

## 5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

Resolver un problema de geotecnia supone conocer y determinar las propiedades del suelo. Por ejemplo:

- 1) Para determinar la velocidad de circulación del agua en un acuífero, se mide la permeabilidad del suelo, se utiliza la red de flujo y la ley de Darcy.
- 2) Para calcular los asentamientos de un edificio, se mide la compresibilidad del suelo, valor que se utiliza en las ecuaciones basadas en la teoría de la consolidación de Terzaghi.
- 3) Para calcular la estabilidad de un talud, se mide la resistencia al corte del suelo y este valor permite construir expresiones de equilibrio estático.

En otros problemas como los vinculados con los pavimentos, no se dispone de expresiones racionales para lograr soluciones cuantificadas. Por esta razón se requiere una taxonomía de los suelos, en función de su comportamiento, y eso es lo que se denomina clasificación de suelos, desde la óptica geotécnica.

Agrupar suelos por la semejanza en los comportamientos, correlacionar propiedades con los grupos de un sistema de clasificación, aunque sea un proceso empírico, permite resolver multitud de problemas sencillos. Eso ofrece la caracterización del suelo por la granulometría y la plasticidad. Sin embargo, el ingeniero debe ser precavido al utilizar esta ayuda valiosa, ya que las soluciones a problemas de flujos, asentamientos o estabilidad soportados sólo en la clasificación, puede llevar a resultados desastrosos.

Las relaciones de fases constituyen una base esencial de la Mecánica de Suelos. El grado de compacidad relativa de una arena es seguro indicador del comportamiento de ese suelo. La curva granulométrica y los Límites de Atterberg, de gran utilidad, implican la alteración del suelo y los resultados no revelan el comportamiento del suelo inalterado o in situ.

### 5.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

Los suelos granulares o finos, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3" = 75 mm; el suelo es denominado "**fino**" cuando más del 50% pasa el Tamiz número 200 ( $T_{200}$ ), como se observa en la curva C de la figura 3.9. Si no ocurre, el material es "**granular**" y será grava o arena.

a. Los suelos granulares se designan con estos símbolos

#### Prefijos

<b>G</b>	<b>Grava</b>	El 50% o más es retenido en el $T_4$ . Es el caso de la curva A de la figura 3.9
<b>S</b>	<b>Arena</b>	Sí más del 50% pasa el $T_4$ . Es el caso de la curva B de la figura 3.9

<b>W</b>	<b>bien gradado</b>	<b>P</b>	<b>mal gradado</b>	Depende del $C_u$ y $C_c$ . Ver 3.4 en granulometría
<b>M</b>	<b>Limoso</b>	<b>C</b>	<b>Arcilloso</b>	Depende de $W_L$ y el $IP$ . Ver línea A en la Carta de

				Plasticidad de SUCS
--	--	--	--	---------------------

En donde:

T: Tamiz

$C_u$ : Coeficiente de uniformidad

$C_c$ : Coeficiente de curvatura

Si menos del 5% pasa el  $T_{200}$ , el suelo es granular limpio y los sufijos son W o P, según los valores de  $C_u$  y  $C_c$ ; si más del 12% pasa el  $T_{200}$ , el suelo es granular contaminado con finos y los sufijos son M (limo), y o C (arcilla), dependiendo de  $W_L$  e  $IP$ . Si el porcentaje de finos está entre el 5% y el 12%, el material granular está lo suficientemente contaminado con finos que tiene comportamiento entre lo granular y los finos, en este caso se utilizan sufijos dobles (clase intermedia), como ocurre para un suelo denominado GW-GC.

b. Los suelos finos se designan con estos símbolos.

