro (#200)**.

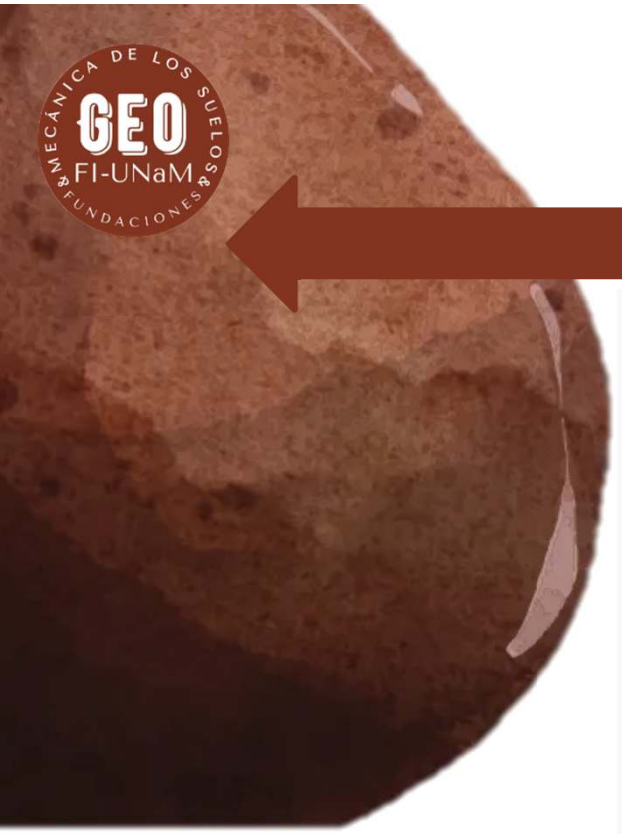
Granulometría

Límites de separación de tamaño de suelo

Nombre de la organización	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p.ej., linos y arcillas) <0.075	

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Granulometría





GRANO GRUESO

GRANO FINO

Gravas Mayor a 4.75mm

Arena Gruesa 4.74mm a 0.2mm

Arena Fina 0.19mm a 0.075mm

Limo 0. 074mm a 0.002mm

No visible a esta escala

Arcilla <0.002mm

RETENIDOS #200

PASANTES #200

RETENIDOS #4

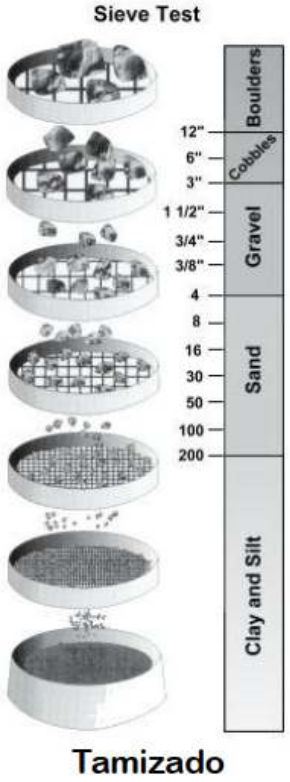
PASANTES #4

Link. https://csrlaboratorio.es/suelos/horizontes-estructura-clasificacion/

Granulometría

Tamizado





Tamizado

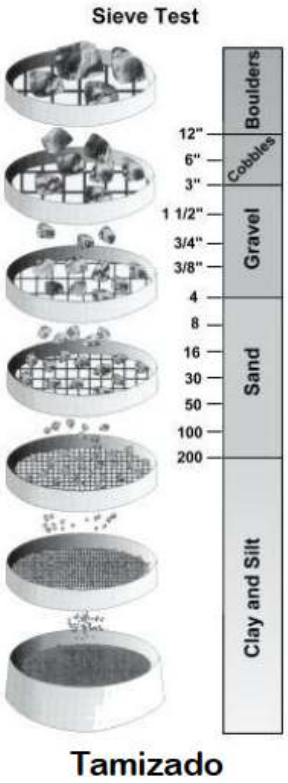


https://dharidasandco.com/product/test-sieves-18-inches/

https://certifiedmtp.com/advantech-meinz110-meinzer-ii-test-sieve-shaker/

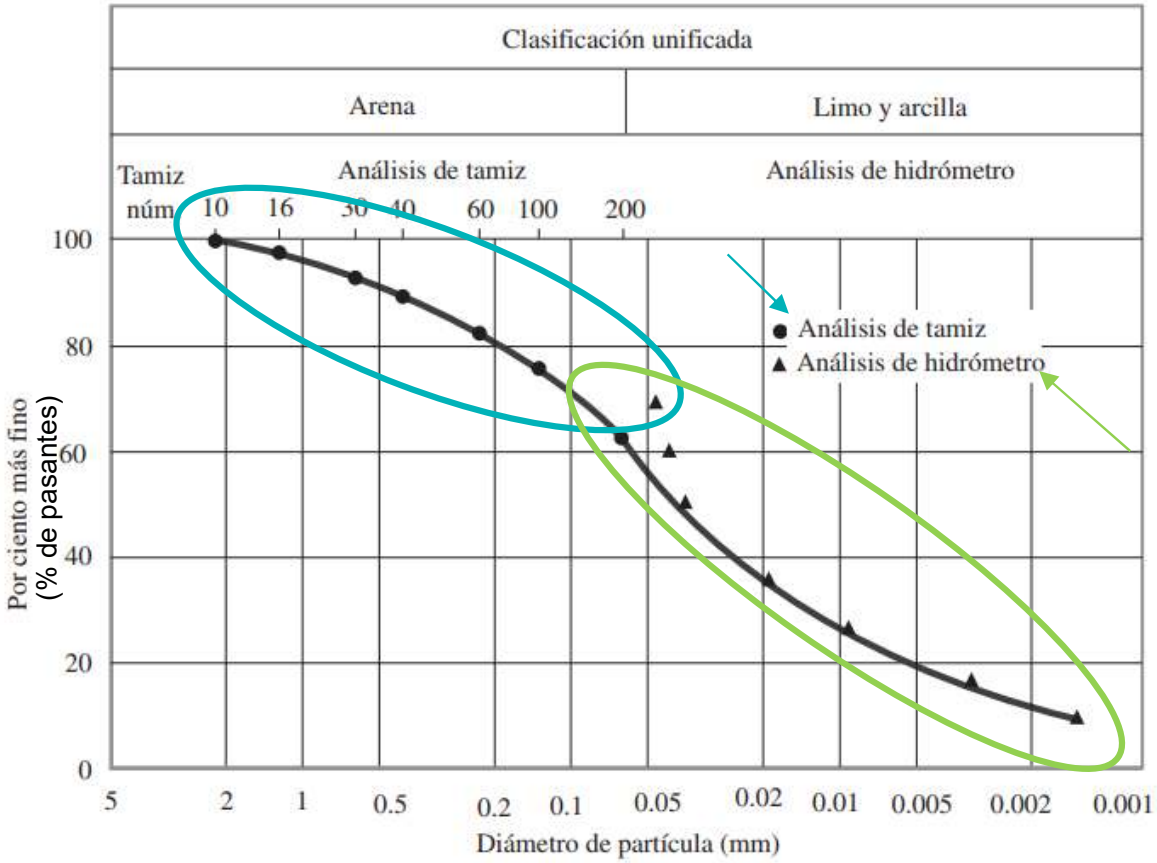
Granulometría

Tamizado



Tamizado

Tamiz N°	Abertura
3”	76mm
1 ½”	38mm
3/4”	19mm
3/8”	9.5mm
#4	4.75mm
#8	2.36mm
#16	1.18mm
#30	590µm
#50	297µm
#100	149µm
#200	74µm



Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Granulometría

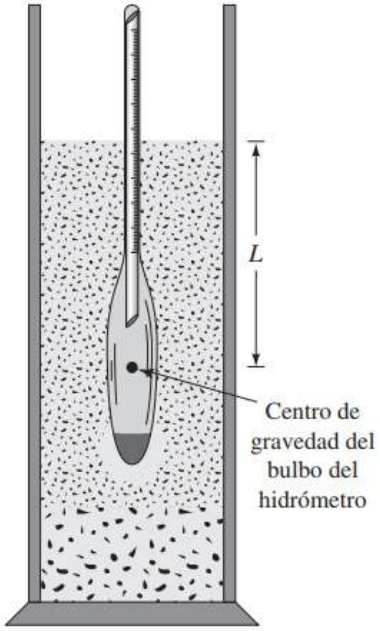
Hidrómetro

Suponiendo que ρw es aproximadamente igual a 1 g/cm³, se tiene:

$$D(\text{mm}) = K\sqrt{\frac{L(cm)}{t(\text{min})}}$$

donde

$$K = \sqrt{\frac{30\eta}{(G_s - 1)}}$$



Variación de K con Ge (Gs=2.65)

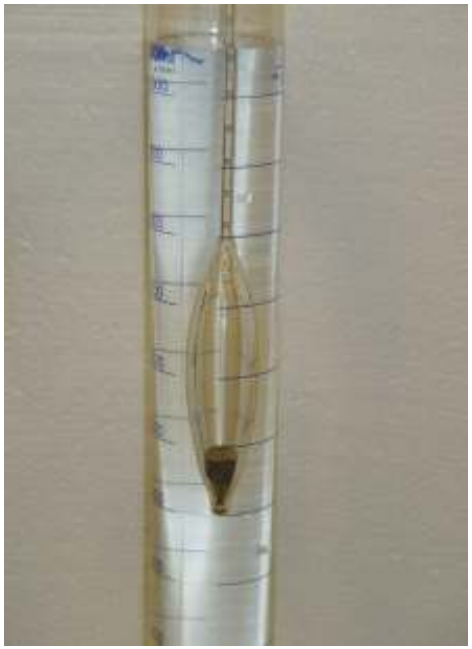
Temperatura (°C)	G_e						
	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80
17	0.0149	0.0146	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136
18	0.0147	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134
19	0.0145	0.0143	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132
20	0.0143	0.0141	0.0139	0.0137	0.0134	0.0133	0.0131
21	0.0141	0.0139	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129
22	0.0140	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0128
23	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126
24	0.0137	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0125
25	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123
26	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0124	0.0122
27	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120
28	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0123	0.0121	0.0119
29	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0121	0.0120	0.0118
30	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0118	0.0117

