

# 3. Ensayo de laboratorio

**Procedimiento:**

1. Registrar la masa de la muestra de suelo en un recipiente seco y limpio



Peso taza	38,8	g
-----------	------	---

2. Peso suelo humedo + taza



Peso taza+ suelo	253,6	g
------------------	-------	---

3. Se lleva la muestra de material húmedo en el horno para secar el material hasta que alcance masa constante. El horno se mantiene a una temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$



PESO SUELO 24 H EN EL HORNO	227,9	g
-----------------------------------	-------	---



Nota: se resta el valor del papel ( $228.4 - 0.5 = 227.90 \text{ g}$ )

**4. Cálculos**

$$w = \frac{W1 - W2}{W2 - Wc} \times 100$$

Donde;

w: contenido de agua%

w1: Peso del suelo húmedo + recipiente

w2: Peso del suelo seco + recipiente

wc: Peso del recipiente

Reemplazando:

$$w = \frac{254,1 \text{ g} - 228,4 \text{ g}}{228,4 \text{ g} - 38,8 \text{ g}} \times 100$$

w=	14	%
----	----	---

Procedimiento:

3

Se mide y se anota la temperatura del agua y peso en cada medición de calibración. Se reajusta el nivel del agua para que quede a nivel de la marca del menisco.

**Calibración del Picnómetro**

1



Según Tabla 128-1. Masa recomendada para la muestra de ensayo

Peso suelo	50	g
------------	----	---

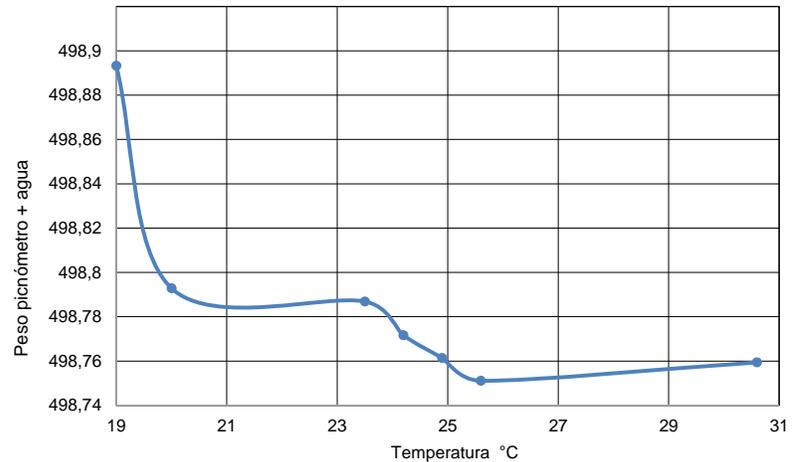
2



PESO PICNOMETRO VACÍO (Mp)	144,2	g
PESO PICNOMETRO + 500 ml	641,4	g

T°	Peso (g)	Densidad (tabla 128-2)	Coefficiente (K)	Volumen Calibrado (Vp)
30,6	640,70	0,995	0,997	498,76
25,6	641,40	0,997	0,999	498,75
24,9	641,50	0,997	0,999	498,76
24,2	641,60	0,997	0,999	498,77
23,5	641,70	0,997	0,999	498,79
20	642,10	0,998	1,000	498,79
19	642,30	0,998	1,000	498,89
PROMEDIO	641,61	0,997	0,999	498,79

DESV. EST	0,049
-----------	-------

**Calibración Picnómetro 500 ml**

**4. Determinación Gravedad Específica**


Datos:

T° inicial	19,5
Densidad T ensayo	0,998
Masa Picnómetro + agua+ suelo a T° ensayo (Mpws)	694,3

Secado:

Peso suelo (g)	50
Peso recipiente(g)	114,3
Peso recipiente + suelo + secado	162,23
Masa suelo seco (Ms)	47,93



LABORATORIO

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL, EMPLEANDO UN PICNÓMETRO CON AGUA

NORMA

INV E 128 - 13

- Masa Picnómetro lleno de agua a la temperatura del ensayo

$$M_{pw,t} = M_p + (V_p \times \rho_{w,t})$$

Donde;

