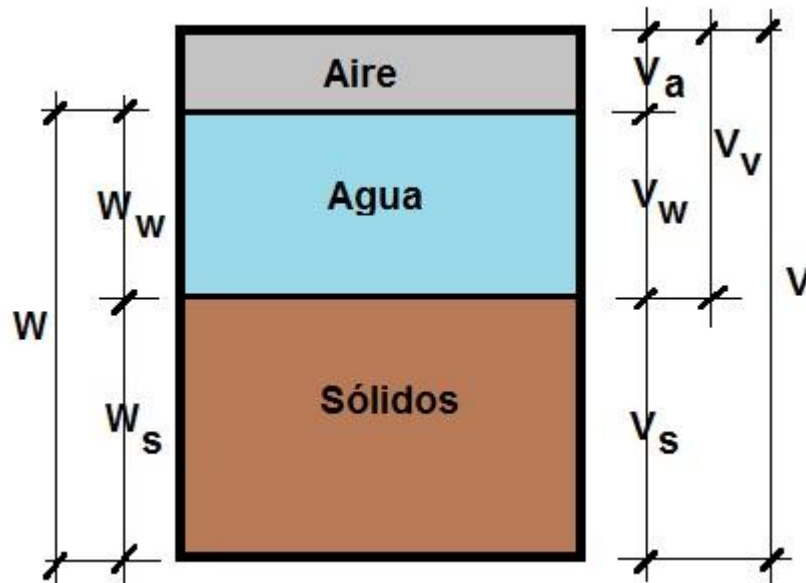


# PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS



**Índice:**

LISTADO DE SÍMBOLOS: .....	2
UNIDADES Y EQUIVALENCIAS ÚTILES:.....	3
Ejercicio N° 1. ....	4
Ejercicio N° 2. ....	7
Ejercicio N° 3. ....	8
Ejercicio N° 4. ....	10
Ejercicio N° 5. ....	12
Ejercicio N° 6. ....	13
Ejercicio N° 7. ....	15
Ejercicio N° 8. ....	17
Ejercicio N° 9. ....	19
Ejercicio N° 10 (Ejercicio Propuesto).....	20
Ejercicio N° 11 (Ejercicio Propuesto).....	21
Ejercicio N° 12 (Ejercicio Propuesto).....	23
Ejercicio N° 13 .....	24
Ejercicio N° 14 (Ejercicio Propuesto).....	25
Ejercicio N° 15 (Ejercicio Propuesto).....	25

**LISTADO DE SÍMBOLOS:**

**W=Wt:** peso total de la muestra

**Ww:** peso de la fase líquida (agua)

**Ws:** peso de la fase sólida

**V=Vt:** volumen total de la muestra

**Vv:** volumen de vacíos

**Vw:** volumen de la fase líquida (agua)

**Vs:** volumen de la fase sólida

**$\omega$ :** contenido de humedad

**$\gamma_{hum}$ :** peso específico húmedo

**$\gamma_d$ :** peso específico seco

**$\gamma_w$ :** peso específico de la fase líquida (agua)

**$\gamma_s$ :** peso específico de la fase sólida

**$\gamma_{sat}$ :** peso específico saturado

**e:** relación de vacíos

**Gs=G:** Peso específico relativo de los sólidos

**n:** porosidad

**Sr:** grado de saturación

## UNIDADES Y EQUIVALENCIAS ÚTILES:

- Gigapascal (GPa),  $10^9$  Pa
- Megapascal (MPa),  $10^6$  Pa
- Kilopascal (kPa),  $10^3$  Pa
- Pascal (Pa), unidad derivada de presión del SI, equivalente a un newton por metro cuadrado ortogonal a la fuerza.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ newton} = 0.1020 \text{ kilogramo-fuerza} = 102 \text{ gr-fuerza}$$

$$1 \text{ kgf} = 9.8067 \text{ newton}$$

Otras equivalencias útiles:

$$1.000 \text{ kg/m}^3 \equiv 1 \text{ Tn/m}^3 \equiv 10 \text{ kN/m}^3$$

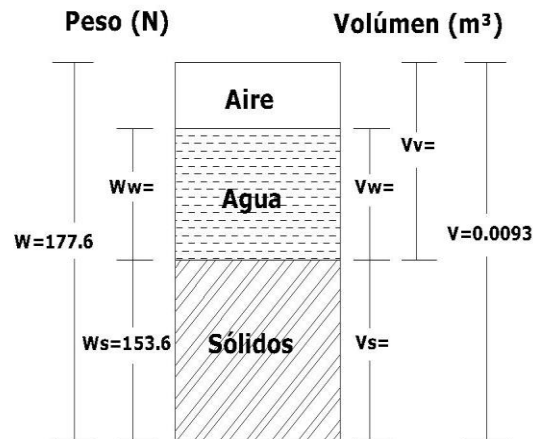
$$1 \text{ kN} = 101,97 \text{ kgf}$$

## GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS.

### Ejercicio N° 1.

En estado natural, un suelo húmedo tiene un volumen de 0,0093 m<sup>3</sup> y pesa 177,6 N. El peso seco al horno del suelo es 153,6 N. Si  $G = 2,71$ , calcule el contenido de agua, el peso específico húmedo, el peso específico seco, la relación de vacíos, la porosidad y el grado de saturación.

Desarrollo:



a) De acuerdo a la figura el contenido de agua W será:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{W - W_s}{W_s} \times 100$$

$$W_w = W - W_s = 177,6 - 153,6 = 24 \text{ N}$$

$$\omega = \frac{177,6 - 153,6}{153,6} \times 100 = 15,6\%$$

b) El Peso específico Húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{W}{V}$$

$$\gamma_{hum} = \frac{W}{V} = \frac{177,6}{0,0093} = 19.096,77 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} = 19,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

c) Para el Peso específico Seco:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{153,6}{0,0093} = 16.516,13 \frac{N}{m^3} = \mathbf{16,52 \frac{kN}{m^3}}$$

d) La relación de vacíos se encuentra como sigue:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Obtención del  $V_s$ :

Sabiendo que:  $G_s = \frac{\gamma_d}{\gamma_w}$  (Peso específico relativo de los sólidos)

ó sea:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s/V_s}{\gamma_w}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G \gamma_w} = \frac{0,1536 \text{ kN}}{2,71 \times 10 \text{ kN}/m^3} = \mathbf{0,0057m^3}$$

y el volumen de vacíos:

$$V_v = V - V_s = 0,0093 - 0,0057 = \mathbf{0,0036m^3}$$

Por lo que:

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0,0036}{0,0057} = \mathbf{0,63}$$

e) Para calcular la Porosidad usamos la siguiente:

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

$$n = \frac{e}{1 + e} = \frac{0,63}{1 + 0,63} = \mathbf{0,38}$$

f) Y el Grado de Saturación:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

El volumen de agua lo obtenemos de la siguiente manera:

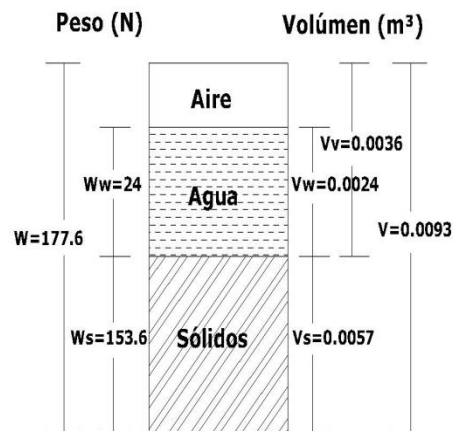
$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{0,024 \text{ kN}}{10 \text{ kN/m}^3} = 0,0024 \text{ m}^3$$

Por lo que:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100 = \frac{0,0024}{0,0036} \times 100 = 67\%$$

Completamos la figura:



**Ejercicio N° 2.**

Para un suelo dado,  $e=0,75$ ,  $\omega=22\%$  y  $G_s=2,66$ . Calcule la porosidad, el peso específico húmedo, el peso específico seco y el grado de saturación.