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Granulometría

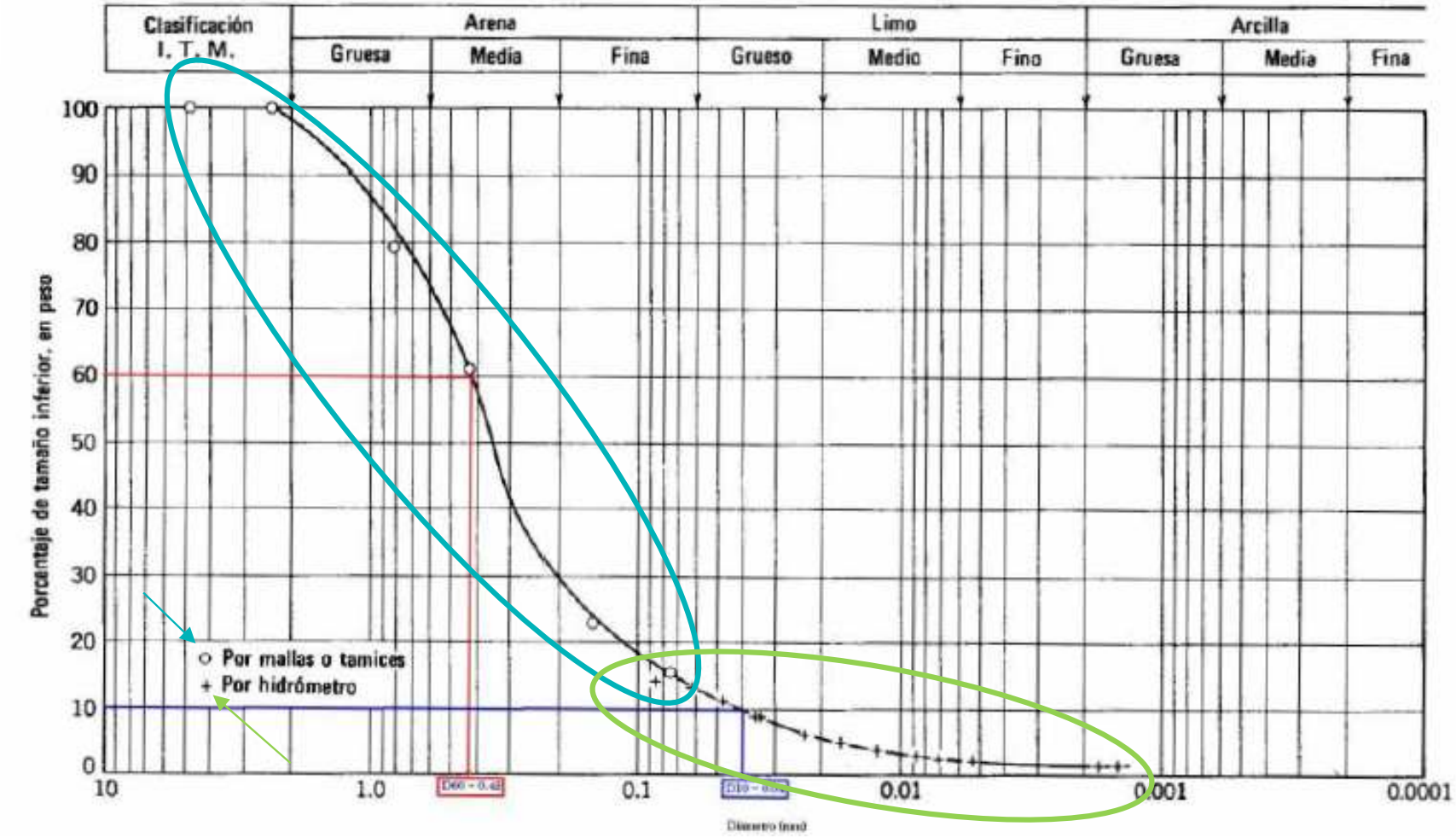


Hidrómetro

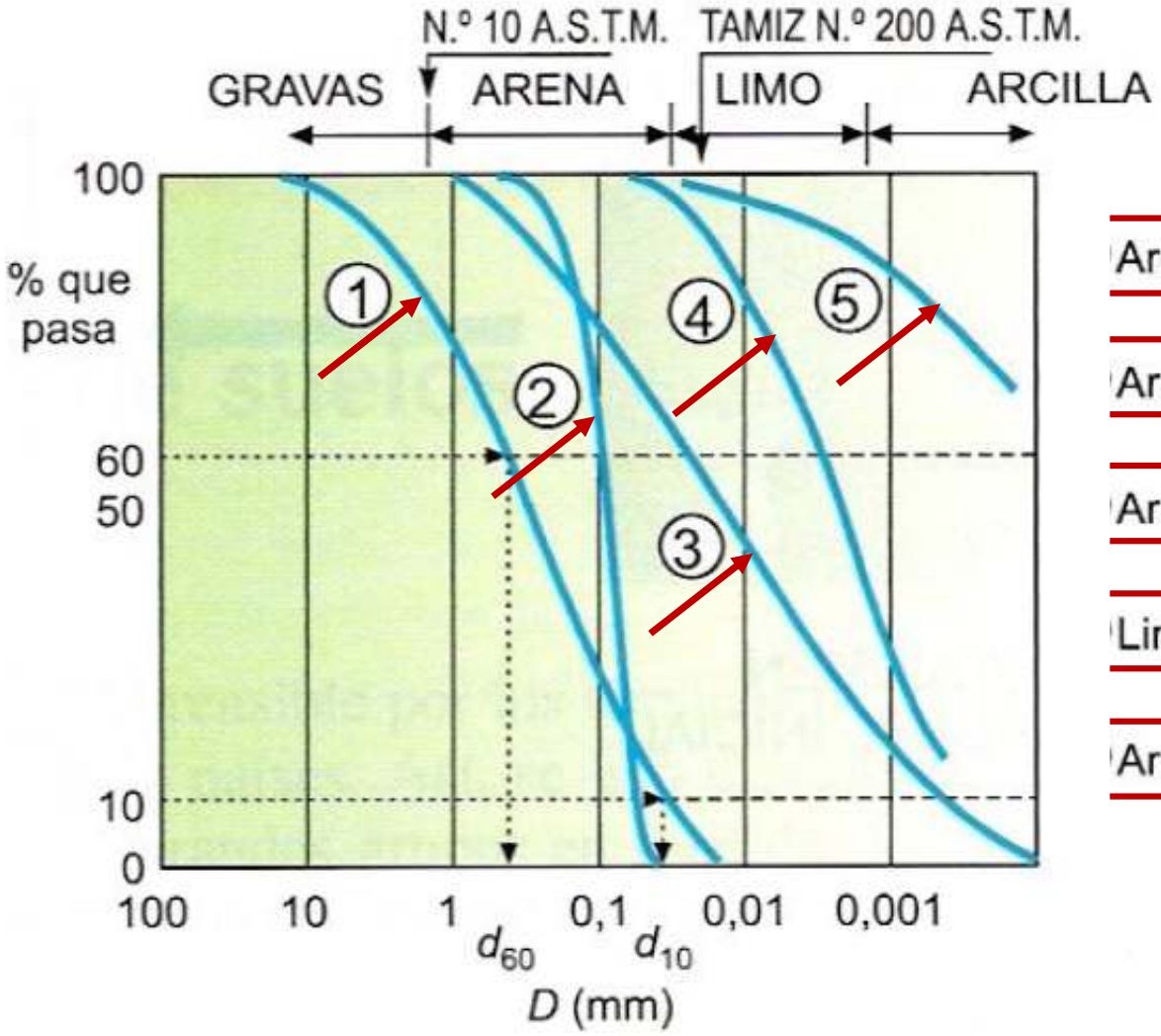




Granulometría



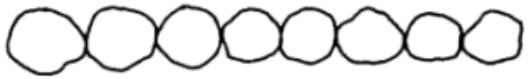
Granulometría



1. Arena con gravas
2. Arena fina (duna)
3. Arena limosa
4. Limo
5. Arcilla limosa

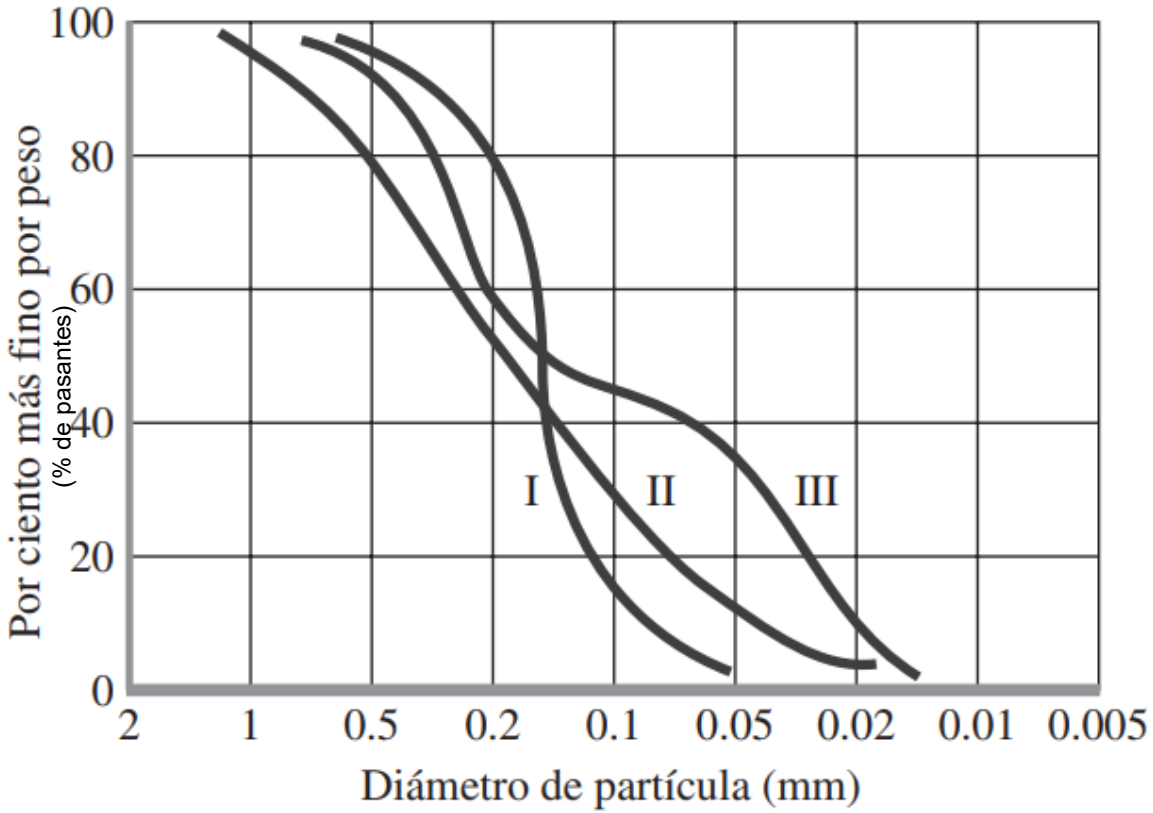
Granulometría

Tipos de Graduación

	**SUELO BIEN GRADUADO:** Existe una graduación continua de tamaños.
	**SUELO MAL GRADUADO:** Existe una graduación uniforme de tamaños.
	**SUELO CON GRADUACIÓN DISCONTINUA:** Existe una graduación discontinua de tamaños.

Granulometría

Tipos de Graduación

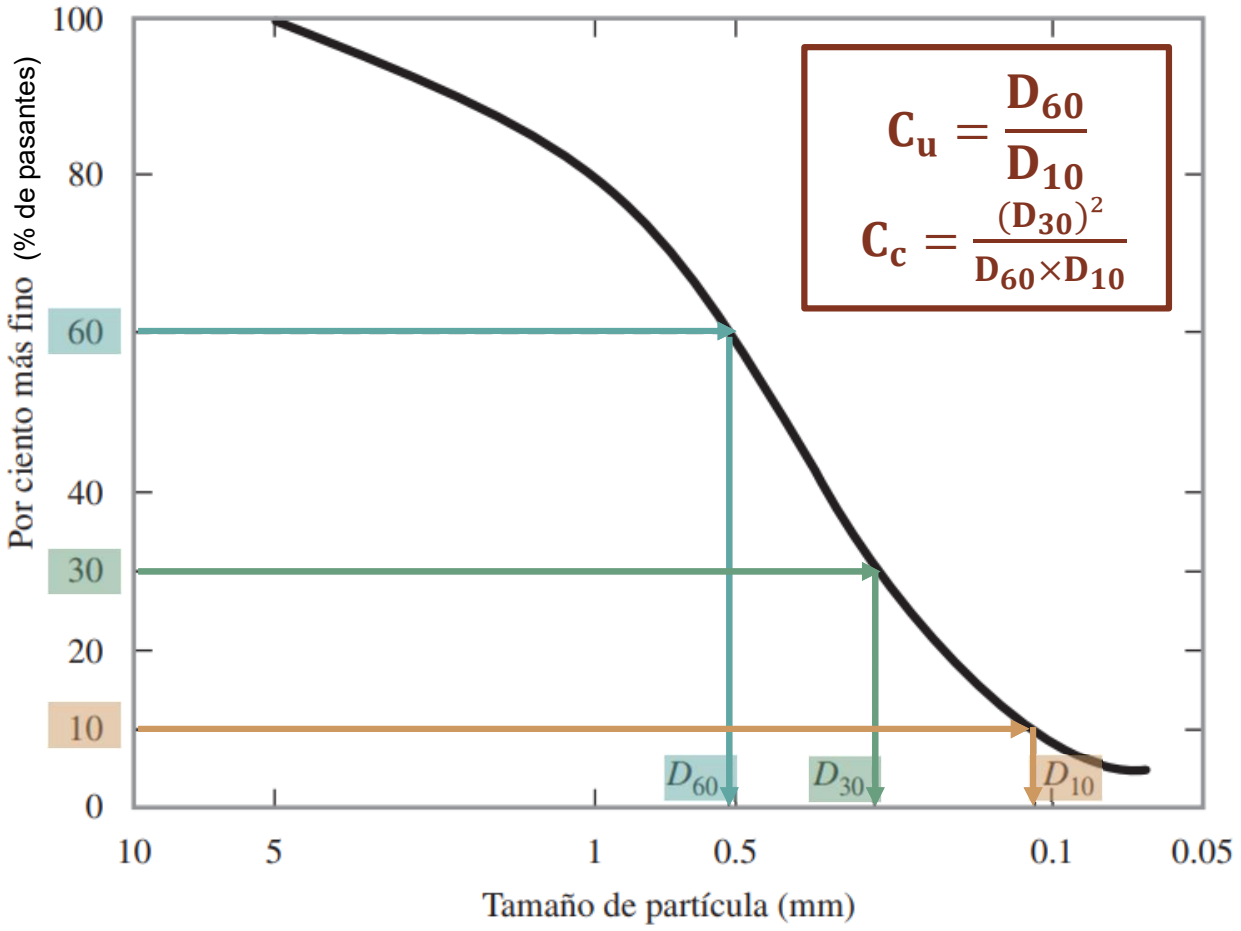


- **Curva I**: representa un tipo de suelo en el que la mayoría de los **granos son del mismo tamaño**. A esto se le denomina **suelo mal graduado.**
- **Curva II:** representa un suelo en el que el tamaño de las partículas está distribuido en un **amplio rango,** este tipo de suelo se denomina **bien graduado.**
- **Curva III**: representa un suelo con **graduación discontinua.**

Granulometría

D60, Tamaño efectivo correspondiente al 60% mas fino.

D30, Tamaño efectivo correspondiente al 30% mas fino.



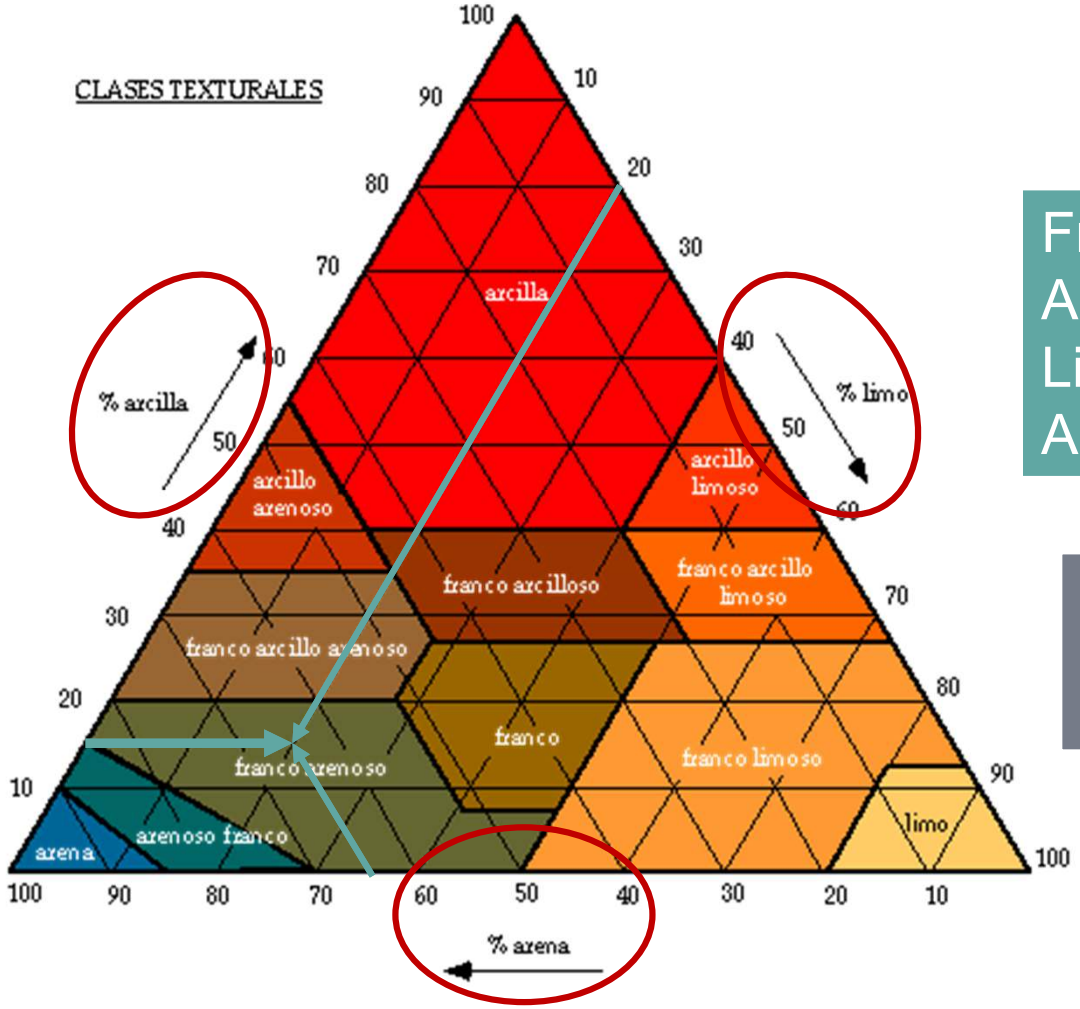
Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Coeficiente de Uniformidad.

Coeficiente de Curvatura.

D10, Tamaño efectivo correspondiente al 10% mas fino.

Clasificación en función de la Granulometría



Fracciones
Arcilla = 15%
Limo = 20%
Arena= 65%

Franco Arenoso



03 Compacidad y Consistencia de Suelos

Compacidad y Consistencia de Suelos

- La **Compacidad Relativa (Cr)** es una medida de la densidad de los **suelos granulares**.

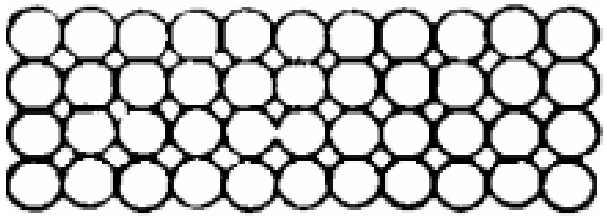
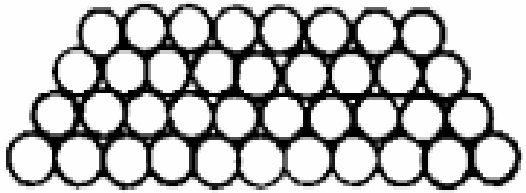
- La **Consistencia** de los **suelos arcillosos** se **identifica por sus límites**:
  - Límite líquido (LL),
  - Límite plástico (LP),
  - Límite de contracción (LC).

Estos límites están descritos por los porcentajes del contenido de humedad en la que el suelo cambia de líquido a una fase plástica, plástica a una fase semisólida y semisólida a la fase sólida.

Compacidad relativa

Es el **grado de "acomodo"** que tienen las partículas de un mismo suelo se denomina **compacidad**.

En el caso hipotético de partículas esféricas las situaciones extremas de acomodo son las que se muestran a continuación:

Estado suelto		Estado más suelto n=47.6%, e=0.91
Estado compacto o denso		Estado más compacto n=26%, e=0.35

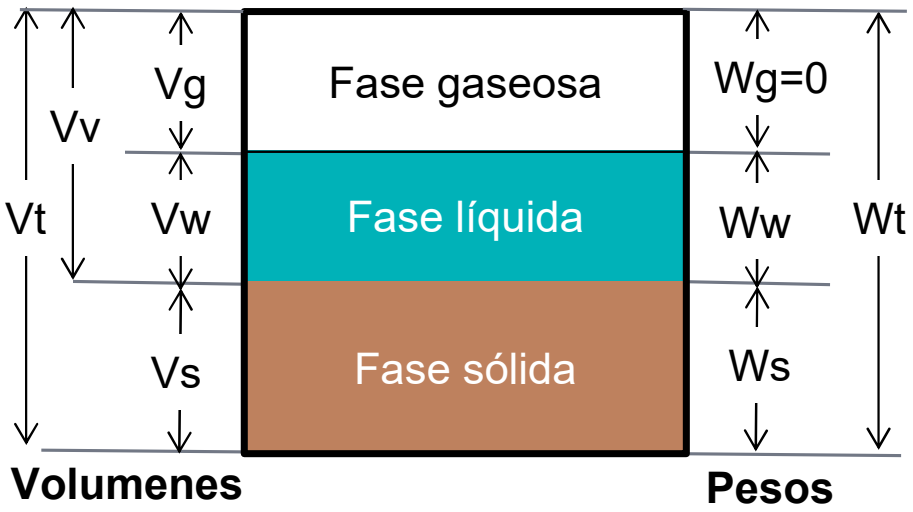
Compacidad relativa

$$Cr = \frac{e_{max} - e_o}{e_{max} - e_{min}} \cdot 100\%$$

Donde:

- Cr: Compacidad relativa (en %)
- e_{max} : Relación de vacíos máxima
- e_{min} : Relación de vacíos mínima
- e_0 : Relación de vacíos natural

Cr (%)	Descripción
0-20	Muy suelto
20-40	Suelto
40-60	Medio
60-80	Denso
80-100	Muy denso



Características:

- Si $e_0 = e_{max} \geq$ Cr = 0 %
- Si $e_0 = e_{min} \geq$ Cr = 100 %

Consistencia del suelo

Cuando los **minerales de arcilla** están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone.