$M(pw,t)$ = Masa del picnómetro  
 $M_p$ = Masa promedio de calibración del picnómetro seco  
 $V_p$ = Volumen promedio de calibración del picnómetro seco  
 $\rho(w,t)$ = Densidad del agua

$$M_{pw,t} = 144,2 + (498,79 \times 0,998)$$

Masa Picnómetro lleno a T ensayo (Mpw)	642,15
--	--------

- Gravedad Específica partículas sólidas del suelo a la temperatura del ensayo

$$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{wt}} = \frac{M_s}{[M_{pw,t} - (M_{pws,t} - M_s)]}$$

Donde;

$\rho_s$ = Densidad de partículas sólidas  
 $\rho_{wt}$ = Densidad del agua a temperatura ensayo  
 $M_s$ = Masa de los sólidos del suelo secado en horno  
 $M(pws,t)$ = Masa del picnómetro con agua y sólidos a la temperatura de ensayo

Ms	47,93	g
Mpwt	642,15	g
Mpws	672,5	g

Gt	2,727
----	-------

- Gravedad Específica a 20°C

$$G_{20^\circ C} = K \times G_t$$

Donde;

$K$ = Coeficiente de corrección por temperatura (tabla 128-2)

K	1
G 20°C	2,73

Según ()

Cenizas Volcánicas	2.20 a 2.50
Suelos Orgánicos	2.50 a 2.65
Arenas y Gravas	2.65 a 2.67
Limos Inorgánicos	2.67 a 2.72
Arcillas poco Plásticas	2.72 a 2.78
Arcillas medianamente plásticas y muy plásticas	2.78 a 2.84
Arcillas Expansivas	2.84 a 2.88
Suelos con Abundante Hierro	3.00

El dato de gravedad específica para la muestra de suelo estudiada, corresponde al valor promedio de ARCILLAS POCO PLÁSTICAS

**Análisis por hidrómetro**

Partículas menores de 75 µm (No. 200), se determina mediante el proceso de sedimentación empleando el hidrómetro 152 H.

1.



Se emplea una solución de aproximadamente 40 g de hexametáfosfato de sodio por litro de solución.

2. Datos

DATOS	Masa pasante tamiz 200	
SUELO	50,01	g
T°	20	°
Gravedad Especifica	2,73	
K (tabla 123-3)	0,013326	
Factor correccion Gravedad Especifica (tabla 123-1)	0,984	

2.1 Valor de corrección por gravedad específica (a)

GRAVEDAD ESPECÍFICA	FACTOR DE CORRECCIÓN
2.95	0.94
2.90	0.95
2.85	0.96
2.80	0.97
2.75	0.98
2.70	0.99
2.65	1.00
2.60	1.01
2.55	1.02
2.50	1.03
2.45	1.05

Interpolación:	
2,75	0,98
2,7	0,99
<b>2,73</b>	<b>0,984</b>

2.2 Valor K

Tabla 123 - 3. Valores de K para el cálculo del diámetro de las partículas

Temperatura °C	Gravedad específica de las partículas de suelo								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01501	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.01323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149

Para:  $\eta$  en (g/cm.s);  $\gamma_w$  en (g/cm<sup>3</sup>); L en (cm); T en (min.)

Interpolación:	
2,75	0,01325
2,7	0,01344
<b>2,73</b>	<b>0,013326</b>

2.3 Factores de corrección

Factores de Corrección		
Corrección por menisco	Cm	0,3
Corrección por temperatura	Ct	0
Corrección por agente	Cd	4



## 3. Lecturas

LECTURAS - MURO 1						
Tiempo (min)	Lectura del Hidrómetro	Lectura Corregida	Porcentaje Suelo en suspensión (P)	Profundidad efectiva (cm) *	Diámetro de partículas (D) mm	% que pasan
1	44	44,00	87,16	9,1	0,0402	87,16
2	38	38,00	75,36	10,1	0,0299	75,36
3	35	35,00	69,46	10,6	0,0250	69,46
4	34	34,00	67,49	10,7	0,0218	67,49
5	32	32,00	63,55	11,1	0,0199	63,55
15	24	24,00	47,81	12,4	0,0121	47,81
30	22	22,00	43,88	12,7	0,0087	43,88
60	20	20,00	39,94	13	0,0062	39,94
250	18	18,00	36,01	13,3	0,0031	36,01
960	16	16,00	32,07	13,7	0,0016	32,07
1440	15	15,00	30,10	13,8	0,0013	30,10

