

4. CONSISTENCIA Y PLASTICIDAD.

Etimológicamente, consistencia equivale a capacidad de mantener las partes del conjunto integradas, es decir, estabilidad y coherencia. En mecánica de suelos, sólo se utiliza para los suelos finos que, dependiendo del contenido de agua y su mineralogía, fluyen sin romperse.

La plasticidad de un suelo se atribuye a la deformación de la capa de agua adsorbida alrededor de los minerales; desplazándose como sustancia viscosa a lo largo de la superficie mineral, controlada por la atracción iónica. La plasticidad en las arcillas, por su forma aplanada (lentejas) y pequeño tamaño, es alta. La plasticidad del suelo, depende del contenido de arcilla. Skempton (1953) expresó esta relación matemáticamente con la actividad A de la arcilla, así:

$$A = \frac{IP}{\% \text{ de arcilla}} \Rightarrow \% \text{ de arcilla} = \% \text{ en peso } W_S \text{ de partículas con } f < 2\mu \quad [4.3]$$

- La actividad de la caolinita es baja; Ejemplo, $A = 0,38$
- La actividad de la illita es media; Ejemplo, $A = 0,90$
- La actividad de la montmorillonita es alta. Ejemplo, $A = 7,20$

La plasticidad de la arcilla se atribuye a la deformación de las capas de agua adsorbida, que la liga a ella.

Stiction: es la cohesión c entre las pequeñas partículas de arcilla, responsable de su consistencia. Por sus formas aplanadas y pequeños tamaños, la alta relación entre área y volumen de granos, y su proximidad, se generan fuerzas interpartículas que los ligan. Estas fuerzas eléctricas que explican la cohesión tipo stiction son varias: las fuerzas de Van der Waal, sumada a la acción de algunos cationes y a cargas asociadas al efecto borde-cara entre granos. Si un bloque de arcilla seca se pulveriza, desaparece la stiction: se requiere humedecer el polvo para que esta fuerza cohesiva al igual que la plasticidad reaparezcan.

La consistencia de la arcilla seca es alta y húmeda es baja.

Atterberg (1911) establece arbitrariamente tres límites para los cuatro estados de la materia, así:

	Estado líquido			
		⇒	Límite líquido	W_L LL
	Estado plástico	⇒	Límite plástico	W_P LP
	Estado semi – sólido	⇒	Límite de retracción	W_S LR
	Estado sólido			

Tabla 4.1 Límites para los cuatro estados de los suelos finos Atterberg 1911.

Un suelo está en estado líquido (arcilla o limo muy húmedos) cuando se comporta como un fluido viscoso, deformándose por su propio peso y con resistencia a la cizalladura casi nula. Al perder agua, ese suelo pierde su fluidez, pero continúa deformándose plásticamente; dado que pierde su forma, sin agrietarse. Si se continúa con el proceso de secado (de la arcilla o limo), el suelo alcanza el estado semi – sólido, si al intentar el remoldeo se desmorona. Si se saca más agua, a un punto en el cual su volumen ya

no se reduce por la pérdida de agua, y el color toma un tono más claro, el estado del suelo se define como sólido.

El estado plástico se da en un rango estrecho de humedades, comprendidas entre los límites líquido y plástico. Este rango genera el Índice de Plasticidad IP, definido así:

$$IP = W_L - W_P \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{diferencia de contenido de} \\ \text{humedades en los LL Y LP} \end{array} \right. \quad [4.1]$$

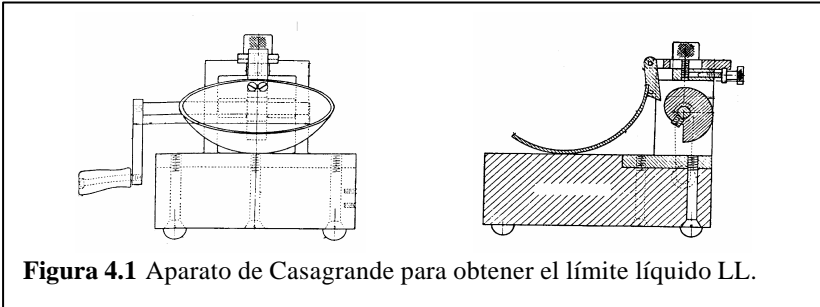


Figura 4.1 Aparato de Casagrande para obtener el límite líquido LL.