Esta **naturaleza cohesiva** se debe al **agua adsorbida** que rodea a las partículas de arcilla.

En 1900, un científico sueco llamado **Albert Mauritz Atterberg** desarrolló un **método para describir la consistencia de los suelos de grano fino** con **diferentes contenidos de humedad**.

Consistencia del suelo

Con un **contenido de humedad muy bajo**, el suelo se comporta más como un **sólido quebradizo**.

Cuando el **contenido de humedad es muy alto**, el suelo y el agua pueden **fluir como un líquido**.

Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en **cuatro estados básicos:**

Sólido, semisólido, plástico y **líquido**.

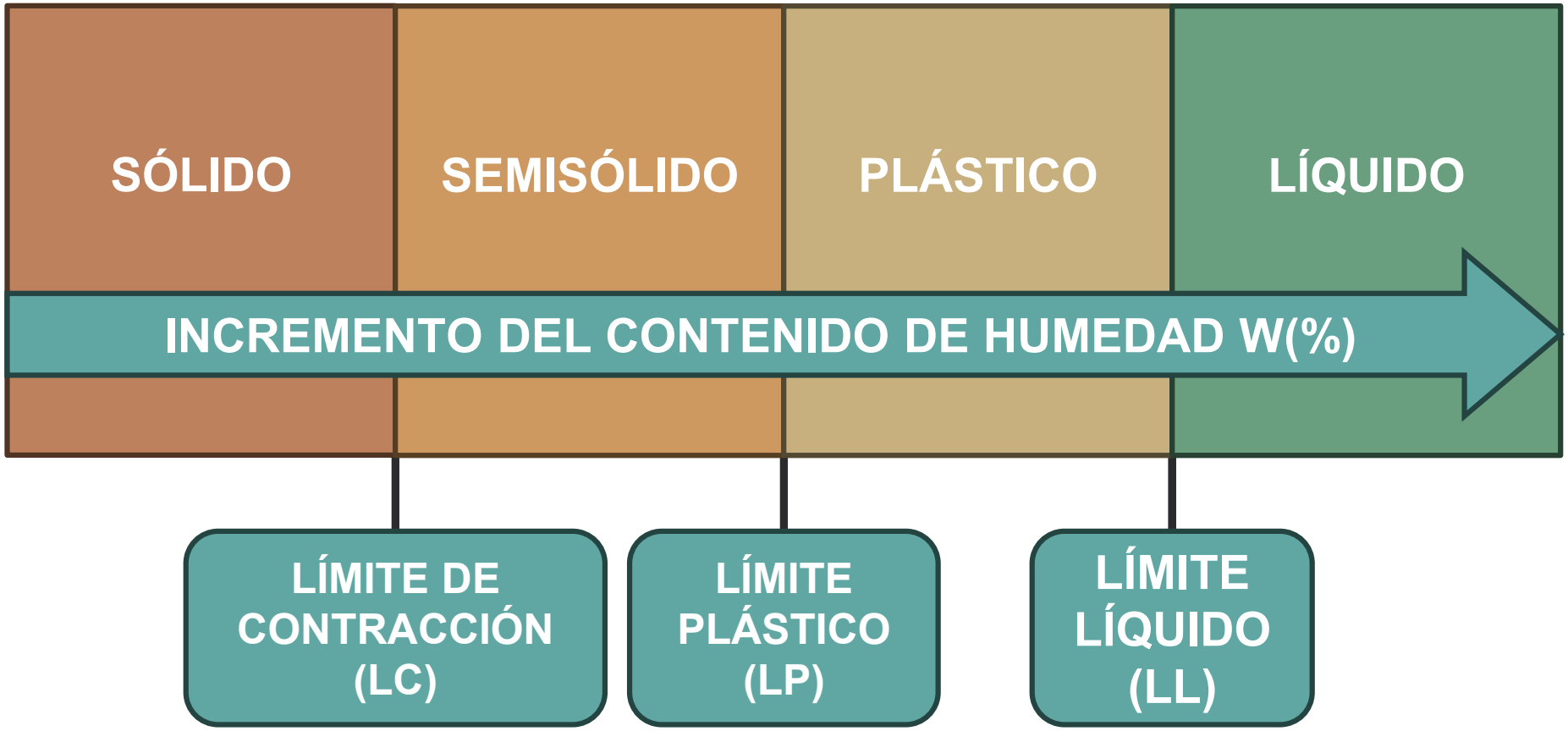
Consistencia del suelo

El **contenido de humedad**, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la **transición del estado sólido al estado semisólido** se define como el **límite de contracción**.

El **contenido de humedad** en el punto de transición del **estado semisólido al estado plástico** es el **límite plástico**, y **del estado plástico al estado líquido es el límite líquido.**

Estos límites son también conocidos como **límites de Atterberg.**

Límites


SÓLIDO
SEMISÓLIDO
PLÁSTICO
LÍQUIDO
INCREMENTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD W(%)
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC)
LÍMITE PLÁSTICO (LP)
LÍMITE LÍQUIDO (LL)

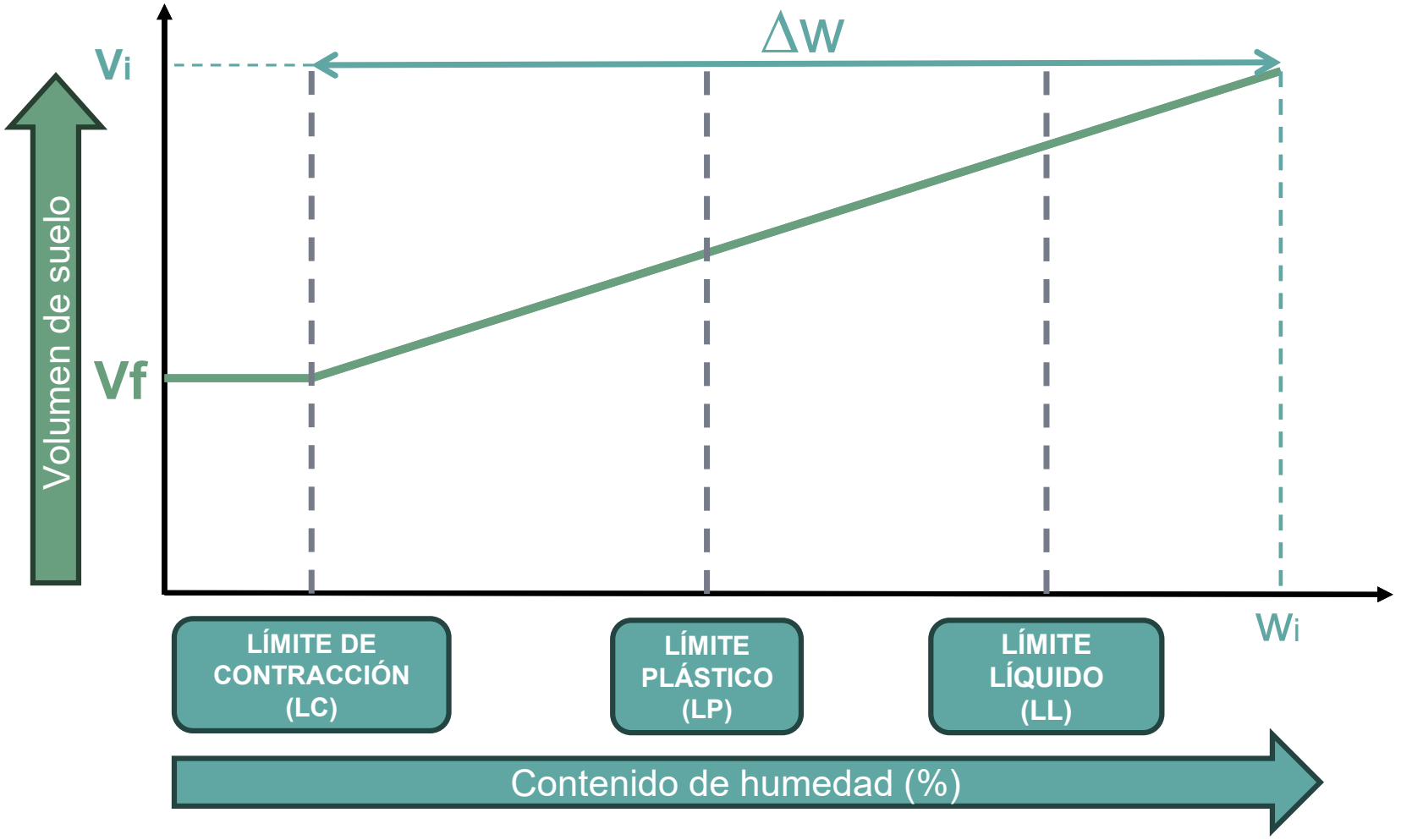
Límite de Contracción

La masa de **suelo se contrae a medida que éste pierde humedad gradualmente.**

Con la pérdida continua de humedad se alcanza un estado de equilibrio hasta el punto en el que más **pérdida de humedad no dará lugar a ningún cambio de volumen adicional**.

El **contenido de humedad, en porcentaje**, en el que el cambio de volumen de la masa de suelo cesa se define como **límite de contracción.**

Límite de Contracción



Límite de Contracción

Pruebas de límite de contracción se llevan a cabo en el laboratorio con un **plato de porcelana** de unos 44 mm de diámetro y aproximadamente 13 mm de altura.

El interior de la cápsula se recubre con vaselina y luego se llena completamente con el suelo mojado.

El exceso de suelo por encima del borde de la placa se quita con una regla y se registra la masa del suelo húmedo en el interior del plato. Después la porción del suelo en el plato es **secada en un horno.**

El volumen de la porción de suelo secado al horno se determina por el desplazamiento de mercurio.

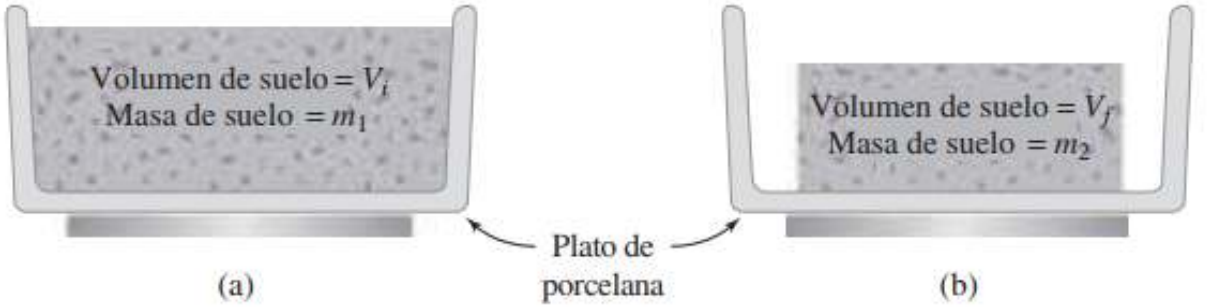


Límite de Contracción

Este procedimiento se ha descontinuado desde 2008.

Debido a que el manejo de mercurio puede ser peligroso, la Designación ASTM D-4943 describe un método de inmersión de la porción de suelo secado en el horno en una olla de cera fundida.

Al enfriarse la porción de suelo encerado se determina su volumen sumergiéndola en agua.



Porción de suelo antes del secado

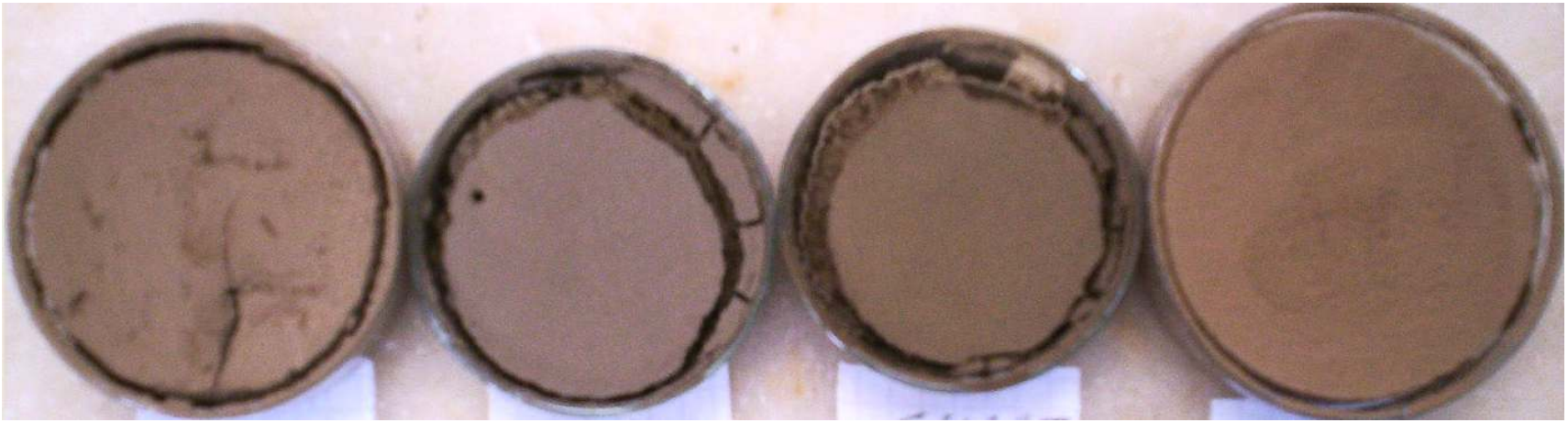
Porción de suelo después del secado



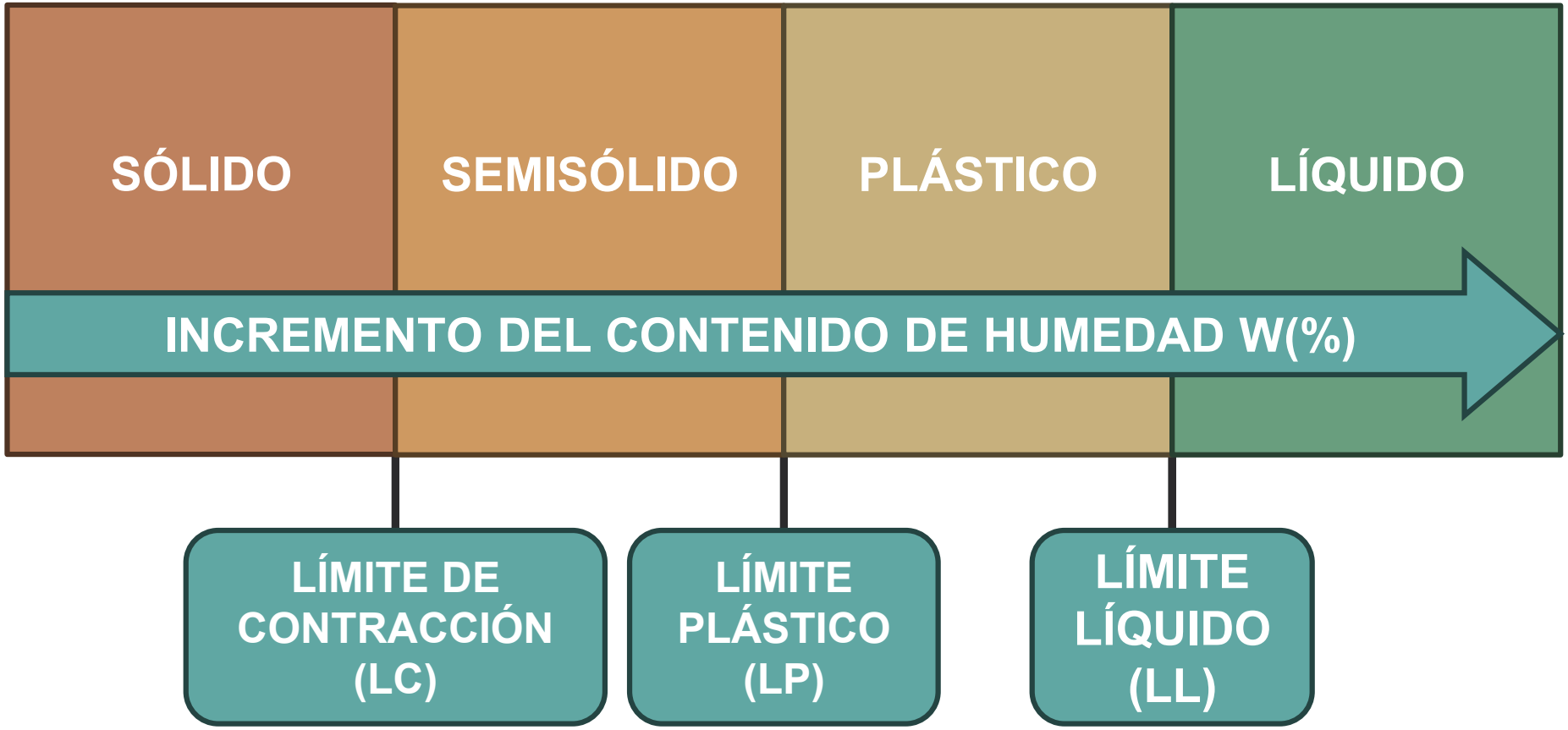
Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Consistencia del suelo