### Prefijos

<b>M</b>	<b>Limo</b>
<b>C</b>	<b>Arcilla</b>
<b>O</b>	<b>Orgánico</b>

### Sufijos

<b>L</b>	Baja plasticidad ( $W_L < 50\%$ )	En la Carta de Plasticidad L y H están separados por la línea B.
<b>H</b>	Alta plasticidad ( $W_L > 50\%$ )	
Se debe reportar este suelo		Suelos por debajo de la línea A

Esta clasificación está basada sólo en los límites de Atterberg para la fracción que pasa el  $T_{40}$ , y se obtiene a partir de la llamada CARTA DE PLASTICIDAD así:

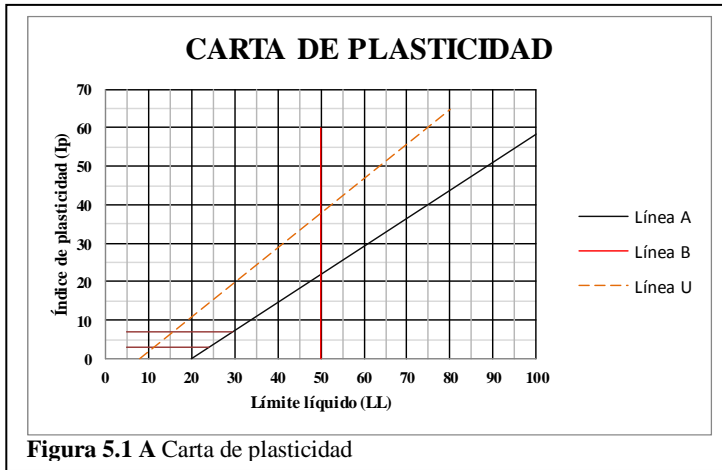


Figura 5.1 A Carta de plasticidad

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Línea A : } IP = 0,73(LL - 20) \\ \text{Línea U : } IP = 0,9(LL - 8) \end{array} \right.$$
 Sobre la línea A: arcillas inorgánicas.

Debajo de la línea A: limos y arcillas orgánicas.

La línea B: LL = 50 separa H de L

**NOTA:** G = gravel; W = well; C = clay; P = poor; F = fair; M = mud; S = sand; L = low; H = high; O = organics; Pt = pest

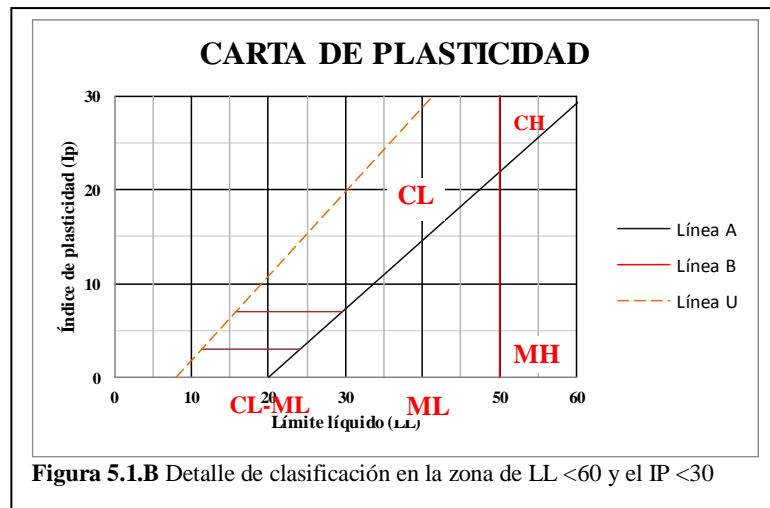


Figura 5.1.B Detalle de clasificación en la zona de LL < 60 y el IP < 30

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP	Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC	Grava arcillosa, mezclas grava – arena arcillosas.
SW	Arena bien gradada.
SP	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino.
SM	Arenas limosas, mezclas arena – limo.
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
Pt	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

**Tabla 5.1** Nombres típicos de los materiales.

Este sistema propuesto por Arturo Casagrande (1942) lo adopta el cuerpo de Ingenieros de EE.UU. en los aeropuertos y actualmente, es ampliamente utilizado en el mundo, al lado del sistema de la AASHTO o el de la ASTM, todos basados en los LIMITES Y LA GRANULOMETRÍA.