Desarrollo:

a) La porosidad la obtenemos de:

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

$$n = \frac{e}{1 + e} = \frac{0,75}{1 + 0,75} = \mathbf{0,43}$$

b) Peso específico húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{G}{1 + e} (1 + \omega/100) \gamma_w$$

$$\gamma_{hum} = \frac{G}{1 + e} (1 + \omega/100) \gamma_w = \frac{2,66}{1 + 0,75} \times (1 + 22/100) \times 10 = \mathbf{18,54 \text{ kN/m}^3}$$

c) Peso específico seco:

$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + e}$$

$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,66 \times 10}{1 + 0,75} = \mathbf{15,2 \text{ kN/m}^3}$$

d) El grado de Saturación:

$$S_r \cdot e = G \cdot \omega$$

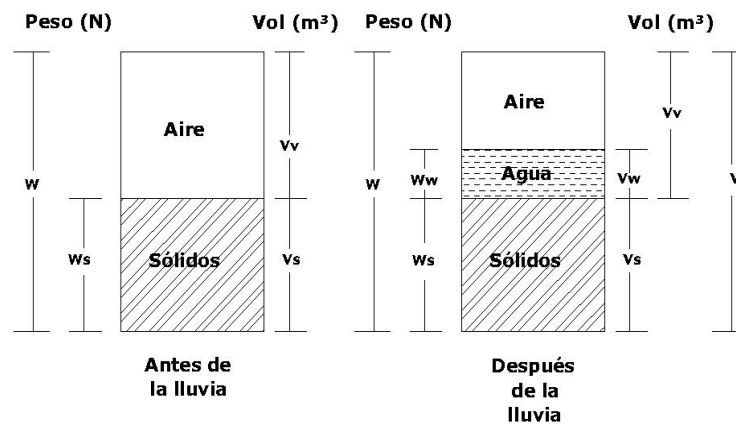
$$S_r(\%) = \frac{G \cdot \omega}{e}$$

$$S_r(\%) = \frac{2,66 \times 0,22}{0,75} \times 100 = \mathbf{78\%}$$

**Ejercicio N° 3.**

Una muestra de arena seca con P.e.=16,8 kN/m<sup>3</sup> y Peso específico relativo de los sólidos G=2,70 se expone a la lluvia. El volumen de la muestra permanece constante, pero aumenta el grado de saturación al 40%. Calcular el P.e. y la humedad del suelo modificado por la lluvia.

Desarrollo:



Datos:

$$\gamma_d = 16,8 \text{ kN/m}^3$$

$$G = 2,70$$

$$V = \text{constante}$$

$$S_r = 40\%$$

Se pide:

$$\gamma_{hum}$$

$$\omega$$

a) Cálculo de  $\gamma_{hum}$ :

$$\gamma_{hum} = \frac{G + S_r \cdot e}{1 + e} \gamma_w$$

$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_\omega}{1 + e} = 16,8 \text{ kN/m}^3$$

Despejo e:

$$\gamma_d + \gamma_d \cdot e = G \cdot \gamma_\omega$$

$$\gamma_d \cdot e = G \cdot \gamma_\omega - \gamma_d$$

$$e = \frac{G \cdot \gamma_\omega}{\gamma_d} - \frac{\gamma_d}{\gamma_d}$$

$$e = \frac{G \cdot \gamma_\omega}{\gamma_d} - 1$$

$$e = \frac{2,70 \times 10 \text{ kN/m}^3}{16,8 \text{ kN/m}^3} - 1$$

$$e = 0,61$$

Por lo que:

$$\gamma_{hum} = \frac{2,70 + (40/100) \times 0,61}{1 + 0,61} \times 10 = 18,30 \text{ kN/m}^3$$

b) Cálculo de la  $\omega$ :