En consecuencia, los límites de Atterberg son contenidos de humedad del suelo, para suelos finos (limos, arcillas), solamente.

4.1 Índice de liquidez IL. El contenido de humedad natural ω , que presente una arcilla o un limo en el campo, puede compararse con sus límites W_p , W_L mediante el Índice de Liquidez, IL, así:

$$IL = \frac{W - W_p}{IP} * 100 \quad (\text{en } \%) \quad [4.2]$$

Si $IL \rightarrow 100\%$, el suelo en campo está cerca al LL; si $IL \rightarrow 0\%$, el suelo en campo está cerca al LP. Pueden presentarse arcillas con $IL < 0$, cuando $\omega < W_p$.

4.2 El límite líquido LL. Es el contenido de humedad ω_L requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande (Figura 4.1) cierre una ranura de $\frac{1}{2}$ " de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto (Ejercicio 5.1). Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados.

4.3 El límite plástico LP. Es el menor contenido de humedad ω_p para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuando, tomando bolas de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de $\frac{1}{8}$ " sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Sin agrietarse el suelo, no hay LP, y con muchas tampoco se tiene el LP. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%. En arenas la prueba no es posible.

4.4 El límite de retracción LR (o L. de Contracción). Se define el límite de retracción como el máximo contenido de agua w_l al cual una reducción en humedad no causa una disminución en el volumen de la masa de suelo. Para medirlo, se coloca en una cápsula el suelo húmedo ($\omega > \omega_L$) y se determina su peso W_i y volumen V_i , siendo V_i también el volumen de la cápsula. Se seca el suelo en la estufa y se obtiene su

peso W_f y volumen V_f . El problema está en obtener V_b y el cual se logra conociendo el peso del mercurio desplazado por el suelo seco, operación que es delicada; así se tiene:

$$LR = \frac{(W_i - W_f) - (V_i - V_f) \cdot \gamma_w}{W_f} * 100 \quad [4.4]$$

donde $(V_i - V_f)\gamma_w$ es el peso del agua perdida y $(W_i - W_f) - (V_i - V_f)\gamma_w$ es el peso del agua en la muestra, cuando está en el límite de retracción. El LR se denomina también límite de contracción del suelo. Los valores corrientes son: para arcillas 4 a 14%, para limos 15 a 0%; en las arenas no se da cambio del volumen por el secado.

4.5 Índice de consistencia, IC (o I. de liquidez)

Puede tener valores negativos y superiores a 100%

$$IC = \frac{w_L - w}{w_L - w_P} * 100$$

4.6 Índice de retracción, IR. Este, indica la amplitud del rango de humedades dentro del cual el suelo se encuentra en estado semisólido.

$$IR = LR - LP$$

Ejercicio 4.1.

Clasificar por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos las siguientes muestras

Profundidad	W	w _p	w _l	I _p	P200	SUCS
M	%	%	%	%	%	
0,60 – 0,80	30	29	51	22	81.4	MH – CH
4,00	17,2	19	30	11	51	CL
0,40 – 0,60	27	28	49	21	78	CL – ML

Ejercicio 4.2

Clasificar por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos las siguientes muestras.

Sondeo	Muestra	Z	WL	w _p	I _p	P200	SUCS
3	1	7	62	49	13	74.2	MH
4	1	10	134	76	58	51.7	MH
5	2	9	72	46	26	92.9	MH
6	1	6	59	40	18	74.9	MH
7	1	4.00 - 4.30	118	72	46	77.9	MH
8	1	9	108	60	48	31.9	SM
9	1	8	63	50	13	81.8	MH
10	1	3.00 - 3.30	102	64	38	79.1	MH
11	1	10	84	44	40	97.6	MH
12	1	10	187	101	86	62.7	MH
15	1	7	132	70	62	75.5	MH