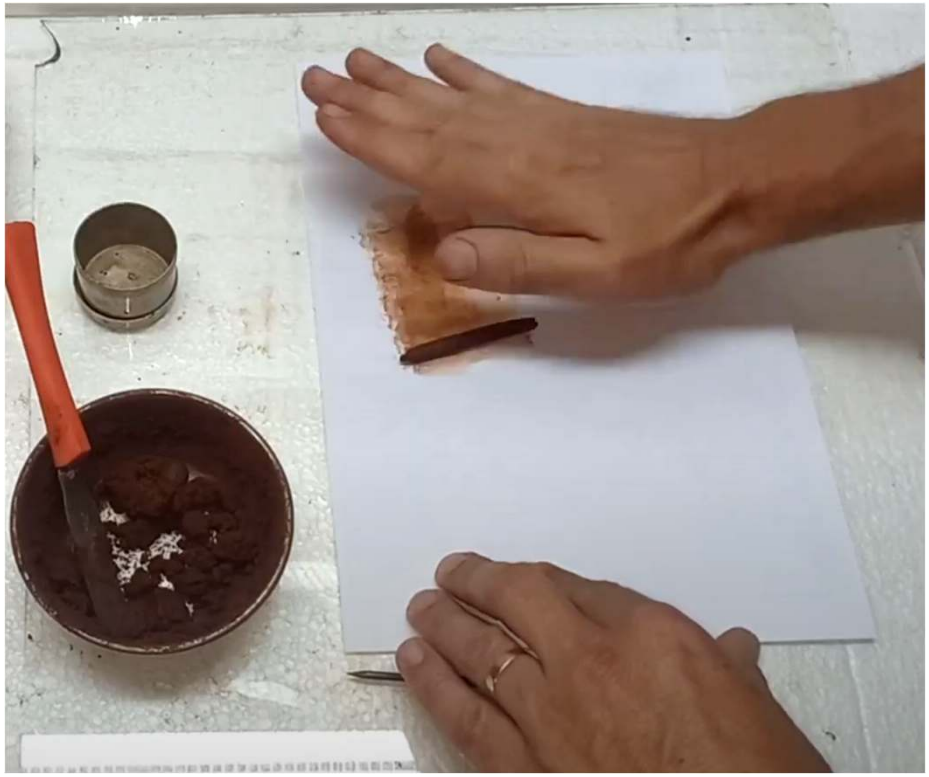
Consistencia del suelo



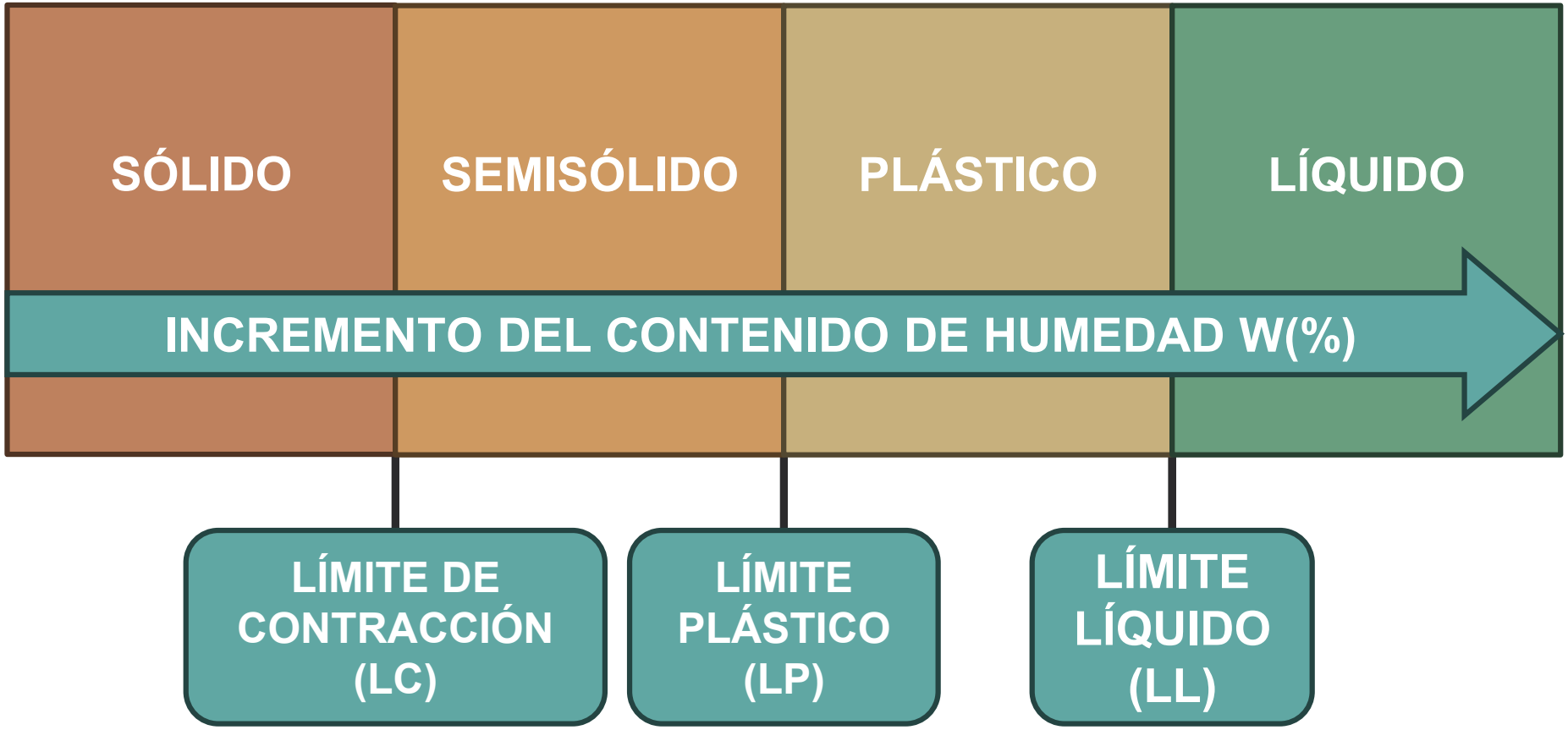
Límite Plástico

El **límite plástico** se define como el **contenido de humedad**, en porcentaje, en el que **el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se cuartea en superficie**.

El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo.
La prueba es simple y se realiza mediante **rodados repetidos** por parte de una masa de suelo de tamaño elipsoidal **sobre una placa de vidrio esmerilado.**



Consistencia del suelo

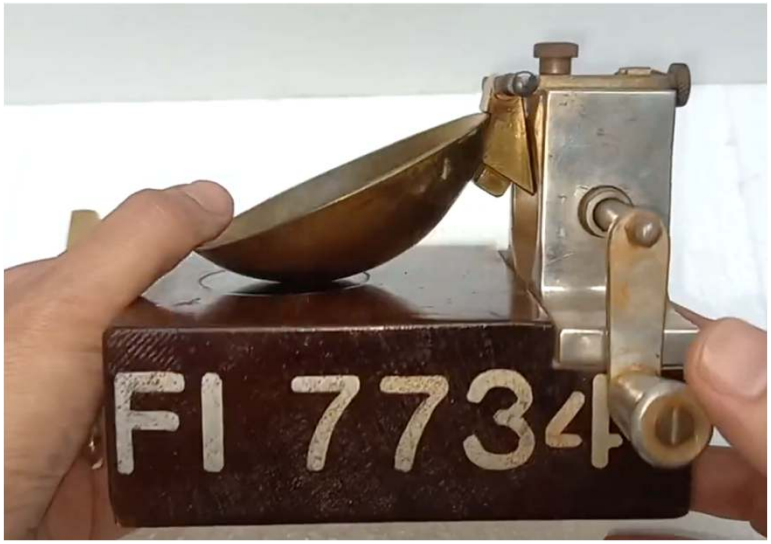


Límite Líquido

Para determinarlo se utiliza un dispositivo que consiste en una **copa de bronce (Cascador de Casagrande) con una base de goma dura.**

El cascador se puede soltar sobre la base por una leva operada por una manivela.

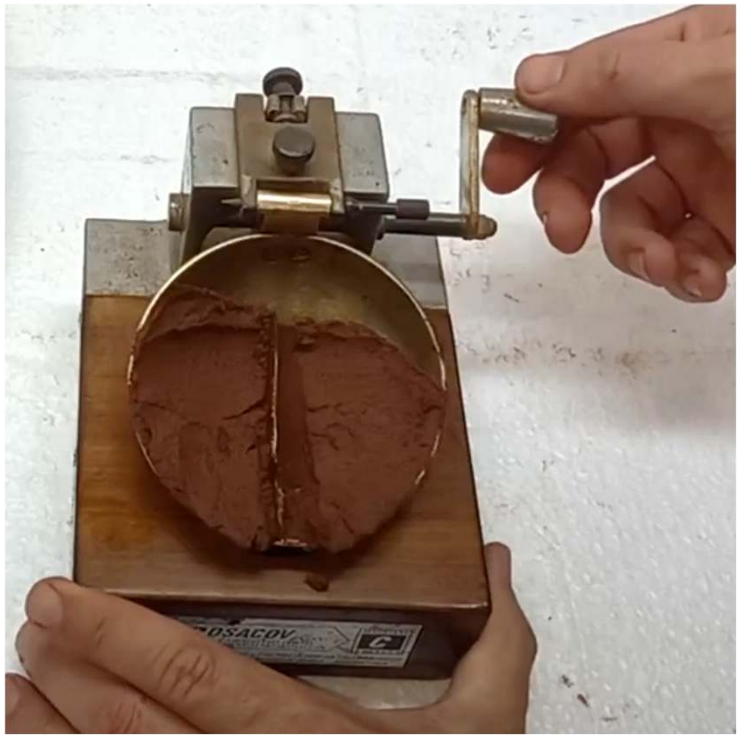
Para la prueba de límite líquido, se coloca una masa de suelo en la copa y se hace un corte en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de ranurado estándar.





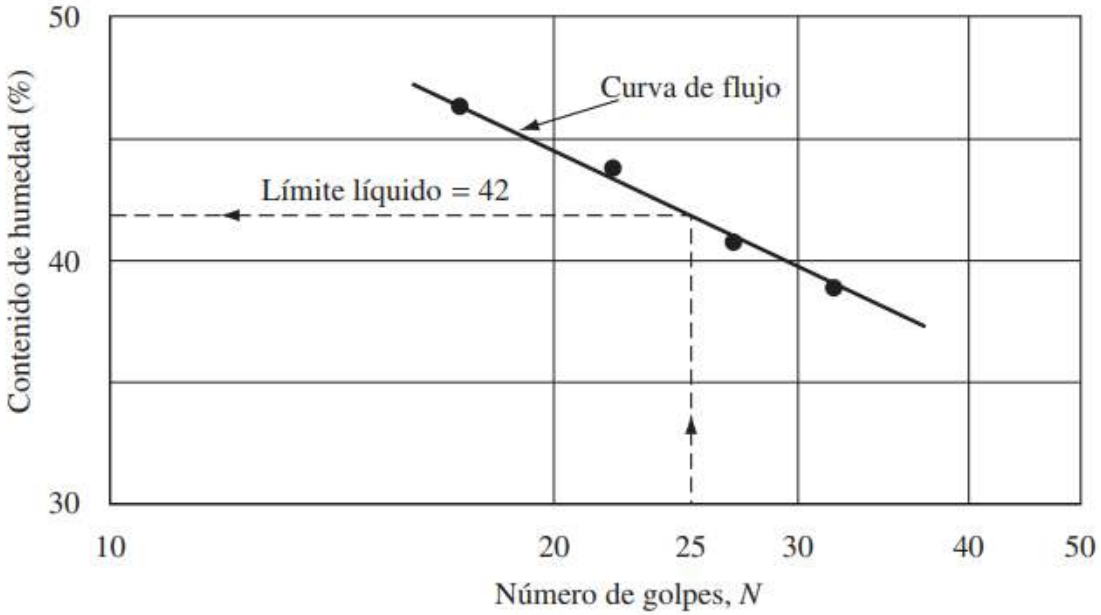
Límite Líquido

Entonces la copa se **eleva con la leva accionada por la manivela** y se deja caer desde una **altura de 10 mm**. El contenido de humedad, en porcentaje, necesario para **cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo** de la parte inferior de la ranura **después de 25 golpes** se define como el límite líquido.