#### 5.1.1.1 Definición del Grupo SUCS, con la CARTA DE PLASTICIDAD

Se han definido, para gravas (G) y arenas (S), la situación W o P de acuerdo a dos coeficientes:  $C_u$  y  $C_c$  (Sección 3.4) ¿cuándo se dice que es GM, GC, SM o SC? (ver la carta de plasticidad de la figura 5.1A)

$$\left. \begin{array}{l} \{ \text{GM} \Rightarrow \text{Debajo de la línea A o } IP < 4 \} \\ \{ \text{GC} \Rightarrow \text{Sobre la línea A o } IP > 7 \} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Sobre la línea A con} \\ 4 < IP < 7 \Rightarrow \text{doble símbolo} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \{ \text{SM} \Rightarrow \text{Debajo de la línea A o } IP < 4 \} \\ \{ \text{SC} \Rightarrow \text{Sobre la línea A o } IP > 7 \} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{En la zona sombreada con} \\ 4 \leq IP \leq 7 \Rightarrow \text{doble símbolo} \end{array}$$

Adicionalmente, como se señaló atrás (Sección 5.1)

- GW, GP, SW, SP exigen que MENOS del 5% del suelo pase el  $T_{200}$
- GM, GC, SM, SC exigen que MAS del 12% del suelo pase el  $T_{200}$
- Si el porcentaje de finos está entre 5% y 12%, se requiere doble símbolo.

Grupo	VALORACIÓN ATRIBUTOS				APTITUDES SEGÚN USOS	
GW	+++	++	+++	+++	Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales.	
GP	++	+++	++	+++	Mantos de presas y erosión de canales.	
GM	++	-	++	+++	Cimentaciones con flujo de agua.	
GC	++	--	+	++	Núcleos de presas, revestimientos de canales.	
SW	+++	++	+++	+++	Terraplenes y cimentación con poco flujo.	
SP	m	++	++	++	Diques y terraplenes de suave talud.	
SM	m	-	++	+	Cimentación con flujo, presas homogéneas.	
SC	++	--	+	+	Revestimiento de canales, capas de pavimento	
ML	m	-	M	m	Inaceptable en pavimentos, licuable.	
CL	+	--	M	m	Revestimiento de canales, pero es erodable.	
OL	m	-	--	m	No recomendable, máximo si hay agua.	
MH	--	-	-	---	Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable)	
CH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentación (hinchable)	
OH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes.	
<b>CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES</b>	Facilidad de tratamiento en obra	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente	+++
					Muy alto	++
					Alto	+
					Moderado	m
					Deficiente	-
					Bajo	--
					Muy bajo	---

**Tabla 5.2** Características y uso de los suelos (Grupo del SUCS)

**Ejercicio 5.1**

Con base en las curvas de gradación de la Figura 3.8, en el ejercicio 3.1 y demás datos, clasificar esos mismos suelos.

**Suelo A:** Suelo granular sin finos (67% de la fracción granular se retiene en el  $T_4 = 4,75$  mm);  $C_u = 50$  y  $C_c = 2 \Rightarrow$  GW

**Suelo B:** Suelo granular sin finos (33% de la fracción granular se retiene en el  $T_4 = 4,75$  mm);  $C_u = 2,4$  y  $C_c = 1,1 \Rightarrow$  SP

**Suelo C:** Suelo fino-granular (45% de este suelo se retiene en el  $T_{200} = 0,075$  mm). Se agregan como datos nuevos que:  $\omega_L = 40\%$ ;  $\omega_P = 18\%$ ;  $I_P = 22\%$ ; como  $LL < 50$ ;  $IP > 7$  (Sección 5.1)  $\Rightarrow$  CL

**Suelo D:** Suelo fino-granular (más de la mitad, 61%, pasó el T<sub>200</sub>). Se agrega que LL = 65 y que IP = 20, como LL > 50, la plasticidad es alta y como IP = 20, está bajo la línea A. De acuerdo a la CARTA, dos posibilidades MH u OH, para evaluar los datos de campo. Y esa evaluación ⇒ MH

**5.2 Clasificación de la AASHTO.**

Este es el sistema del Departamento de Caminos de U.S.A., introducido en 1.929 y adoptado por la "American Association of State Highway Officials" entre otras. Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes.