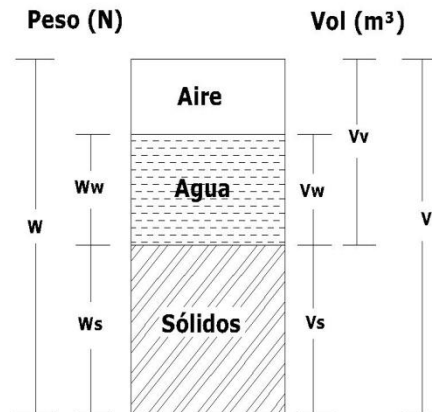
$$\gamma_{hum} = \frac{G}{1 + e} (1 + \omega/100) \gamma_\omega$$

$$\omega = \left[ \frac{\gamma_{hum} \cdot (1 + e)}{G \cdot \gamma_\omega} - 1 \right] \times 100$$

$$\omega = \left[ \frac{18,30 \times (1 + 0,61)}{2,70 \times 10} - 1 \right] \times 100 = 9,12 \%$$

**Ejercicio N° 4.**

Un volumen de  $558 \text{ cm}^3$  de suelo húmedo pesa  $9,904 \text{ N}$ . El peso seco es  $9,002 \text{ N}$  y el Peso específico relativo de los sólidos ( $G$ ) es  $2,67$ . Hallar la relación de vacíos, la porosidad, la humedad, el grado de saturación y el peso por  $\text{m}^3$  de suelo húmedo.



Datos:

$$V_t = 558 \text{ cm}^3$$

$$W_t = 9,904 \text{ N}$$

$$W_s = 9,002 \text{ N}$$

$$G = 2.67$$

Se pide hallar:

$$e = ? \quad n = ? \quad \omega = ? \quad S_r = ? \quad \gamma_{hum} = ?$$

Desarrollo:

$$W_w = W - W_s$$

$$W_w = 9,904 - 9,002 = \mathbf{0,902 \text{ N}}$$

Como:

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \quad V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} \quad V_w = \frac{0,000902 \text{ kN}}{10 \text{ kN}/\text{m}^3} = 0,0000902 \text{ m}^3 = \mathbf{90,2 \text{ cm}^3}$$

Y el Volúmen de sólidos:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s/V_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w}$$

Por lo que:

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{0,009002}{2,67 \times 10} = 0,0003371 \text{ m}^3 = \mathbf{337,10 \text{ cm}^3}$$

$$V_v = V_t - V_s = 558 - 337,10 = \mathbf{220,90 \text{ cm}^3}$$

a) Relación de vacíos:

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{220,90}{337,10} = \mathbf{0,66}$$

b) Porosidad:

$$n = \frac{e}{e + 1} \times 100$$

$$n = \frac{0,66}{0,66 + 1} \times 100 = \mathbf{39,75\%}$$

c) El contenido de agua:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$$\omega = \frac{0,902}{9,002} \times 100 = \mathbf{10\%}$$

d) El grado de Saturación:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

$$S_r = \frac{90,2}{220,90} \times 100 = \mathbf{41\%}$$

e) El Peso específico Húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{G + S_r \cdot e}{1 + e} \gamma_w$$

$$\gamma_{hum} = \frac{2,67 + (41/100) \times 0,66}{1 + 0,66} \times 10 = \mathbf{17,71 \text{ kN/m}^3}$$

**Ejercicio N° 5.**

Se dan los siguientes datos para un suelo: porosidad=0,45; Peso específico relativo de los sólidos=2,68 y contenido de humedad=10%. Determine la masa de agua por añadirse a 10 m<sup>3</sup> de suelo para tener una saturación plena.