Límite Líquido

El **contenido de humedad correspondiente a N=25**, determinado a partir de la curva de flujo (w(%) vs número de golpes en escala semilogarítmica), **da el límite líquido del suelo.**



Curva de flujo para la determinación del límite líquido de una arcilla limosa

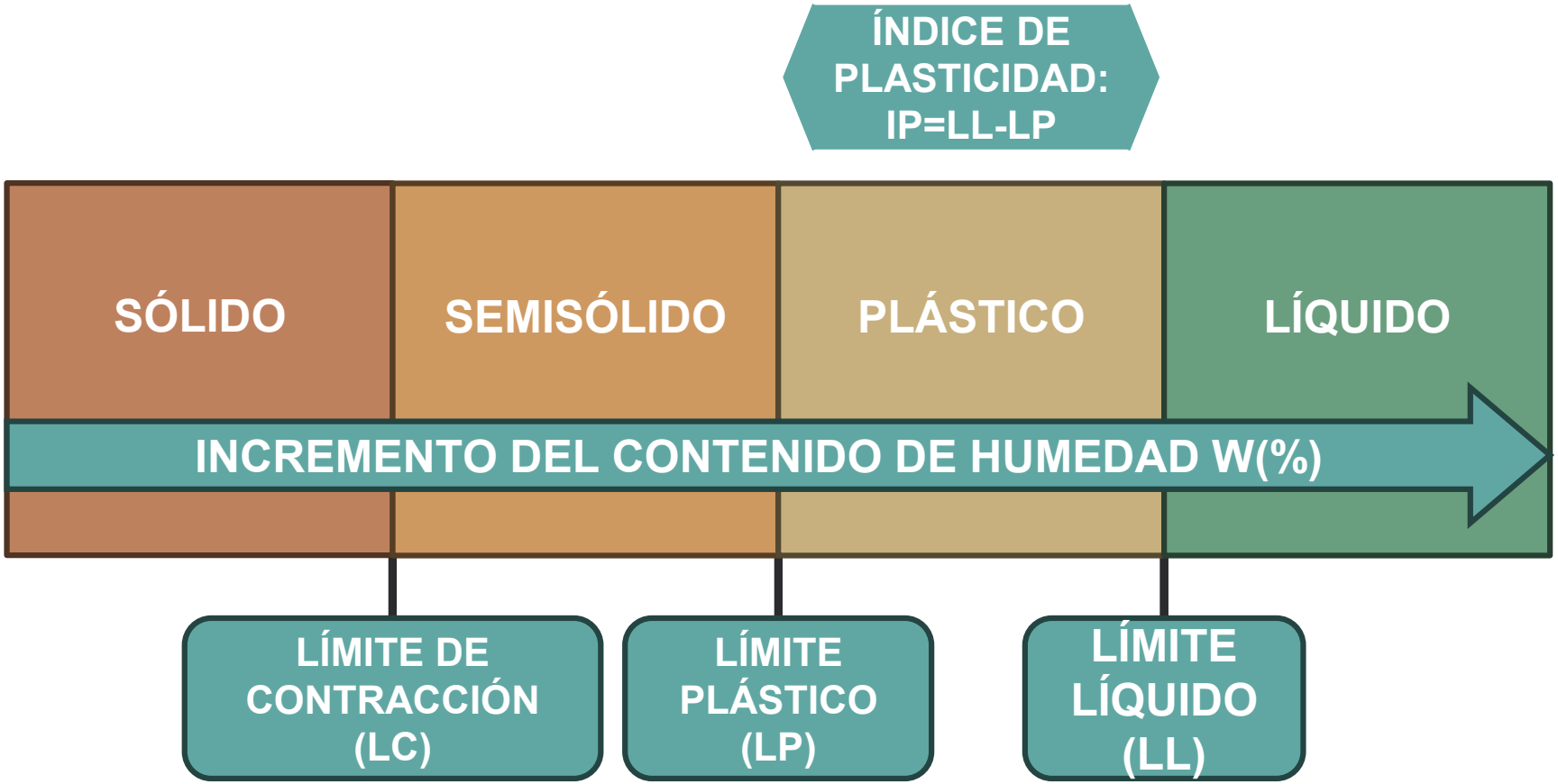
Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Límite Plástico y Líquido valores usuales

Descripción	Límite Líquido	Límite Plástico
Caolinita	35-100	25-35
Ilita	50-100	30-60
Montmorillonita	100-800	50-100
Arcilla Azul Boston	40	20
Arcilla Chicago	60	20
Arcilla Lousiana	75	25
Arcilla Londres	66	27
Arcilla Cambridge	39	21
Arcilla Montana	52	18
Lodo Mississippi	95	32
Suelos loesianos del norte y noroeste de China	25-35	15-20

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

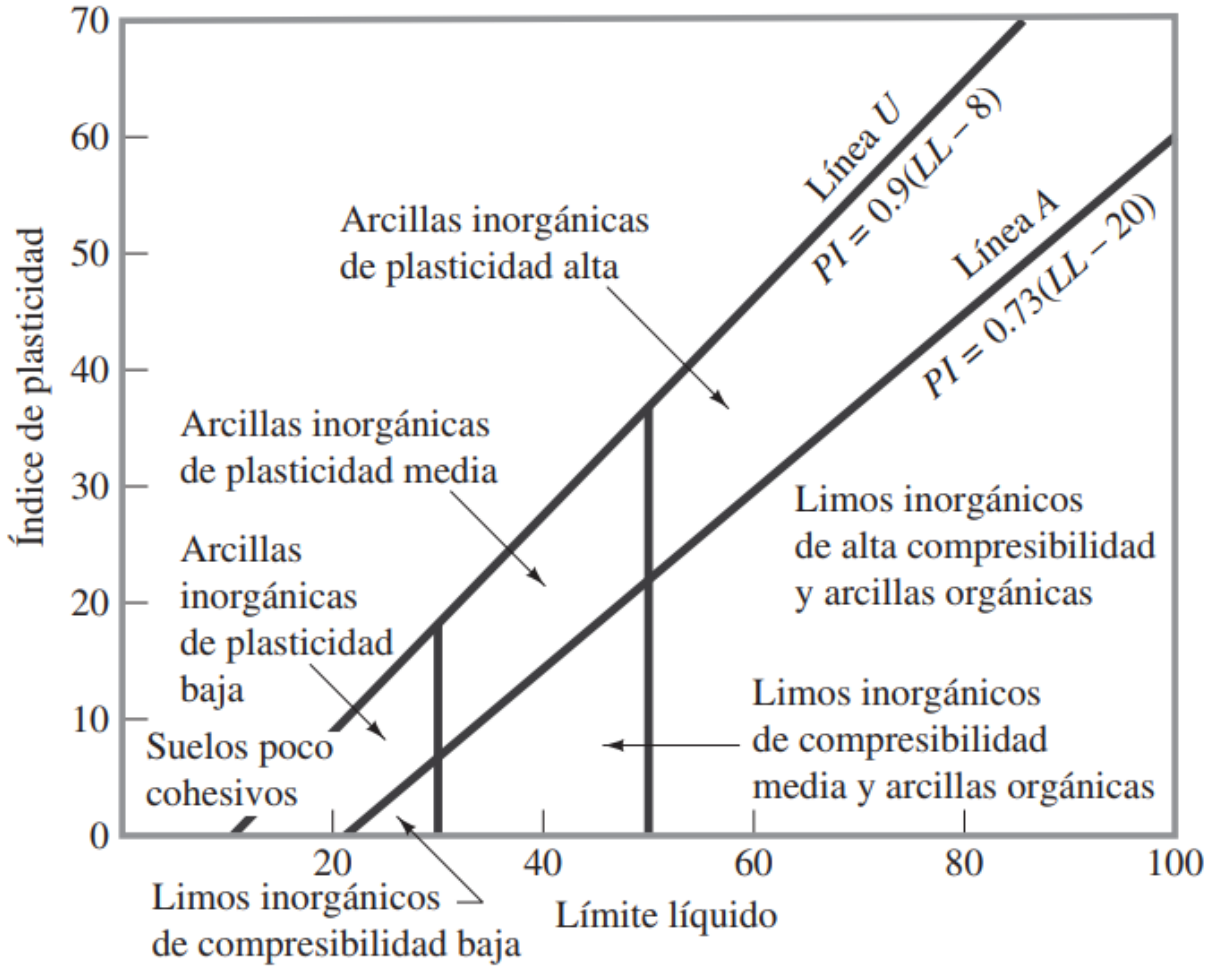
Índice de Plasticidad



Carta de plasticidad

Casagrande (1932) estudió la **relación del índice de plasticidad con el límite líquido** de una amplia variedad de suelos naturales.

Sobre la base de los resultados de la prueba, se propuso una **carta de plasticidad**.

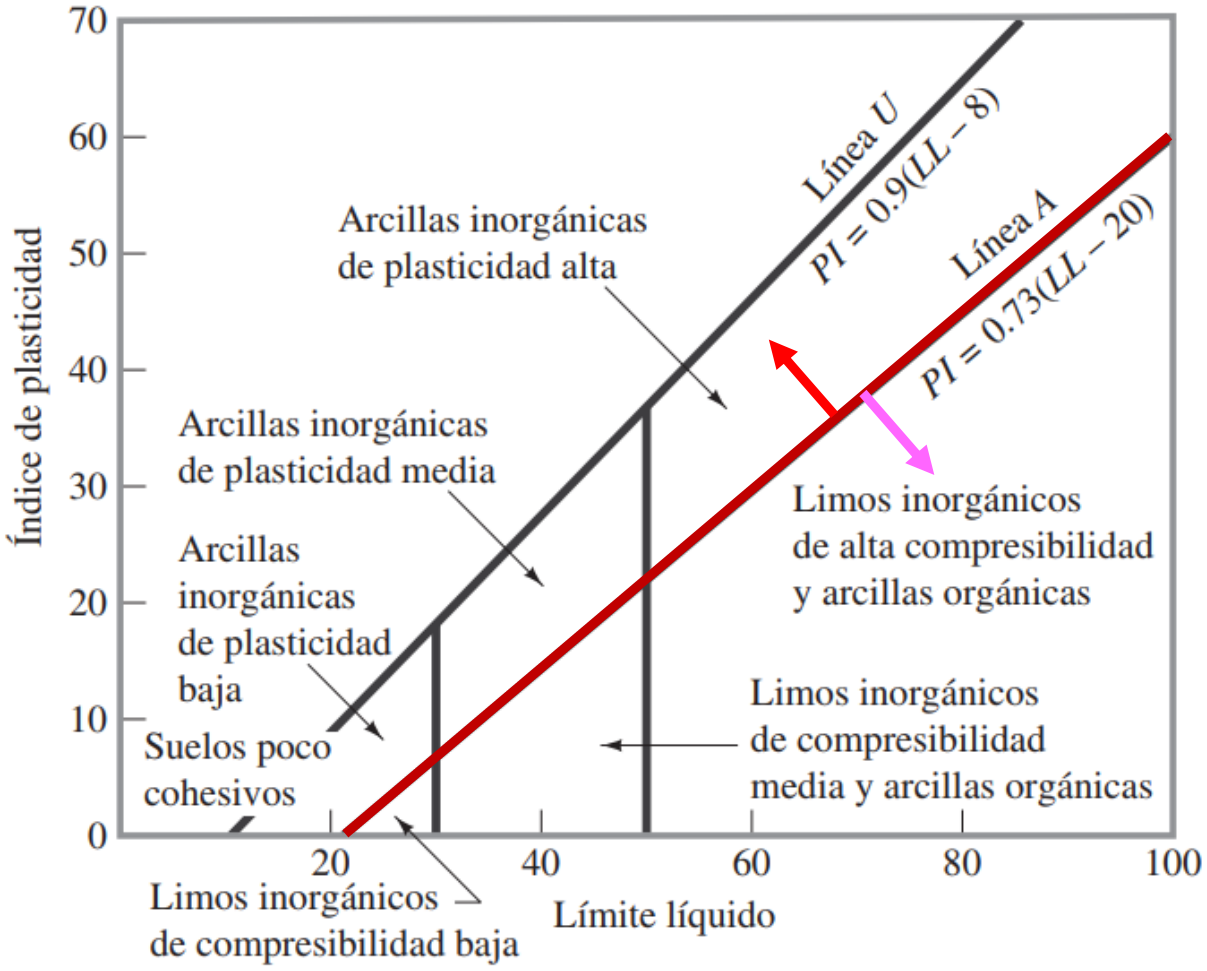


Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Carta de plasticidad

La característica importante de este cuadro es la **línea A** empírica que está dada por la **ecuación PI=0.73(LL-20).**

La **línea A separa las arcillas inorgánicas de los limos inorgánicos.** Las gráficas de los índices de plasticidad contra límites líquidos de arcillas inorgánicas se encuentran por encima de la línea A, y las de limos inorgánicos se encuentran por debajo de esta línea.

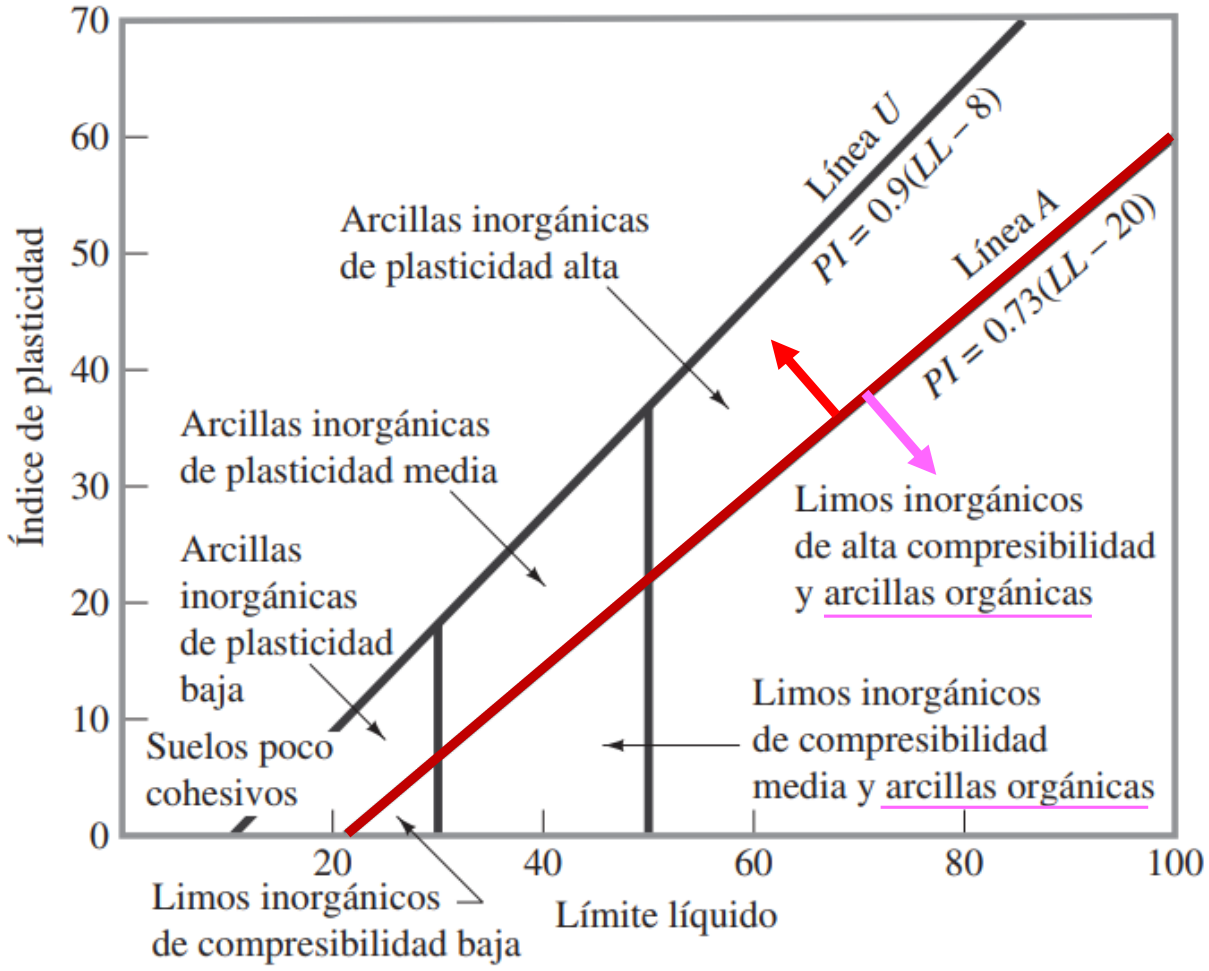


Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Carta de plasticidad

Los limos orgánicos se grafican en la misma región (por debajo de la línea A y con LL que va de 30 a 50), como los limos inorgánicos de compresibilidad media.

Las arcillas orgánicas se grafican en la misma región que los limos inorgánicos de alta compresibilidad (por debajo de la línea A y LL mayor de 50).