Clasificación General		Materiales granulares 35% o menos pasan la malla 200							Materiales limosos y arcillosos más del 35% pasa la malla No 200				
Grupos		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
		A-1-a	a-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis por mallas.	<b>10</b>	50 Max											
% que pasa la malla	<b>40</b>	30 Max	50 Max	51 Min									
No	<b>200</b>	15Max	25 Max	10 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35 Max	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min
Característica de la fracción que pasa la malla 40	<b>LL</b>			40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	41 Min	41 Min
	<b>LP</b>	6 Max	6 Max	NP	10 Max	10Max	11 Min	11 Min	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	11 Min
Índice de grupo		0	0	0	0	4 Max	8 Max	4 Max	8 Max	12 Max	16 Max	20 Max	20 Max
Tipo usual de materiales constituyentes		Piedra Grava Arena		Arena	Arena limosa o arcillosa, arena				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Comportamiento general como subbase		<b>EXELENTE A BUENO</b>					<b>ACEPTABLE A MALO</b>						

**Nota:** En la división A-7, cuando IP > 30, el grupo A-7-5. Si el IP < 30 el grupo es A-7-6

**Tabla 5.3.** Clasificación AASHTO

**Los grupos de suelos son 7**, subdivididos en otros más (para llegar a 12)

- a) Grueso granulares: 35% o menos pasa el T<sub>200</sub> comprende
  - A-1, si menos del 20% pasa el T<sub>200</sub> y menos del 50% pasa el T<sub>40</sub>
  - A-2, si menos del 35% pasa el T<sub>200</sub>, (limoso o arcilloso).
  - A-3, si menos del 10% pasa el T<sub>200</sub> y 51% o más pasa el T<sub>40</sub>
- b) Suelos fino granulares (grupo limo arcilla): más del 35% pasa el T-200
  - A-4 si IP ≤ 10 (limo) y LL ≤ 40%
  - A-5 si IP ≤ 10 (limo) y LL ≥ 41%
  - A-6 si IP ≥ 11 (arcilla) y LL ≤ 40%
  - A-7 si IP ≥ 11 (arcilla) y LL ≥ 41%

En consecuencia: A-1 = cascajo y arena; A-3 = arena fina; A-2 = cascajos y arenas limosas o arcillosas; A-4 y A-5 suelos limosos, y A-6 y A-7 suelos arcillosos

A-1 y A-3 son suelos excelentes y buenos, A-2 buenos y moderados, y A-6 y A-7 son suelos de moderados a pobres.

Grupo Suelos.	Permeabilidad	Elasticidad.	Cambio de volumen.	Capilaridad.	Bases de pavimentos.	Sub bases.	Terraplenes.	Valoración escala.
A-1	++	---	--	-	++	++	++	+ Sobresaliente.
A-2	-	++	+	m	-	M	+	+ Muy alto.
A-3	+	-	--	-	+	+	+	+ Alto.
A-4	-	+	+-	++	-	-	+-	m Moderado.
A-5	-	m	++	++	---	-	--	- Deficiente.
A-6	---	-	++	++	--	--	-	-- Bajo.
A-7	--	m	++	++	--	--	--	--- Muy bajo.

**Tabla 5.4** Características de suelos –según la AASHTO–

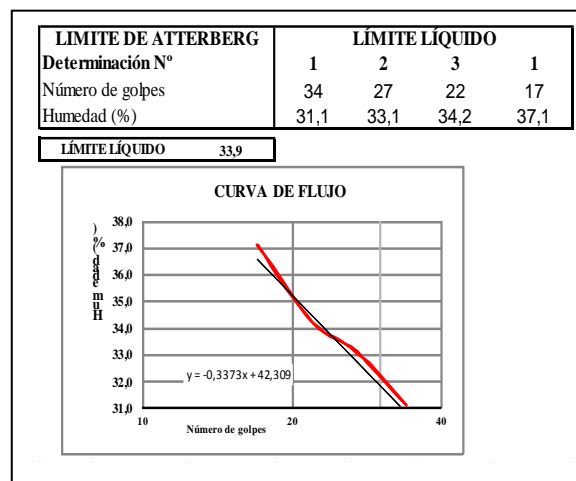
**Ejercicio 5.2**

Calcular el LL y Fi si se da el papel semilogarítmico de laboratorio, y el número de golpes para 4 contenidos de humedad, en el ensayo con la Cazuela de Casagrande (Figura 4.1)

$\omega_i = 31,1\%, 33,1\%, 34,2\%, 37,1\%$

$N_i = 34, 27, 22, 17$  golpes

R/ Por interpolación, la humedad para N = 25 golpes, da LL = 33,7%.