Datos:

$$n = 0,45 \quad G_s = 2,68 \quad \omega = 10\% \quad V_t = 10m^3$$

Se pide hallar:

$$W_\omega = ? \quad \text{para una } S_r = 100\%$$

a) Obtengo la relación de vacíos:

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

$$e = \frac{0,45}{1 - 0,45} = 0,82$$

b) El peso específico húmedo del suelo dado al 10% de contenido de humedad (ó sea su peso por unidad de volumen):

$$\gamma_{hum} = \frac{G}{1 + e} (1 + \omega/100) \gamma_\omega$$

$$\gamma_{hum} = \frac{2,68}{1 + 0,82} \times (1 + 10/100) \times 10 = \mathbf{16,198 \text{ kN/m}^3}$$

c) El peso específico saturado del mismo suelo:

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)}{1 + e} \times \gamma_\omega$$

$$\gamma_{sat} = \frac{(2,68 + 0,82)}{1 + 0,82} \times 10 = \mathbf{19,230 \text{ kN/m}^3}$$

d) La masa de agua necesaria para que un m<sup>3</sup> se sature surge de la diferencia entre el Pe sat y el Pe húm:

$$\gamma_{sat} - \gamma_{hum} = 19,230 - 16,198 = \mathbf{3,032 \text{ kN/m}^3}$$

e) Para 10 m<sup>3</sup> que es lo requerido:

$$3,032 \text{ kN/m}^3 \times 10 \text{ m}^3 = \mathbf{30,32 \text{ kN}}$$

**Ejercicio N° 6.**

Una muestra de arcilla muy dura tiene en estado natural, un peso de 1,266 N y un volumen de 56,4 cm<sup>3</sup>. Una vez secada a estufa su peso se reduce a 1,191 N. Si el Peso específico relativo de los sólidos es 2,70; cuál es su humedad; su relación de vacíos; y su grado de saturación.

Datos:  $W_t = 1,266 \text{ N}$                       Se pide:  $\omega\%$

$$V_t = 56,4 \text{ cm}^3 \qquad e$$

$$W_s = 1,191 \text{ N} \qquad S_r\%$$

$$G = 2,70$$

a) Cálculo de la Humedad ó contenido de agua:

$$W_\omega = W - W_s = 1,266 - 1,191 = 0,075 \text{ N}$$

$$\omega = \frac{W_\omega}{W_s} = \frac{0,075}{1,191} \times 100 = 0,0630 \times 100 = \mathbf{6,3\%}$$

b) Cálculo de la relación de vacíos:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$G_s = \frac{\gamma_d}{\gamma_\omega} = \frac{W_s/V_s}{\gamma_\omega}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_\omega} = \frac{1,191 / 1000}{2,7 \times 10} = 0,00004411 \text{ m}^3 = 44,11 \text{ cm}^3$$

$$V_v = V_t - V_s = 56,4 - 44,11 = 12,29 \text{ cm}^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{12,29}{44,11} = \mathbf{0,28}$$

c) Cálculo del Grado de Saturación:

$$S_r = \frac{V_\omega}{V_v} \times 100$$

$$\gamma_\omega = \frac{W_\omega}{V_\omega}$$

$$V_{\omega} = \frac{W_{\omega}}{\gamma_{\omega}} = \frac{0,075/1000}{10} = 0,0000075m^3 = 7,5cm^3$$

$$S_r = \frac{V_{\omega}}{V_v} \times 100 = \frac{7,5}{12,29} \times 100 = \mathbf{61\%}$$

**Ejercicio N° 7.**

Calcular el Pe; la relación de vacíos; la humedad; la porosidad; y el grado de saturación, de un trozo de suelo húmedo que pesa 0,20 N y tiene un volumen de 12,20 cm<sup>3</sup>. Cuando el trozo de suelo se seca a estufa pesa 0,178 N. El Peso específico relativo de los sólidos es 2,67.-

Datos:	Se pide:
$W_t = 0,20 \text{ N}$	$P. e.$
$V_t = 12,20 \text{ cm}^3$	$e$
$G = 2,67$	$\omega\%$
$W_s = 0,178 \text{ N}$	$n\%$
	$S_r\%$

a) Cálculo de e:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$W_\omega = W - W_s = 0,20 - 0,178 = 0,022 \text{ N}$$

$$V_\omega = \frac{W_\omega}{\gamma_\omega} = \frac{0,022/1000}{10} = 0,0000022 \text{ m}^3 = 2,2 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_\omega} = \frac{0,178/1000}{2,67 \times 10} = 0,000006666 \text{ m}^3 = 6,7 \text{ cm}^3$$