 LIMOS  
0.075-0.002

 ARCILLAS  
<0.002

\* Valores tomados de la tabla 123-2 para hidrómetro 152 H

Ejemplo para la lectura No. 1

- 1)  $Lectura\ corregida = Lectura + C_m$   
 $Lectura\ corregida = 44 + 0,3$   
 $Lectura\ corregida = 44,03$

2) Porcentaje Suelo en suspensión (P)

$$P = \left[ \frac{R \times a}{W} \times 100 \right]$$

Donde;

- P= Porcentaje de suelo que permanece en suspensión  
 R= Lectura del hidrómetro corregido  
 a= Factor de corrección Hidrómetro 152 H

$$P = \left[ \frac{44,30 \times 0,984}{50,01} \times 100 \right]$$

P=	87,2
----	------

3) Profundidad efectiva

HIDRÓMETRO 152 H			
LECTURA REAL DEL HIDRÓMETRO	PROFUNDIDAD EFECTIVA, L, cm	LECTURA REAL DEL HIDRÓMETRO	PROFUNDIDAD EFECTIVA, L, cm
12	14,3	42	9,4
13	14,2	43	9,2
14	14,0	44	9,1
15	13,8	45	8,9
16	13,7	46	8,8

4) Diámetro de partículas (D) mm

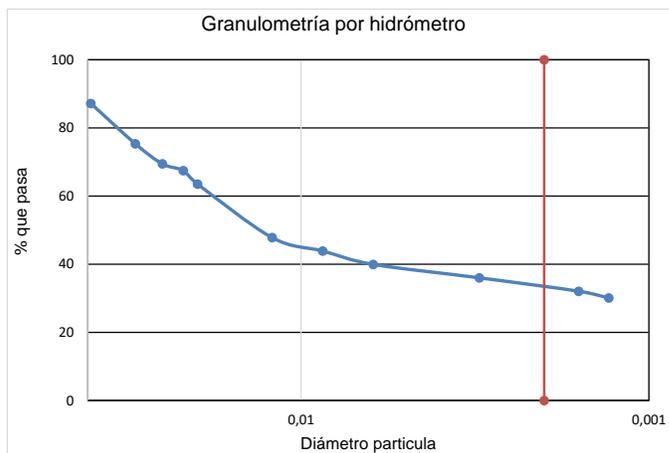
$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad D = 0,013326 \sqrt{\frac{9,1}{1\ min}}$$

Donde;

K= Constante que depende del valor de la gravedad específica del suelo y de la temperatura de suspensión.

L= profundidad efectiva

T= lapso transcurrido entre el comienzo de la sedimentación hasta la toma de lectura (minutos)



Clasificación suelo:

 Suelo de grano fino (limo y arcilla):  
**MAYOR PRESENCIA DE LIMOS**

Clasificación: M

**Análisis por tamizado**

Partículas mayores de 75 µm (retenidas tamiz No. 200), se determina por tamizado.

1. Datos:

PESO TARA	62,7
PESO SUELO HUMEDO (g)	406,1
PESO SUELO-TARA	343,4



Tamiz

pulg	mm
1 1/2	37,5
1,00	25
3/4	19
1/2	12,5
3/8	9,5
N° 4	4,75
N°10	2
N°40	425 µm
N°60	250 µm
N°100	150 µm
N°200	75 µm
Fondo	