El **Fi**: Como el gráfico semilogarítmico de N contra  $\omega$ , da una línea recta, llamada **LÍNEA DE FLUIDEZ**, su pendiente, denominada **ÍNDICE DE FLUJO Fi**, está dada por:

$$Fi = \frac{(\omega_j - \omega_i)}{\log\left(\frac{N_j}{N_i}\right)}$$

$$Fi = \frac{(31.1 - 37.1)}{\log\left(\frac{34}{17}\right)}$$

R/ El índice de flujo, del suelo anterior, es  $Fi = -19,93$

**Ejercicio 5.3**

Clasifique los siguientes suelos, en el sistema SUCS.

<b>T<sub>200</sub></b> <b>T<sub>4</sub></b>	Retenido 20% Pasa: 9,2%	Pasa: 30% Retenido: 10%	Pasa: 8% Retenido: 2%	Retenido: 20% Pasa: 92%	Pasa: 8% Pasa: 60%
<b>C<sub>u</sub></b> <b>C<sub>c</sub></b>	4 1,5	4 2	8 2	4 1,5	7 5
$\omega_L = \left\{ \begin{array}{l} \text{en los} \\ \omega_P = \text{ finos} \end{array} \right.$	250% 100%	40% 25%	45% 31%	250% 150%	60% 40%
<b>Observación adicional</b>	Buen contenido de materia orgánica	Pasa el 4 y retiene el 200 60%	Pasa el 4 y retiene el 200 90%	Contenido despreciable de materia orgánica	IP = 20
<b>R /</b>	OH	SC	SW – SM	MH	SP – SM

**Nota:** en este ejercicio, es fundamental utilizar la Carta de Plasticidad en los suelos finos y los criterios de gradación en suelos grueso-granulares – máximo si hay **suelos de FRONTERA**

**Ejercicio 5.4**

Clasifique los siguientes suelos, según AASHTO y SUCS.

<b>Suelo</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Suelo</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	} % más fino que
T <sub>4</sub>	----	----	69,3	T <sub>100</sub>	----	----	19,8	
T <sub>10</sub>	65,8	79,5	59,1	T <sub>200</sub>	21,9	54,3	5,1	
T <sub>20</sub>	----	----	48,3	$\omega_L$	34,1 %	53,5 %	(NO PROCEDE)	



T <sub>40</sub>	36,1	69,0	38,5	ω <sub>p</sub>	16,5	31,6	(NO PROCEDE)
					%	%	
T <sub>60</sub>	----	----	28,4	IP	17,6	21,9	(NO PROCEDE)

- A: Arcilla arenosa y limosa, parda clara
- B: Arcilla limosa, trazos de grava; parda oscura
- C: Arena muy gravosa, gruesa parda media (no plástico)

Solución: **I** según la AASHTO (Sección 5.2)

- Suelo A: IP = 17,6 > 10. Además 21,9% pasa T<sub>200</sub> ⇒ **A-2**
- Suelo B: IP = 21,9 > 10. Además 54,3% pasa T<sub>200</sub> ⇒ **A-7**
- Suelo C: Es grueso granular y sólo 38,5% pasa T<sub>40</sub> ⇒ **A-1**

Solución II Según la SUCS (Figura 5.1, Sección 5.1.1.1)

- **Suelo A:** Menos del 50% pasa el T<sub>200</sub> y más del 50% pasa el T<sub>4</sub>: Será SM o SC, porque más del 5% pasa el T<sub>200</sub>. De acuerdo a la CARTA DE PLASTICIDAD y la descripción es CL; en consecuencia, no pudiendo ser limo, es ⇒ **SC**.
- **Suelo B:** Es fino granular, pues más del 50% pasa el T<sub>200</sub>. Como LL > 50% es MH, OH o CH (ver CARTA DE PLASTICIDAD). Por la dificultad de leer exactamente su localización, f(IP, LL) el cálculo es IP = 0,73(53,5 - 20) = 24,4 > 21,9, quedando el suelo por debajo de la línea A. Por la descripción es ⇒ **MH**.
- **Suelo C:** Asumamos 5,1% ≈ 5%. Haciendo la curva granulométrica C<sub>u</sub> = 23,3; C<sub>c</sub> = 0,5 (mal gradado). Entre T<sub>4</sub> y T<sub>200</sub>, 62,4% (restar) del material se retiene y su denominación es arena; entonces ⇒ **SP**

### Ejercicio 5.5

Clasificar los siguientes suelos.