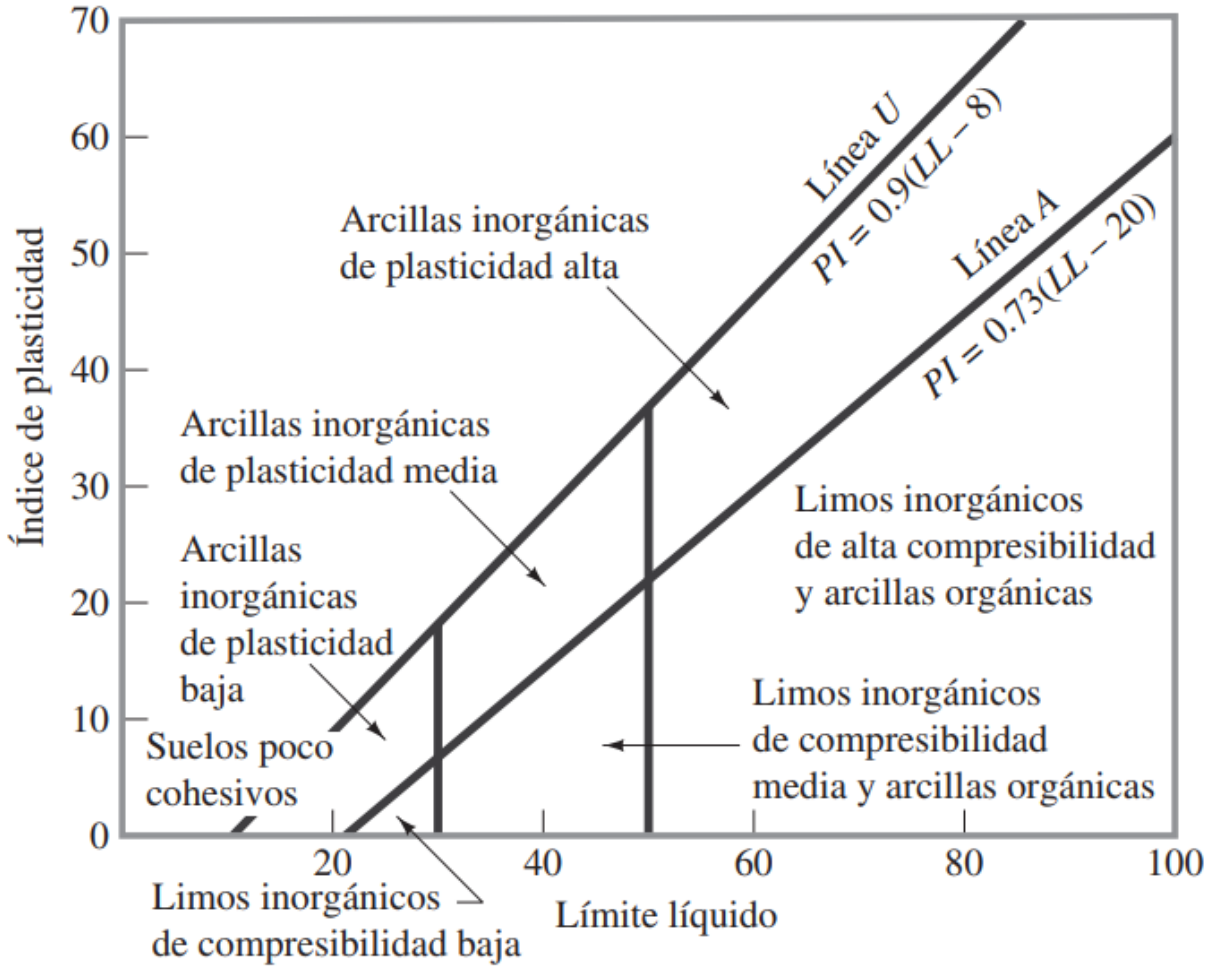
Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Carta de plasticidad

La información proporcionada en la carta de plasticidad es de gran valor y **es la base para la clasificación de los suelos de grano fino en el SUCS.**

Considere que una **línea U** es de aproximadamente el **límite superior de la relación del índice de plasticidad al límite de líquido para cualquier suelo encontrado hasta ahora**.

La ecuación de la línea U se puede dar como PI= 0.9 (LL - 8)



Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica



20%



30%



40%



50%



60%



70%

100 gr de suelo
Porcentajes de agua 20-70%

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

04

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

La forma original de este sistema fue propuesto por **Casagrande en 1948** para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial.

En colaboración con el **U.S. Bureau of Reclamation**, este sistema fue revisado en **1952**.

En la actualidad, es ampliamente utilizado en ingeniería (**Norma ASTM D-2487**).

El Sistema Unificado de Clasificación agrupa los suelos en dos grandes categorías:

Categorías

Grano Fino



Pasa Tamiz #200

Grano Grueso



Pasantes > 50%

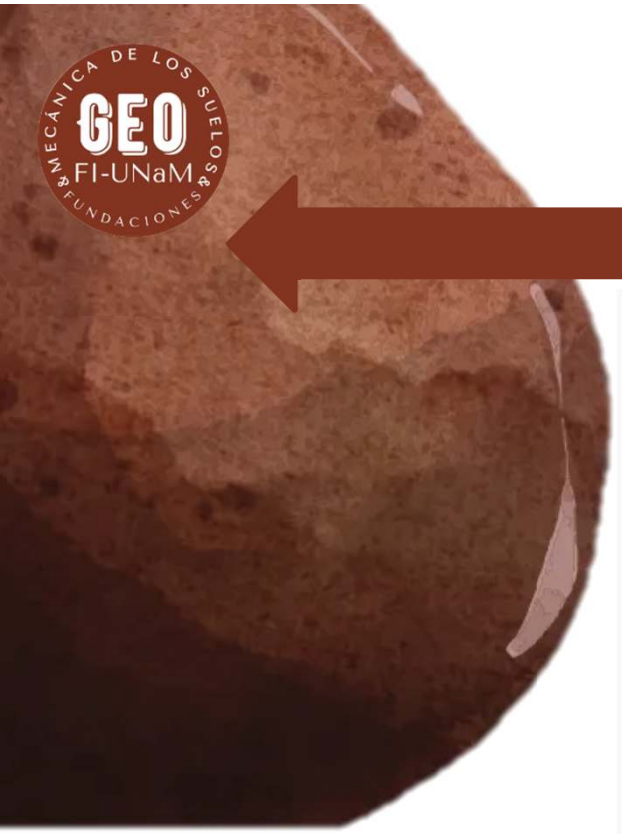
Limo Inorgánico = M
Arcilla Inorgánica=C
Limos y Arcillas Orgánicas = O

Pasantes < 50%

Grava = G

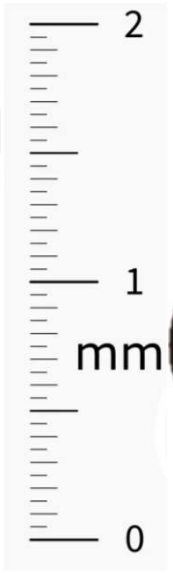
Arena = S

Granulometría



GRANO GRUESO

GRANO FINO





No visible a esta escala

Gravas Mayor a 4.75mm	Arena Gruesa 4.74mm a 0.2mm	Arena Fina 0.19mm a 0.075mm	Limo 0. 074mm a 0.002mm	Arcilla <0.002mm

RETENIDOS #200

PASANTES #200

RETENIDOS #4

PASANTES #4

Link. https://csrlaboratorio.es/suelos/horizontes-estructura-clasificacion/

Categorías Gruesos

Grava (G)



Pasa Tamiz #4

Arena (S)



Pasantes < 50%

Grava Bien Graduada= GW
Grava Mal Graduada= GP
Grava con Finos= GM ó GC

Pasantes > 50%

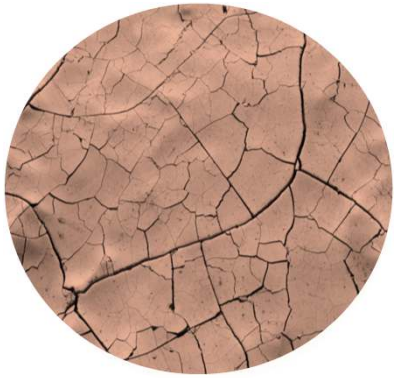
Arena Bien Graduada= SW
Arena Mal Graduada= SP
Arena con Finos= SM ó SC

Categorías Finos

Limos (M)



Arcillas (C)



Carta de Plasticidad

Debajo de Línea A

Limo Alta Plasticidad= MH
Limo Baja Plasticidad= ML

Arriba de Línea A

Arcilla Alta Plasticidad= CH
Arcilla Baja Plasticidad= CL

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	**Gravas** Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos[a]	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
			$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP
		Gravas con finos Más de 12% finos[a,d]	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos[b]	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW
			$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP
		Arenas con finos Más de 12% finos[b,d]	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM
			$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	**Limos y arcillas** Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)[e]	CL
			$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)[e]	ML
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH
			Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH
Suelos altamente orgánicos		Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico		Pt

[a] Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

[b] Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

[c] $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

[d] Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

[e] Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

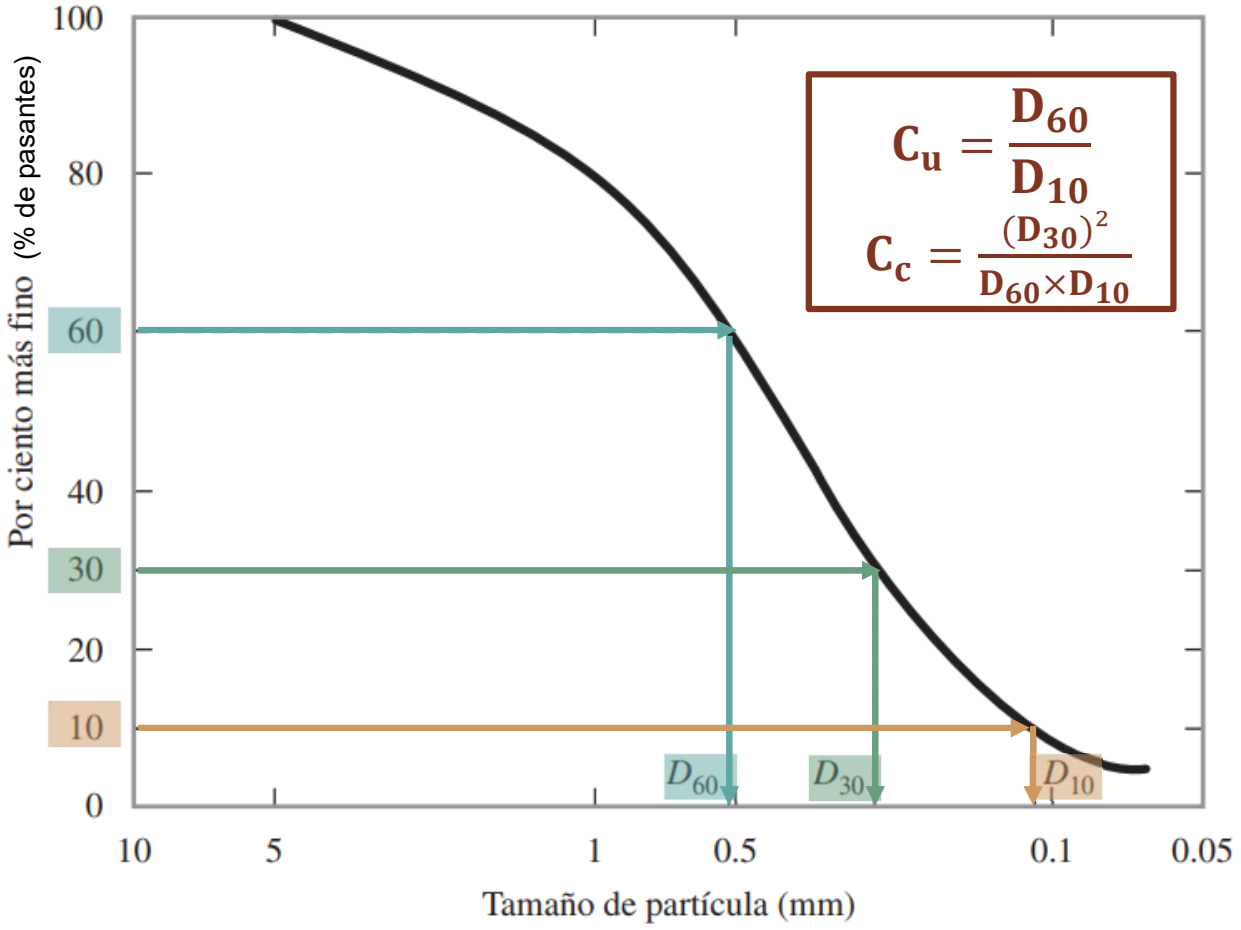
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

a) Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

b) Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

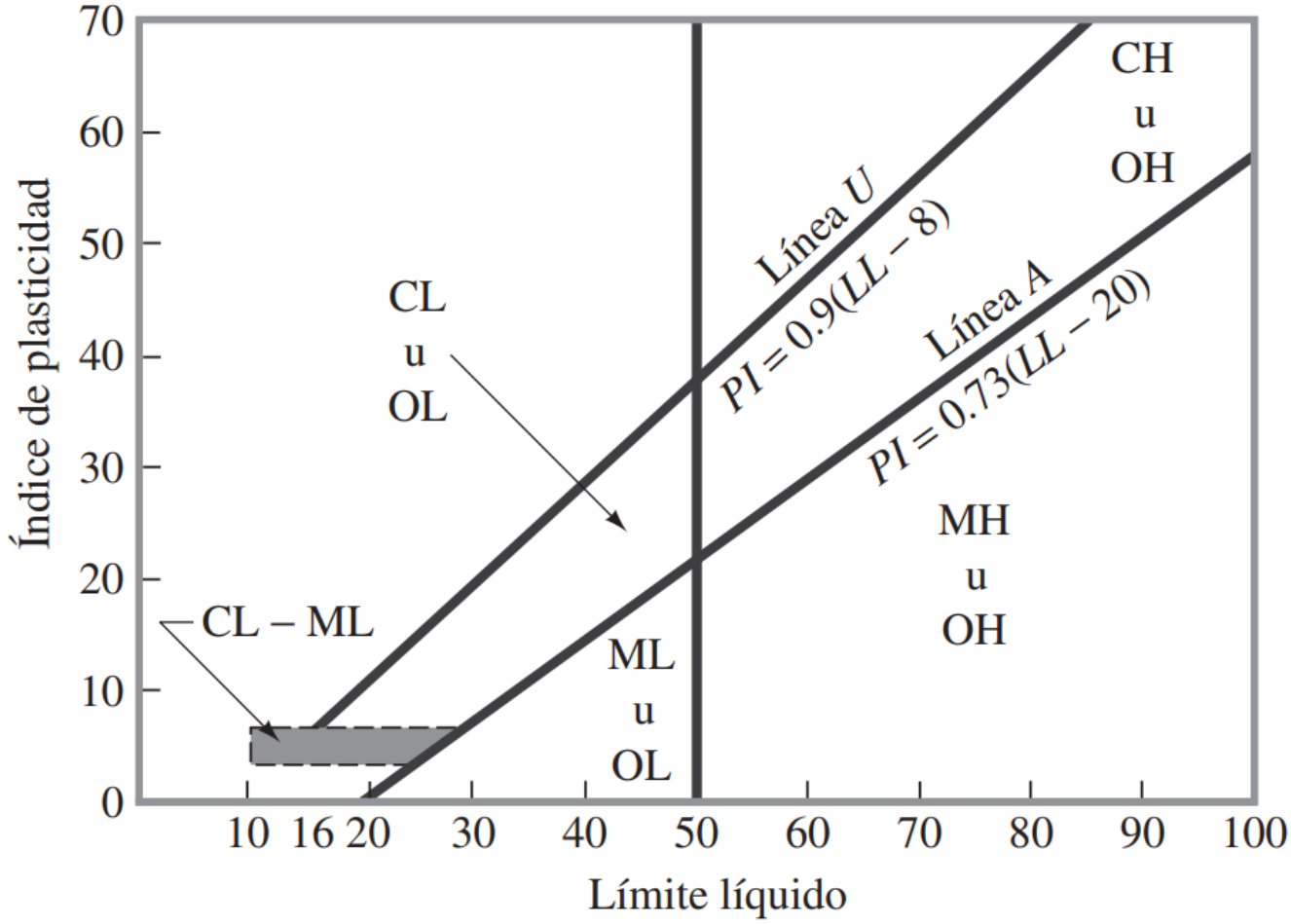
c) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos



Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos



Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

S.U.C.S.