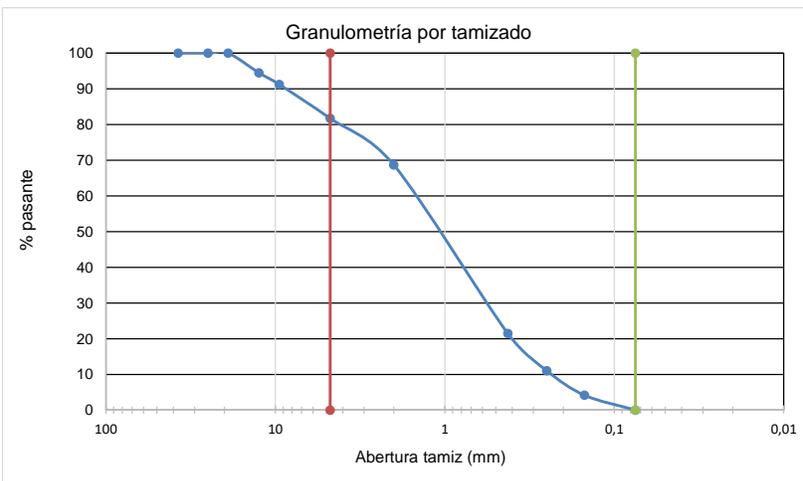


2. Lecturas

TAMIZ	Diámetro (mm)	PESO RETENIDO		Acumulado %	Porcentaje Pasante %
		PESO RETENIDO	% RETENIDO		
1 1/2	37,50	0	0,00	0,00	100,00
1 PULG	25,00	0	0,00	0,00	100,00
3/4 PULG	19,00	0	0,00	0,00	100,00
1/2 PULG	12,50	18,80	5,51	5,51	94,49
3/8 PULG	9,50	11,1	3,25	8,76	91,24
N°4	4,75	32,5	9,52	18,28	81,72
N°10	2,00	44,5	13,04	31,32	68,68
N°40	0,425	161,1	47,20	78,52	21,48
N°60	0,250	35,6	10,43	88,95	11,05
N°100	0,150	23,4	6,86	95,81	4,19
N°200	0,075	14,3	4,19	100,00	0,00
FONDO		0	0,00	100,00	0,00
Total		341,3	100,00		

GRAVA

ARENA



Cálculo deciles

D60	1,82
D30	0,88
D10	0,24
CU	7,58
CC	1,77
% pasa tamiz #4	18,28
% que pasa tamiz #200	81,72

SUCS  
CU > 6  
1 < CC < 3

ARENA  
BIEN GRADADA  
**SW**



LABORATORIO

DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

NORMA

INV E 125 - 13

Procedimiento:

Registro de datos:

	golpes	Peso tara (g)	Peso tara+ suelo humedo (g)	Peso tara+suelo seco (g)	Contenido de agua
#3	23	6,0	20,89	17,82	25,97
#4	25	6,57	17,28	14,98	27,35
#6	32	7,6	19,34	16,8	27,61



$$\text{Contenido de agua} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa suelo seco al horno}} \times 100$$

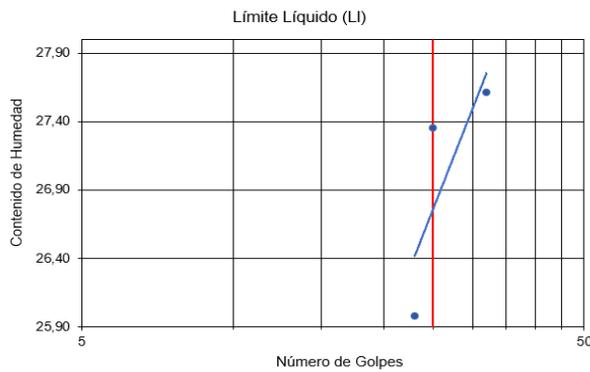
Para la muestra #3

$$\text{Contenido de agua} = \frac{(20,89 - 17,82)}{(17,82 - 6,0)} \times 100$$

$$\text{Contenido de agua} = 25,97 \%$$



Número de golpes	23	25	32
Contenido de Humedad	25,97	27,35	27,61



LL	27%
----	-----



LABORATORIO

LÍMITE PLÁSTICO É ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

NORMA

INV E 126 - 13

Registro de datos:

	Peso tara (g)	Peso tara+rollitos humedos (g)	Peso tara+rollitos secos (g)	Contenido de humedad %	Promedio Humedad %
#1	7,89	13,32	12,49	18,04	20
#2	6,3	12,42	11,45	18,83	
#5	5,88	13,52	12,06	23,62	