RESUMEN ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS								
Sondeo No	Muestra No	Profundidad (m)	W <sub>n</sub> (%)	W <sub>l</sub> (%)	W <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub>	P <sub>200</sub>	SUCS
1 m	1 B	1,50	28,7	31,7	27,9	3,8	30,9	
1 m	3 B	4,50	50,4	52,2	-	NP	29,1	
3 m	2 B	3,00	37,3	40,0	-	NP	27,3	

RESUMEN ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS								
Sondeo No	Muestra No	Profundidad (m)	W <sub>n</sub> (%)	W <sub>l</sub> (%)	W <sub>p</sub> (%)	I <sub>p</sub>	P <sub>200</sub>	SUCS
1 m	1 Sh	3,0	44,9	64,5	47,3	17,2	81,6	
1 m	3 Sh	6,0	46,6	65,4	36,8	28,6	72,8	
2 m	2 Sh	6,0	46,1	67,7	36,6	31,1	79,7	
3 m	2 Sh	6,0	44,9	52,4	46,7	5,7	64,3	
5 m	1 Sh	1,0	32,1	49,5	34,0	15,5	43,4	

RESUMEN ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS									
Sondeo No	Muestra No	Profundidad (m)	Wn (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip (%)	P <sub>4</sub> (%)	P <sub>200</sub> (%)	SUCS
1 M	2 SPT	2,0	31,1	38,8	35,5	3,2	94,1	26,2	
1 M	4 SPT	4,0	40,5	51,1	43,9	7,3	97,0	33,4	
1 M	5 SPT	5,0	18,1	NL	-	NP	90,9	12,0	
1 M	7 Lv	8.0 - 10.0	18,5	NL	-	NP	93,9	3,9	
2 M	1 SPT	1,0	11,4	NL	-	NP	71,3	17,9	
2 M	7 Lv	4.5 - 6.0	24,8	NL	-	NP	100,0	2,4	
3 M	2 SPT	2,0	20,1	40,6	35,7	4,8	87,1	17,9	
3 M	3 Lv	2.2 - 3.75	1,3	NL	-	NP	98,4	1,1	
3 M	6 Lv	6.0 - 8.0	20,4	22,4	-	NP	99,1	31,3	
4 M	1 SPT	1,0	44,6	57,9	47,9	10,0	100,0	31,6	
4 M	3 SPT	3,0	1,6	24,6	26,2	-1,6	81,1	23,3	
4 M	6 SPT	6,0	35,8	47,3	37,1	10,2	84,8	28,2	
4 M	7 Lv	6.3 - 6.7	25,3	NL	-	NP	84,4	26,5	

**Ejercicio 5.6**

Cálculos para la clasificación de suelos.

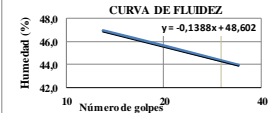
FECHA:	SONDEO N°:	1
PROYECTO:	MUESTRA N°:	1
LOCALIZACIÓN:	PROFUNDIDAD:	1,5 m
DESCRIPCIÓN:	HOJA:	1 DE 1
Suelo de color pardo oscuro arenoso con orgánico		

LÍMITE DE ATTERBERG	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Determinación N°	1	2	3	1	2	3
Número de golpes	34	20	13			
Recipiente N°	26	31	18	11	1	
Recipiente+ Suelo húmedo (gr)	22,00	19,75	18,10	17,31	16,90	
Recipiente+ Suelo seco (gr)	18,26	16,10	14,66	14,77	14,51	
Peso del agua (gr)	3,74	3,65	3,44	2,54	2,39	
Peso recipiente (gr)	9,75	8,10	7,33	6,20	6,48	
Peso suelo seco (gr)	8,51	8,00	7,33	8,57	8,03	
Humedad (%)	43,95	45,63	46,93	29,64	29,76	