$$V_v = V_t - V_s = 12,20 - 6,7 = 5,5 \text{ cm}^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{5,5}{6,7} = \mathbf{0,82}$$

b) Cálculo de  $S_r\%$ :

$$S_r = \frac{V_\omega}{V_v} \times 100 = \frac{2,2}{5,5} \times 100 = \mathbf{40 \%}$$

c) Cálculo del  $\gamma_{hum}$ :

$$\gamma_{hum} = \frac{G + S_r \cdot e}{1 + e} \gamma_\omega = \frac{2,67 + \left(\frac{40}{100}\right) \times 0,82}{1 + 0,82} \times 10 = \mathbf{16,47 \text{ kN/m}^3}$$

c) Cálculo de la  $\eta\%$ :

$$\eta\% = \frac{V_v}{V_t} \times 100 = \frac{5,5}{12,20} \times 100 = \mathbf{45 \%}$$

d) Cálculo del contenido de Humedad:

$$\omega = \frac{W_{\omega}}{W_s} \times 100 = \frac{0,022}{0,178} \times 100 = \mathbf{12,3 \%}$$

**Ejercicio N° 8.**

Una arena cuarzosa típica tiene un volumen de  $45 \text{ cm}^3$  cuando está húmeda y pesa  $0,784 \text{ N}$ . Después de secada al horno pesa  $0,686 \text{ N}$ . Suponiendo un valor de Peso específico relativo de los sólidos ( $G$ ) adecuado, calcule la humedad; grado de saturación; relación de vacíos;  $P_e$  de los sólidos;  $P_e$  húmedo, y  $P_e$  Seco.

Datos:	Se pide:
$W_t = 0,784 \text{ N}$	$\omega\%$
$V_t = 45 \text{ cm}^3$	$S_r\%$
$G(\text{adoptado}) = 2,68$	$e$
$W_s = 0,686 \text{ N}$	$\gamma_s$
	$\gamma_{hum}$
	$\gamma_d$

a) Cálculo de la relación de vacíos:

$$W_\omega = W - W_s = 0,784 - 0,686 = 0,098 \text{ N}$$

$$V_\omega = \frac{W_\omega}{\gamma_\omega} = \frac{(0,098/1000)}{10} = 0,0000098 \text{ m}^3 = 9,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_\omega} = \frac{(0,686/1000)}{2,68 \times 10} = 0,00002559 \text{ m}^3 = 25,6 \text{ cm}^3$$

$$V_v = V_t - V_s = 45 - 25,6 = 19,4 \text{ cm}^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{19,4}{25,6} = 0,75$$

b) Cálculo del Grado de Saturación:

$$S_r = \frac{V_\omega}{V_v} \times 100 = \frac{9,8}{19,4} \times 100 = 50,5 \%$$

c) Cálculo del contenido de humedad:

$$\omega = \frac{W_\omega}{W_s} \times 100 = \frac{0,098}{0,686} \times 100 = 14,3 \%$$

d) Cálculo del Peso específico de los sólidos:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{(0,686/1000)}{(0,00002559)} = 26,8 \text{ kN/m}^3$$

e) Cálculo del Peso específico húmedo:

$$\gamma_{hum} = \frac{G + S_r \cdot e}{1 + e} \gamma_w = \frac{2,68 + (50,5/100) \times 0,75}{1 + 0,75} \times 10 = \mathbf{17,50 \text{ kN/m}^3}$$

f) Cálculo del Peso específico Seco:

$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,68 \times 10}{1 + 0,75} = \mathbf{15,31 \text{ kN/m}^3}$$

De otra manera:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{0,686/1000}{45/1000000} \sim \mathbf{15,3 \text{ kN/m}^3}$$

**Ejercicio N° 9.**

Tres muestras de suelo, con una relación de vacíos de 0,76 y un peso específico relativo de los sólidos de 2,74; tienen grados de saturación de 85, 90 y 100%. Determinar el peso específico total de cada una de las muestras.