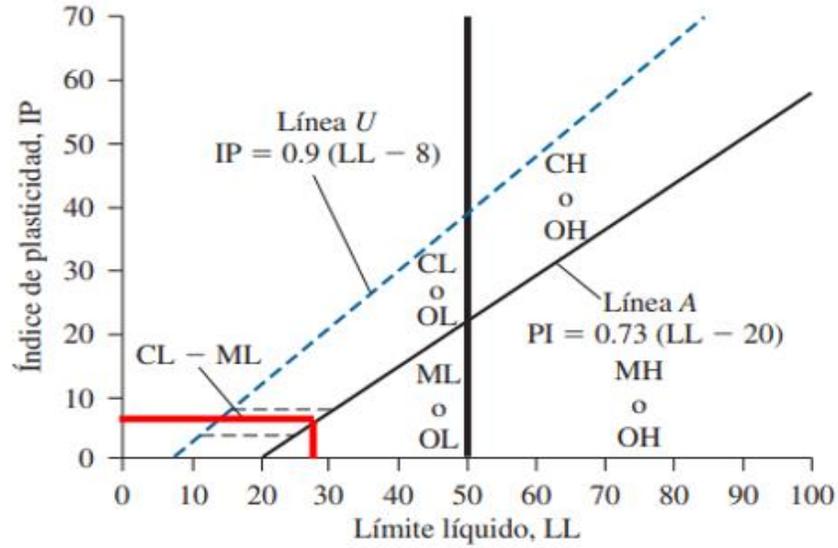
LP	20%
----	-----

IP	LL - LP
IP	7,00%

IP	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP > 20	ALTA	S. muy arcilloso
7 < IP <= 20	MEDIA	S. arcilloso
IP <= 7	BAJA	S. poco arcilloso
IP = 0	NO PLASTICO	S. exentos de arcillas



Carta de plasticidad:



LL	27%
IP	7,00%
CL-ML	

Datos:

$\emptyset$ muestra (cm)	6,31
$h$ muestra (cm)	2,00
$A$ corregida (cm <sup>2</sup> )	31,27

Punto 1	
Fuerza Normal (N)	9,81
$\emptyset$ muestra (cm)	6,31
$h$ muestra (cm)	2,00
$\gamma$ muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	2,04

Punto 2	
Fuerza Normal (N)	19,62
$\emptyset$ muestra (cm)	6,31
$h$ muestra (cm)	2,00
$\gamma$ muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	2,01

Punto 3	
Fuerza Normal (N)	39,24
$\emptyset$ muestra (cm)	6,31
$h$ muestra (cm)	2,00
$\gamma$ muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1,98

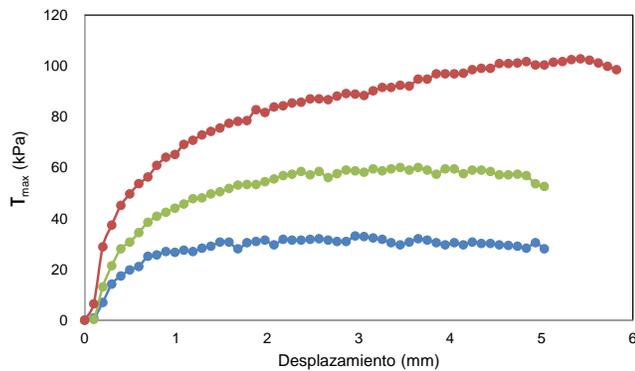
CUADRO DE CARGAS

Punto (Kg)	Carga Normal (N)	Carga Máxima Horizontal (N)	Carga Final Horizontal (N)
1	98,1	103,506	87,646
2	196,2	187,813	161,953
4	392,4	318,030	308,013

Desplazamiento Horizontal (mm)	Esfuerzo Normal (kPa)	Esfuerzo Cortante (kPa)	$\phi$	C
2,959	31,370	33,099	36,089	Arena suelta y grava (30° a 40°)
3,354	62,741	60,059		
5,228	125,482	101,700		



Esfuerzos Cortantes



Envolvente de Falla de Mohr-Coulomb