LÍMITE LÍQUIDO	45,1
LÍMITE PLÁSTICO	29,7
ÍNDICE PLÁSTICO	15,4

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
U.S.C.S.	ML
A.A.S.H.O.	
GS	
ÍNDICE DE GRUPO	
HUMEDAD NATURAL	34,0

GRADACIÓN				
Peso seco inicial: 183,3 gr				
Tamiz	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% peso
4	-	-	-	100%
200	72,3	39,4%	39,4%	60,6%
-200	111,0	60,6%	100,0%	



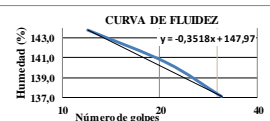
FECHA:	SONDEO N°:	3
PROYECTO:	MUESTRA N°:	5
LOCALIZACIÓN:	PROFUNDIDAD:	7,5 m
DESCRIPCIÓN:	HOJA:	1 DE 1
Suelo arcillosos de color gris con vetas de color habano		

LÍMITE DE ATTERBERG	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Determinación N°	1	2	3	1	2	3
Número de golpes	31	21	12			
Recipiente N°	46	23	17	8	1	
Recipiente+ Suelo húmedo (gr)	29,62	27,32	25,55	20,60	19,75	
Recipiente+ Suelo seco (gr)	17,13	15,63	14,55	14,53	13,90	
Peso del agua (gr)	12,49	11,69	11,00	6,07	5,85	
Peso recipiente (gr)	8,02	7,31	6,90	6,43	6,00	
Peso suelo seco (gr)	9,11	8,32	7,65	8,10	7,90	
Humedad (%)	137,10	140,50	143,79	74,94	74,05	

LÍMITE LÍQUIDO	139,2
LÍMITE PLÁSTICO	74,5
ÍNDICE PLÁSTICO	64,7

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
U.S.C.S.	MH
A.A.S.H.O.	
GS	
ÍNDICE DE GRUPO	
HUMEDAD NATURAL	124,3

GRADACIÓN				
Peso seco inicial: 195,2 gr				
Tamiz	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% peso
4	-	-	-	100%
200	178,6	91,5%	91,5%	8,5%
-200	16,6	8,5%	100,0%	

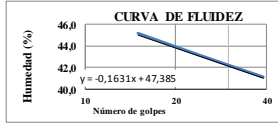


FECHA:	SONDEO N°:	1
PROYECTO:	MUESTRA N°:	4
LOCALIZACIÓN:	PROFUNDIDAD:	6,0 m
DESCRIPCIÓN:	HOJA:	4 DE 16
Limo arcilloso de color gris pardo con partículas meteorizadas		

LÍMITE DE ATTERBERG	43,3
LÍMITE LÍQUIDO	25,8
LÍMITE PLÁSTICO	17,6

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
U.S.C.S.	CL
A.A.S.H.O.	
GS	
ÍNDICE DE GRUPO	
HUMEDAD NATURAL	29,7

GRADACIÓN				
Peso seco inicial:	111,9 gr			
Tamiz	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% peso
4	-	-	-	100%
200	27,0	24,1%	24,1%	75,9%
-200	84,9	75,9%	100,0%	

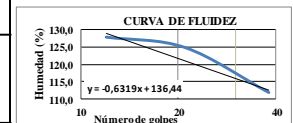


FECHA:	SONDEO N°:	12
PROYECTO:	MUESTRA N°:	6
LOCALIZACIÓN:	PROFUNDIDAD:	7,8 m
DESCRIPCIÓN:	HOJA:	1 DE 1
Suelo limo arcilloso de color amarillo con vetas de color blanco		

LÍMITE DE ATTERBERG	120,6
LÍMITE LÍQUIDO	68,3
LÍMITE PLÁSTICO	52,3

CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA	
U.S.C.S.	MH
A.A.S.H.O.	
GS	
ÍNDICE DE GRUPO	
HUMEDAD NATURAL	105,8

GRADACIÓN				
Peso seco inicial:	172,3 gr			
Tamiz	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% peso
4	-	-	-	100%
200	157,5	91,4%	91,4%	8,6%
-200	14,8	8,6%	100,0%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Duque Escobar, Gonzalo (2003) *Manual de geología para ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572> URL oficial Manulageo:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>



**GEOMECÁNICA. Duque Escobar, Gonzalo and Escobar P., Carlos Enrique. Universidad Nacional de Colombia (2016). See more at:**

<http://galeon.com/geomecanica>