a) Cálculo de Peso específico total para Saturación 85%:

$$\gamma_{hum} = \frac{G + S_r \cdot e}{1 + e} \gamma_\omega = \frac{2,74 + \left(\frac{85}{100}\right) \times 0,76}{1 + 0,76} \times 10 = \mathbf{19,24 \text{ kN/m}^3}$$

b) Cálculo de Peso específico total para Saturación 90%:

$$\gamma_{hum} = \frac{G + S_r \cdot e}{1 + e} \gamma_\omega = \frac{2,74 + \left(\frac{90}{100}\right) \times 0,76}{1 + 0,76} \times 10 = \mathbf{19,45 \text{ kN/m}^3}$$

c) Cálculo de Peso específico total para Saturación 100% (Pe sat):

$$\gamma_{hum} = \frac{G + S_r \cdot e}{1 + e} \gamma_\omega = \frac{2,74 + \left(\frac{100}{100}\right) \times 0,76}{1 + 0,76} \times 10 = \mathbf{19,90 \text{ kN/m}^3}$$

También se puede calcular con:

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)}{1 + e} \times \gamma_\omega = \frac{2,74 + 0,76}{1 + 0,76} \times 10 = \mathbf{19,90 \text{ kN/m}^3}$$

### Ejercicio N° 10 (Ejercicio Propuesto)

Una muestra representativa e inalterada obtenida de un estrato de suelo pesa 254,80 N con un volumen de 13,8 litros (13800 cm<sup>3</sup>). De ésta muestra se extrae un pequeño espécimen que pesa 0,784 N húmedo y 0,686 N ya seco al horno. El peso específico relativo de los sólidos de la muestra es de 2,66. Se desea calcular:

- Humedad de la muestra.
- Peso seco de toda la muestra extraída.
- Peso del agua en toda la muestra extraída del estrato.
- Volumen de la parte sólida de toda la muestra obtenida.
- Volumen de vacíos de la muestra.
- Relación de vacíos de la muestra.
- Porosidad de la muestra.
- Grado de Saturación de la muestra.
- Peso volumétrico húmedo de la muestra.
- Peso volumétrico seco de la muestra.

Desarrollo:

- Humedad de la muestra.

$$\omega (\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 = \frac{0,784 - 0,686}{0,686} \times 100 = 14,28 \%$$

- Peso seco de toda la muestra extraída.

$$\omega (\%) = \frac{W_h}{W_s} \times 100 - 100$$

$$\omega (\%) + 100 = \frac{W_h}{W_s} \times 100$$

$$W_s = \frac{W_h}{1 + \omega(\%)/100} = \frac{254,80}{1 + 14,28/100} = 222,96 \text{ N}$$

- Peso del agua en toda la muestra extraída de suelo.

$$W_\omega = W_h - W_s = 254,80 - 222,96 = 31,84 \text{ N}$$

d) Volumen de la parte sólida de toda la muestra obtenida.

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

$$\gamma_w = 10 \frac{kN}{m^3} \times \frac{1000 N}{1kN} \times \frac{1m^3}{1000000cm^3} = 0,01 N/cm^3$$

Resolver los puntos (e) a (j). -

### Ejercicio N° 11 (Ejercicio Propuesto)

El volumen de una muestra inalterada de arena obtenida de un depósito eólico o médano marino es de 3,7 litros y pesa húmeda 57,918 N. En el laboratorio se le hacen determinaciones obteniéndose:

a) Para determinar su humedad:

\_Peso húmedo más recipiente = 0,1355 N

\_Peso del recipiente = 0,04939 N

\_Peso seco más recipiente = 0,1175 N

\_Peso del recipiente = 0,0422 N

b) Para determinar el peso específico relativo de los sólidos se obtuvieron los resultados siguientes:

\_Peso del suelo seco = 0,343 N

\_Peso del matraz más agua = 4,254 N

\_Peso del matraz más suelo y agua hasta el mismo nivel de calibración = 4,471 N

c) La relación de vacíos en su estado más suelto,  $e_{max} = 1,20$

d) La relación de vacíos en su estado más compacto,  $e_{min} = 0,50$

Se desea obtener a partir de los resultados anteriores:

- 1) Porcentaje de humedad de la muestra.
- 2) Peso específico relativo de los sólidos.
- 3) Peso de los sólidos de la arena.
- 4) Peso del agua que contiene la muestra.
- 5) Volumen de la parte sólida de la muestra.