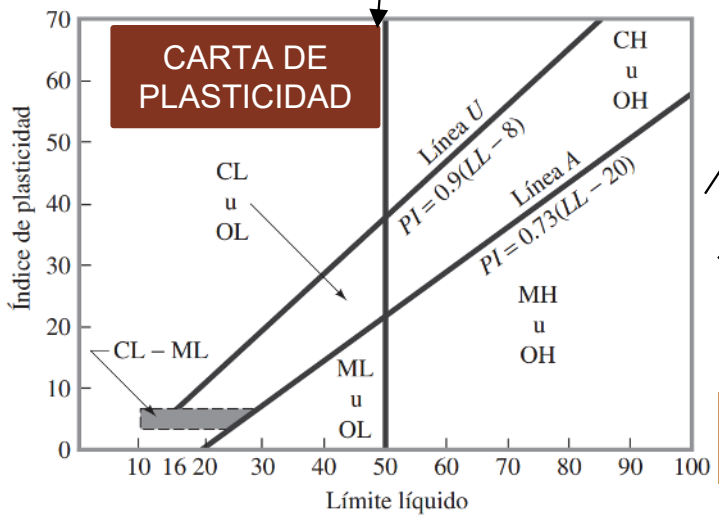
P#200 ≥50%

SÍ

SUELO FINO

NO

SUELO GRUESO



Arcillas (C)

LL> 50%

SÍ

Arcilla de Alta Plasticidad (CH)

NO

Arcilla de Baja Plasticidad (CL)

Limos (M)

LL> 50%

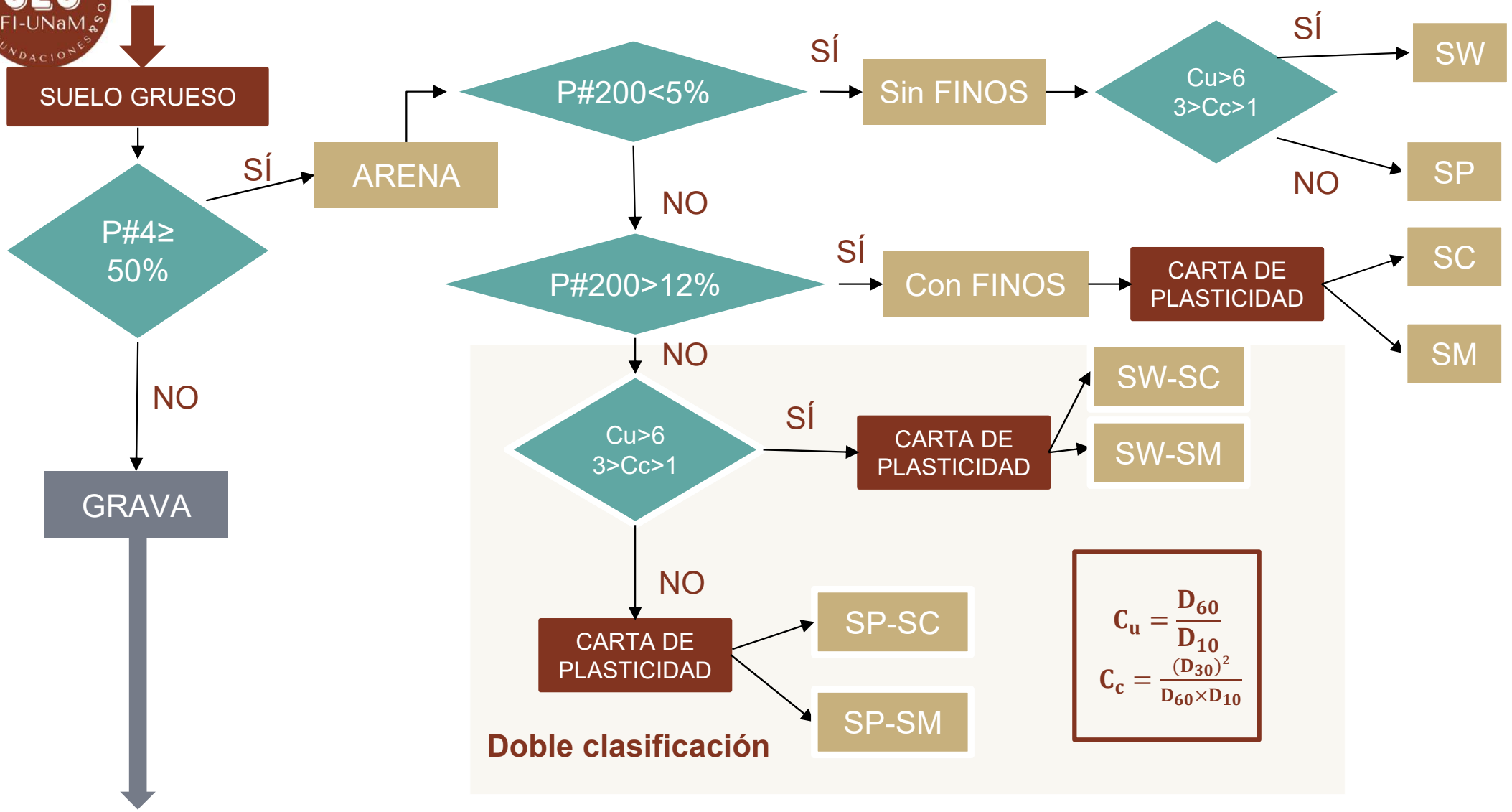
SÍ

Limo de Alta Plasticidad (MH)

NO

Limo de Baja Plasticidad (ML)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

GRAVA

P#200<5%

SÍ

Sin FINOS

Cu>4
3>Cc>1

SÍ

GW

NO

GP

NO

P#200>12%

SÍ

Con FINOS

CARTA DE PLASTICIDAD

GC

GM

NO

Cu>4
3>Cc>1

SÍ

CARTA DE PLASTICIDAD

GW-GC

GW-GM

NO

CARTA DE PLASTICIDAD

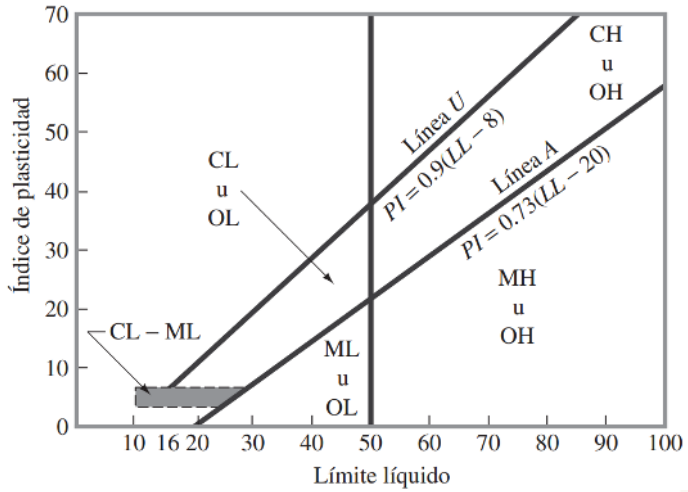
GP-GC

GP-GM

Doble clasificación

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$



S.U.C.S. Ejemplo 1

Los resultados del análisis de tamaño de partícula de un suelo son los siguientes:

- Porcentaje que pasa por el tamiz núm. 10 = 100 %
- Porcentaje que pasa por el tamiz núm. 40 = 80 %
- Porcentaje que pasa por el tamiz núm. 200 = 58 %

Análisis de consistencia de fracción de suelo menor a tamiz 40:

- Límite líquido: 30%
- Índice de plasticidad 10%

S.U.C.S. Ejemplo 1

S.U.C.S.

P#200= 58%
LL=30%
IP=10%

P#200 ≥50%

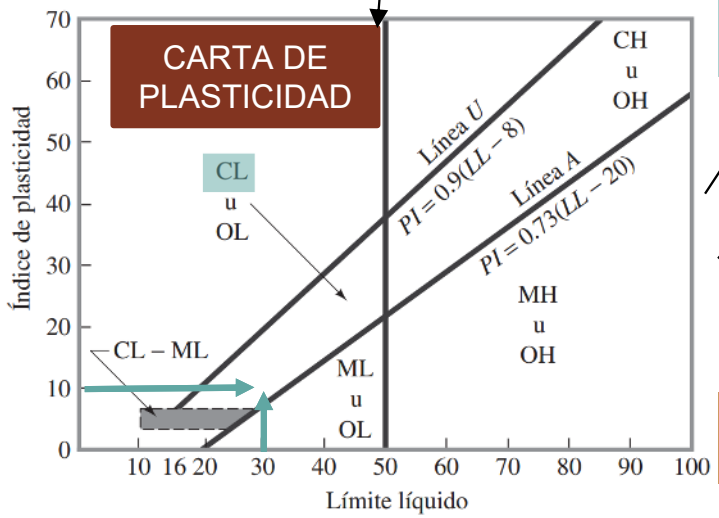
SÍ

SUELO FINO

NO

SUELO GRUESO

CARTA DE PLASTICIDAD



Arcillas (C)

LL> 50%

SÍ

Arcilla de Alta Plasticidad (CH)

NO

Arcilla de Baja Plasticidad (CL)

Limos (M)

LL> 50%

SÍ

Limo de Alta Plasticidad (MH)

NO

Limo de Baja Plasticidad (ML)

S.U.C.S. Ejemplo 2

Para un suelo dado, se conocen los siguientes datos:

- Porcentaje que pasa tamiz núm. 4 = 70 %
- Porcentaje que pasa tamiz núm. 200 = 30 %
- Límite líquido = 33 %
- Límite plástico = 12 %

S.U.C.S. Ejemplo 2

P#200= 30%
P#4= 70%
LL=33%
IP=12%

S.U.C.S.

P#200 ≥50%

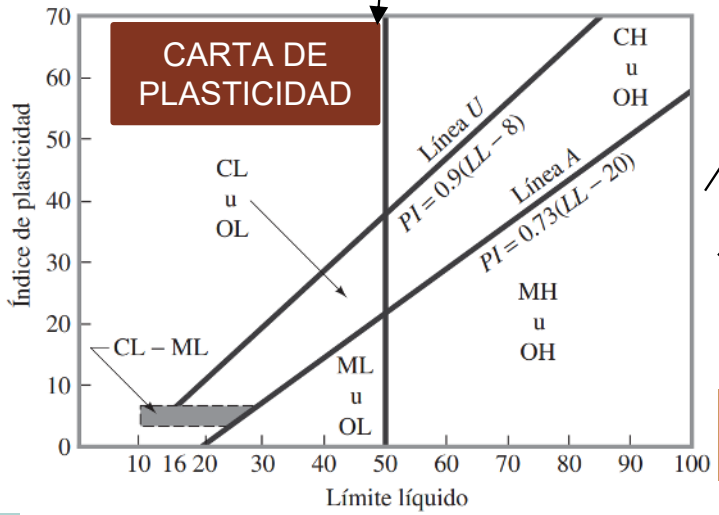
SÍ

SUELO FINO

NO

SUELO GRUESO

CARTA DE PLASTICIDAD



Arcillas (C)

LL> 50%

SÍ

Arcilla de Alta Plasticidad (CH)

NO

Arcilla de Baja Plasticidad (CL)

Limos (M)

LL> 50%

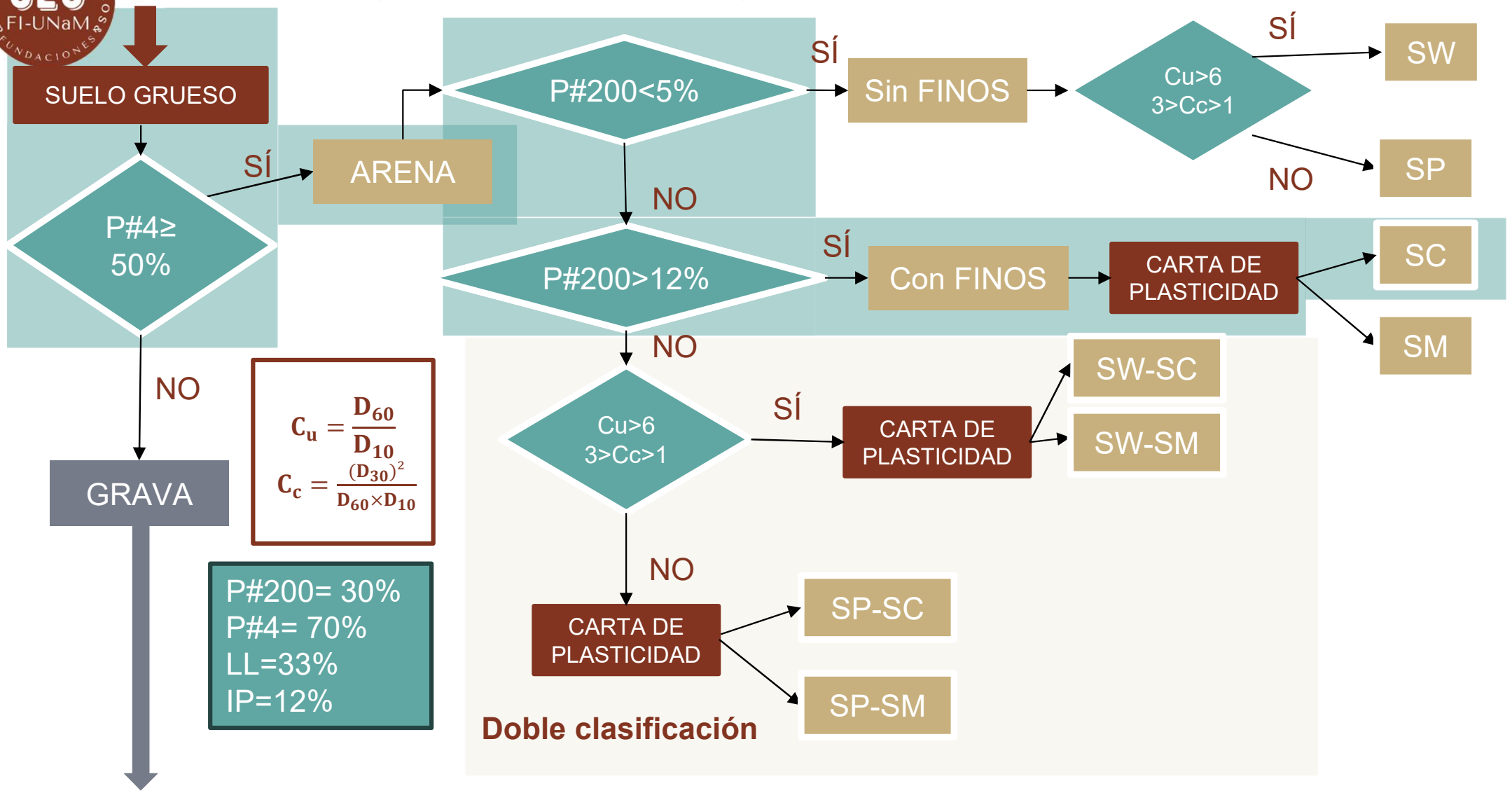
SÍ

Limo de Alta Plasticidad (MH)

NO

Limo de Baja Plasticidad (ML)

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos





05

Sistema A.A.S.H.T.O. HRB

AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el **Sistema de Clasificación de la Administración de Carreteras.**

Se trata del **American Association of State Highway Officials (AASHTO).**

Ha sido objeto de varias revisiones, y la actual versión esta referenciada en la Norma ASTM D-3282 y/o el método AASHTO M145.

AASHTO

De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en **siete grupos principales: A-1 a A-7**.

Los suelos que clasifican en los grupos **A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares**, donde el **35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz número 200.**

Los suelos donde **más de 35% pasa a través del tamiz número 200** se clasifican en los grupos **A-4, A-5, A-6 y A-7.** Éstos son principalmente **limo** y materiales del tipo de **arcilla**.

AASHTO

El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

1. Tamaño de grano

- **Grava:** fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz núm. 10 (2 mm).
- **Arena:** fracción que pasa el tamiz núm. 10 (2 mm) y es retenida en el tamiz núm. 200 (0.075 mm).
- **Limo y arcilla:** fracción que pasa el tamiz núm. 200

2. Plasticidad: el término **limoso** se aplica cuando las fracciones finas del suelo tienen un **índice de plasticidad de 10 o menos**. El término **arcilloso** se aplica cuando las fracciones finas tienen un **índice de plasticidad de 11 o más**.

AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina		Limo o grava arcillosa y arena		
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos			Suelos arcillosos
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

AASHTO

También se incorpora un número llamado índice de grupo (IG) a los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe entre paréntesis después de la designación del grupo o subgrupo.