4.7 Propiedades de limos y arcillas

- resistencia en estado seco de un bloque o terrón de suelo: se toma un espécimen seco del suelo y se golpea con un martillo. En la arcilla la resistencia seca es alta y en el limo la resistencia seca es baja.
- dilatancia llamada prueba de sacudimiento, porque se coloca una porción muy húmeda en la palma de la mano que al golpearla con la otra mano por debajo, hace que el agua del suelo aflore y luego pueda desaparecer, ocurriendo rápido en limos o lentamente en arcillas
- tenacidad mide la plasticidad del suelo y se evalúa formando rollitos de 1/8" o (3mm). Si con suelos húmedos los rollitos así no se agrietan ni desintegran, tenemos arcillas; si lo hacen, limos
- sedimentación o dispersión se disgrega el suelo triturándolo para separar los granos; se hace una suspensión en agua y en recipiente de vidrio se mezcla y homogeneiza la mezcla, luego se deja reposar: Así, la arena se deposita en segundos, el limo en minutos y pocas horas, y la arcilla en varias horas e incluso días, quedando turbia el agua.
- brillo se frota el suelo húmedo en su superficie con una navaja. La superficie brillante indica arcilla y la superficie color mate, limo

Tabla 4.2 IDENTIFICACION MANUAL DE SUELOS FINOS

Suelo fino	Resistencia en estado seco	Dilatancia	Tenacidad	Tiempo de asentamiento
Limo arenoso	Muy baja	Rápida	Debilidad a fiable	30seg –60min
Limo	Muy baja	Rápida	Débil a fiable	15min–60min
Limo arcilloso	Baja a media	Rápida a lenta	Media	15min- varias horas
Arcilla arenosa	Baja a alta	Lenta a nada	Media	30seg- varias horas
Arcilla limosa	Media alta	Lenta a nada	Media	15min-varias horas
Arcilla	Alta a muy A	Ninguna	Alta	Varias horas a días
Limo orgánico	Baja a muy alta	lenta	Débil afiable	15min-varias horas
Arcilla orgánica	Media a muy alta	Ninguna	alta	Varias horas a días

Nota: para las pruebas, retirar fragmentos con $F > T\#40 = 420\mu = 0.42\text{mm}$

Definiciones

Textura: proporción relativa en que se encuentran en un suelo varios grupos de granos de tamaños diferentes. Proporción relativa de fracciones de arena, limo y arcilla en el suelo.

Clase textural franca: cuando el suelo es una mezcla relativamente igual de arena, limo y arcilla, se denomina suelo franco. Clase franco arenosa: cuando la arena es dominante. Clase franco limosa: cuando el limo es abundante. Clase franco arcillosa: cuando la arcilla es abundante

Arcilla inalterada: es la que mantiene su estructura original sin disturbios causados por remoldeo mecánico o manual

Arcilla remoldeada: es la que ha sufrido destrucción notoria de la estructura original cuando su condición o estado natural se ha alterado de forma severa.

Arcilla rápida: es la que ha sufrido debilitamiento de sus enlaces químicos por hidrólisis o lixiviación, sin que se haya modificado su fábrica textural. Por esta razón tale arcilla resulta propensa al colapso y de sensibilidad muy elevada.

Tixotropía: Propiedad por la cual un suelo húmedo que se toma para ablandarlo, manipulándolo hasta alcanzar un estado fluido viscoso, después de un tiempo de reposo puede recuperar sus propiedades de

resistencia y rigidez, siempre y cuando la humedad no se le modifique. La mayoría de las arcillas son tixotrópicas en mayor o menor grado.

Sensitividad: llamada también sensibilidad o susceptibilidad es la medida de la pérdida de resistencia de una arcilla causada por el remoldéo, es decir, por modificación de su estructura natural. Se mide la Sensitividad St con el valor de la resistencia a la compresión simple, según la expresión:

$$St = \text{Resistencia Inalterada} / \text{Resistencia Remoldeada}$$

La escala de Sensitividad (St) de Skempton y Northey es:

Insensitiva: $St < 2$, Mediana: $St 2$ a 4 , Sensitiva: $St 4$ a 8 , Muy sensitiva: $St 8$ a 16 , Rápida: $St > 16$

[Ir a la página principal](#)