- 6) Volumen de vacíos en estado natural.
- 7) Porosidad en estado natural.
- 8) Grado de Saturación con la humedad que contiene.
- 9) Compacidad relativa de la arena en el depósito eólico.
- 10) Clasificación en cuanto a compacidad se refiere en estado natural.

### Ejercicio N° 12 (Ejercicio Propuesto)

Tras la compactación de un suelo arenoso se extrajo una muestra del mismo, resultando:

- Peso húmedo del material extraído: 8,771 N.
- Volumen del pozo ocupado por el material extraído: 426 cm<sup>3</sup>.
- Peso del material luego de secado el horno: 7,6342 N.

A continuación, se toman 3,92 N del suelo seco y se colocan en un recipiente en condiciones muy flojas de compactación y se observa que ocupan un volumen de 276 cm<sup>3</sup>.

Finalmente, ésta muestra es vibrada hasta obtener un volumen de 212 cm<sup>3</sup>.

Si el Peso Específico Relativo de los Sólidos del suelo es de 2,71, determinar la compacidad relativa con las dos fórmulas:

$$a) C_r = \frac{e_{max} - e_{nat}}{e_{max} - e_{min}}$$

$$b) C_r = \frac{\gamma_{smax}}{\gamma_{snat}} \times \frac{\gamma_{snat} - \gamma_{smin}}{\gamma_{smax} - \gamma_{smin}}$$

**Ejercicio N° 13**

Demostrar la siguiente igualdad:

$$\mathbf{Sr \cdot e = G \cdot \omega}$$

$$Sr = \frac{V_{\omega}}{V_v} \cdot 100$$

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$Sr \cdot e = \frac{V_{\omega}}{V_v} \cdot 100 \cdot \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_{\omega}}{V_s} \cdot 100$$

$$\gamma_{\omega} = \frac{W_{\omega}}{V_{\omega}} \rightarrow V_{\omega} = \frac{W_{\omega}}{\gamma_{\omega}} \rightarrow Sr \cdot e = \frac{W_{\omega}}{\gamma_{\omega} \cdot V_s} \cdot 100$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \rightarrow V_s = \frac{W_s}{\gamma_s} \rightarrow Sr \cdot e = \frac{W_{\omega} \cdot \gamma_s}{\gamma_{\omega} \cdot W_s} \cdot 100 = \frac{W_{\omega} \cdot W_s}{\gamma_{\omega} \cdot W_s \cdot V_s} \cdot 100$$

Y como en:

$$Sr \cdot e = \frac{W_{\omega} \cdot W_s}{\gamma_{\omega} \cdot W_s \cdot V_s} \cdot 100$$

$$\frac{W_s}{\gamma_{\omega} \cdot V_s} = G$$

$$\frac{W_{\omega}}{W_s} \cdot 100 = \omega (\%)$$

Resulta efectivamente que:

$$\mathbf{Sr \cdot e = G \cdot \omega}$$

**Ejercicio N° 14 (Ejercicio Propuesto)**

Hallar las siguientes expresiones del peso específico de una muestra húmeda:

$$\text{a) } \gamma_{hum} = \frac{G + Sr \cdot e}{1 + e} \cdot \gamma_w$$

$$\text{b) } \gamma_{hum} = \frac{G}{1 + e} \cdot (1 + \omega/100) \cdot \gamma_w$$

**Ejercicio N° 15 (Ejercicio Propuesto)**

Demostrar las siguientes expresiones:

$$\text{a) } \gamma_d = G \times \frac{\gamma_w}{1 + e}$$

$$\text{b) } \gamma_d = G \times \frac{\gamma}{1 + \omega}$$