El índice de grupo está dado por la siguiente ecuación

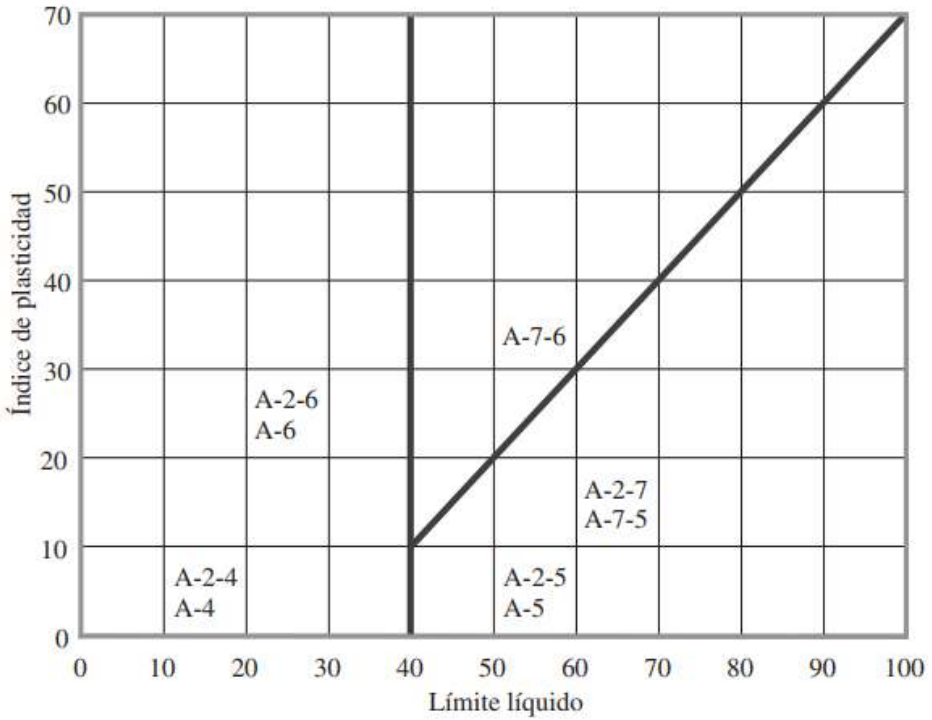
$$\mathrm{IG} = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

donde

F = porcentaje pasado por el tamiz núm. 200

LL = límite líquido

IP = índice de plasticidad



Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

AASHTO

$$\mathrm{IG} = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

El primer término de la ecuación, es decir $\mathbf{(F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)]}$, es el **índice de grupo parcial determinado por el límite líquido**. El segundo término, $\mathbf{0.01(F - 15)(IP - 10)}$, es el **índice de grupo parcial determinado a partir del índice de plasticidad**.

A continuación se presentan algunas reglas para la determinación del índice de grupo:

1. Si la ecuación da un **valor negativo para IG, se toma como 0**.
2. El índice de grupo calculado **se redondea al número entero más próximo** (por ejemplo, IG=3.4 se redondea a 3; IG= 3.5 se redondea a 4).
3. No hay límite superior para el índice de grupo.
4. El índice de grupo de los suelos que pertenecen a los **grupos A-1-a, A- 1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3 siempre es 0.**
5. Al calcular el índice de grupo para suelos que pertenecen a los **grupos A-2-6 y A-2-7,** utilice el índice de grupo parcial para PI, o

$$\mathrm{IG} = 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

AASHTO. Ejemplo

El **95%** de un suelo pasa a través del tamiz **número 200** y tiene un **límite de líquido de 60%** e **índice de plasticidad de 40%**.

Clasifique el suelo mediante el sistema de AASHTO.

AASHTO. Ejemplo

P#200= 95%
P#4= 70%
LL=60%
IP=40%

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina		Limo o grava arcillosa y arena		
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

AASHTO. Ejemplo

P#200= 95%
P#4= 70%
LL=60%
IP=40%

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos			Suelos arcillosos
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

LL=60

IP=40

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

40>60-30 → Es un suelo A-7-6

Fuente: Braja M. Das. Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

AASHTO. Ejemplo

$$\mathrm{IG} = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

donde
F = porcentaje pasado por el tamiz núm. 200 =**95%**
LL = límite líquido = **60%**
IP = índice de plasticidad = **40%**

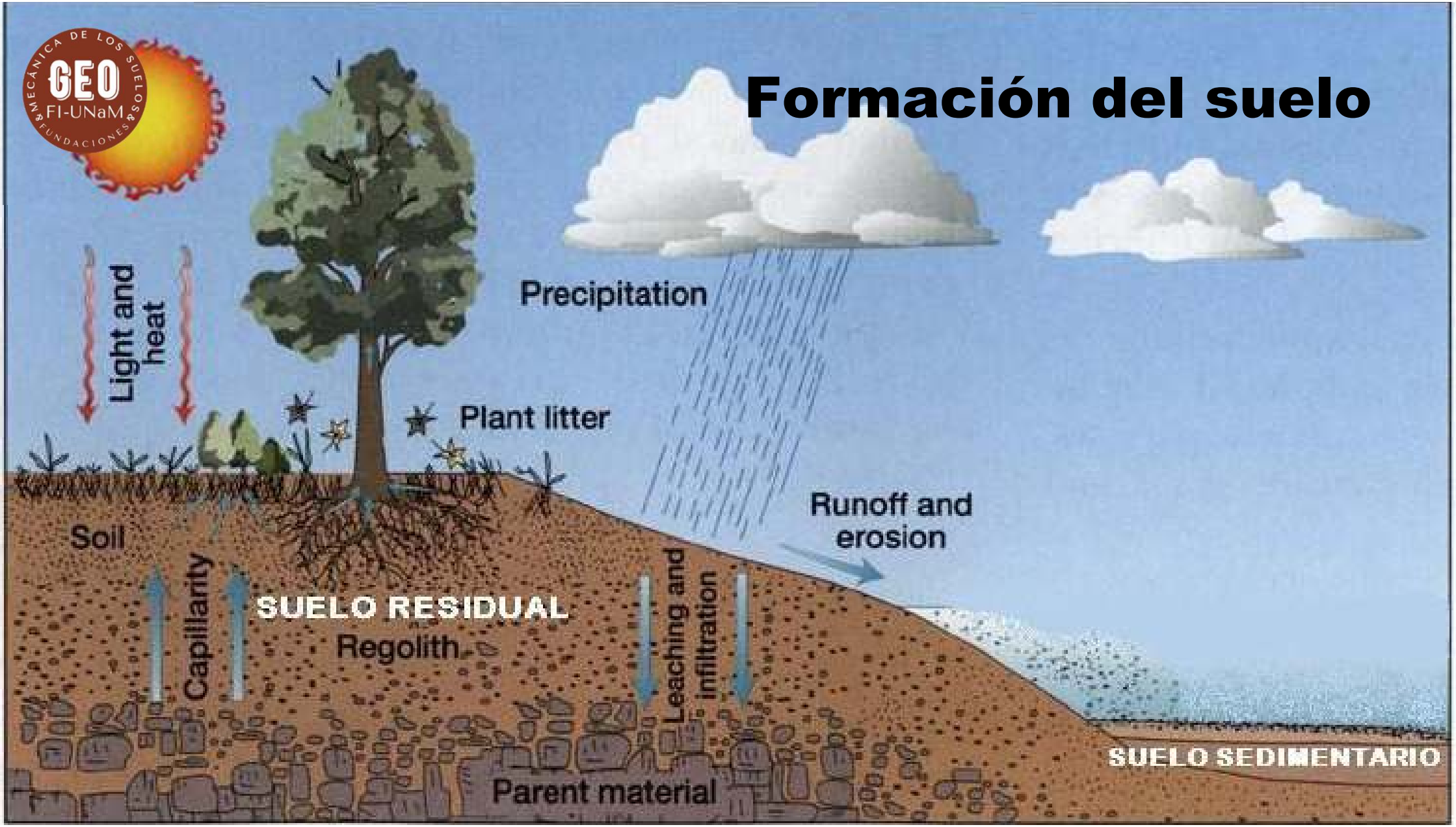
$$\mathrm{IG} = (95 - 35)[0.2 + 0.005(60 - 40)] + 0.01(95 - 15)(40 - 10)$$

$$\mathrm{IG} = 42$$

La clasificación es un suelo A-7-6 (42)

Suelos Residuales

06


Formación del suelo
Light and heat
Precipitation
Plant litter
Runoff and erosion
Soil
Capillarity
SUELO RESIDUAL
Regolith
Leaching and infiltration
SUELO SEDIMENTARIO
Parent material


SUELO ROJO
PROCESO DE PEDOGENIZACIÓN
AVANZADO

Suelos Residuales - Clasificación

Los **suelos residuales** poseen **características específicas**, las cuales no están representadas totalmente en los sistemas SUCS o HRB dado que su comportamiento depende también de (Wesley -1997):

- La **mineralogía** y la **estructura**(estructuras heredadas)
- El **grado de meteorización.**
- El **estado in situ.**

Suelos Residuales - Clasificación

Los suelos colorados regionales resultas clasificados como:

- En el SUCS éstos suelos se sitúan entre **CL (arcillas de baja y mediana plasticidad)** y **ML (limos de baja plasticidad).**

- En el HRB y a consecuencia en las normas de Vialidad Nacional, son catalogados como **A-7-5 y A-7-6 (arcillo – limosos)** considerados de **comportamiento "regular a pobre" para su utilización en obras viales.**

Sin embargo, a través de años de experiencia se ha comprobado que los suelos de la Provincia de Misiones tienen un **hinchamiento menor al 1,5 % y que resultan aptos para su utilización en subrasantes de caminos.**

Clasificación propuesta por Vargas

Vargas (1988, 1992) presentó una clasificación que busca **adaptar el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, para cubrir las particularidades mineralógicas de la fracción fina de los suelos tropicales**.

Los criterios relacionados a la **fracción gruesa, permanecen inalterados** en relación a las indicaciones del Sistema Unificado, mientras que para la **clasificación de los suelos finos, realiza una combinación de la Carta de Plasticidad y la Carta de Actividad de Skempton**, a los fines de identificar la **naturaleza micácea o caolinítica** de las **fracciones limosa y arcillosa** de algunos suelos.

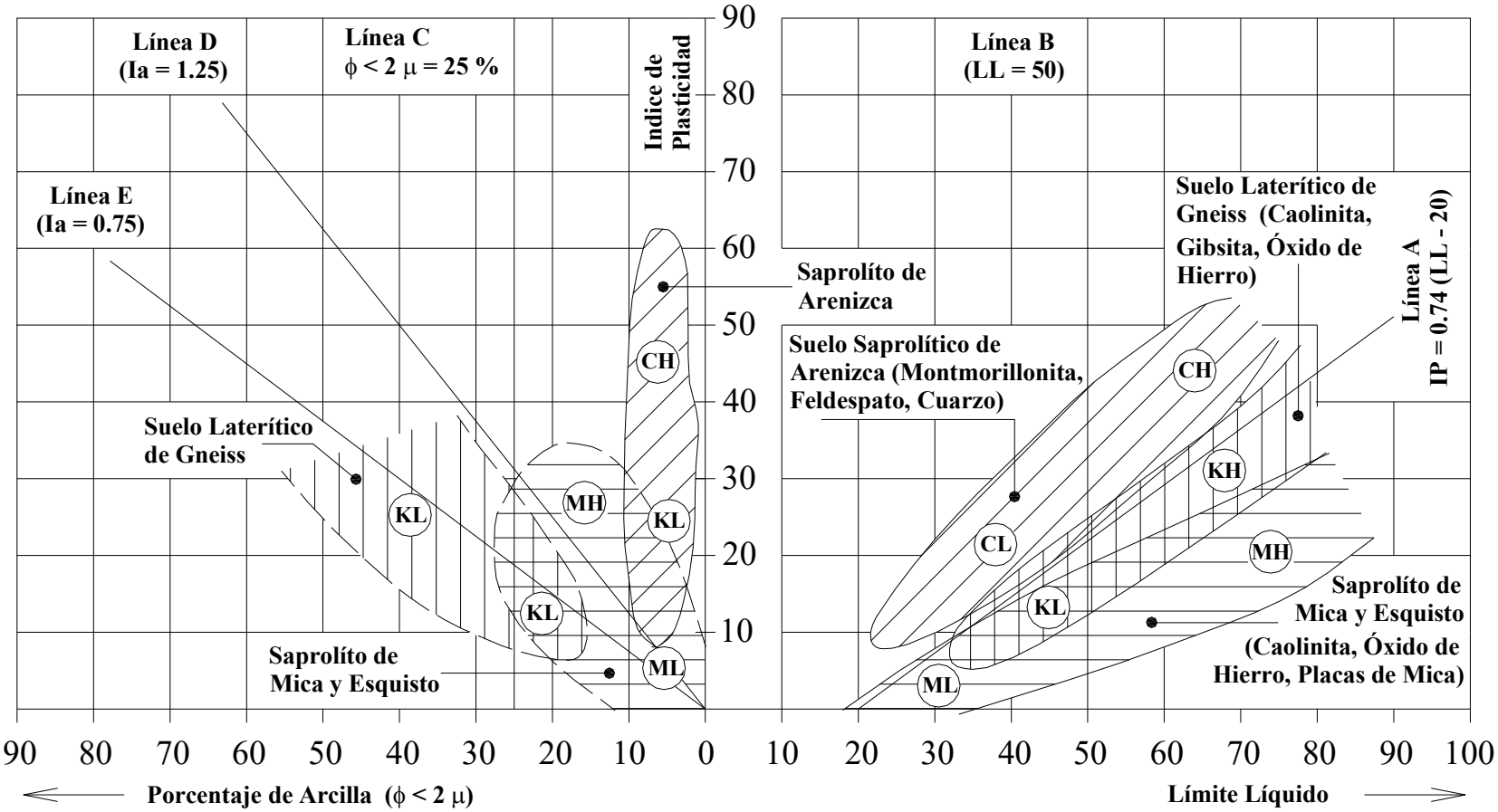
Clasificación propuesta por Vargas

Fórmula: $A_c = \dfrac{IP}{\%\ \text{arcilla}}$ (donde % arcilla es el porcentaje en peso de partículas menores a $2\mu\text{m}$).

Clasificación de Actividad (Skempton):

- **Inactiva:** $A_c < 0.75$ (Generalmente caolinita o suelos con mucha arena/limo).
- **Normal:** $0.75 - 1.25$ (Comportamiento estándar de arcillas).
- **Activa:** $A_c > 1.25$ (Alta presencia de montmorillonita/bentonita, alta expansividad).

Clasificación propuesta por Vargas



Clasificación propuesta por Vargas

	MAYOR DIVISIÓN	GRUPO DE SUELO	SUBGRUPOS PROPUESTOS	SIMBOLO DE GRUPO
Suelos de granulometría fina, conteniendo poco a nada de material de gradación gruesa				
	Baja Compresibilidad LL < 50	Limo y arenas muy finas Arenas finas arcillosas Arcillas limosas	Inorgánico.	ML
			Suelos Micáceos	MLm
		Arcillas de baja plasticidad Arcillas arenosas Arcillas limosas	Suelos No Caoliníticos	CL
			Tipo Caoliníticos	KL
		Suelos limosos ferrosos		KLf
		Suelos limosos orgánicos		OL
	Alta Compresibilidad LL > 50	Arena fina Suelo limoso	Diatomáceas Suelos elásticos	MH
			Suelos Micáceos	MHm
		Arcillas de alta plasticidad Arcillas arenosas Arcillas limosas	Tipo No Caoliníticos	CH
			Tipo Caoliníticos	KH
		Suelos arcillosos ferrosos		KHf
		Suelos arcillosos orgánicos		OH

Clasificación MCT (Miniatura – Compactado – Tropical)

Método MTC (Miniatura Compacto Tropical), desarrollado en Brasil por Nogami y Villibor (1979-1981) permite la determinación de:

- **Conductas Lateríticas**: sufren procesos de pedológico intenso "laterización"

  Subgrupos:
  - arenas lateríticas (LA),
  - suelos arenosos lateríticos (LA'),
  - suelos arcillosos lateríticos (LG').

- **Conductas no lateríticas**: dependientes del grado de degradación "saprolíticas"

  Subgrupos:
  - arenas no lateríticas (NA),
  - suelos arenosos no lateríticos (NA'),
  - suelos limosos no lateríticos (NS'),
  - suelos arcillosos no lateríticos (NG').

Clasificación MCT (Miniatura – Compactado – Tropical)









Ensayo de las Pastillas
MCT

Bibliografía

1. Mecánica de suelos. Autor: T. William Lambe y Robert V. Whitman.
2. Ingeniería Geológica. Autor: Luis González de Vallejo y otros.
3. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Autor: Braja Das.
4. Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Autor: Karl Terzaghi.
5. Mecánica de Suelos. Autor: Juárez Badillo

Gracias por su atención!

Preguntas? Dudas? Consultas?