

## **DETERMINACION DE LAS RELACIONES VOLUMÉTRICAS DE LOS SUELOS**

### I. **GENERALIDADES:**

La determinación de las relaciones volumétricas de los suelos son importantísimas, para el manejo compresible de las propiedades mecánicas de los suelos y un completo dominio de su significado y sentido físico; es imprescindible para poder expresar en forma asequible los datos y conclusiones de la Mecánica de Suelos. Su determinación es, en principio muy sencilla pero se experimenta considerable dificultad cuando se refiere absoluta exactitud, es necesario un estudio cuidadoso de todo los aspectos y observaciones.

Se entiende por Relaciones Volumétricas, las relaciones de volúmenes como:

- a) Relación de Vacío “e”. Se llama Relación de Vacíos, Oquedad o Índice de poros a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo

$$e = \frac{Vv}{Vs} \quad (1)$$

La cual puede variar de cero hasta infinito, en la práctica no suele hallarse valores menores de 0.25 (arenas muy compactas con finos) ni mayores de 15, en caso de arcillas comprensibles.

- b) Porosidad “n”. Es la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa. Se expresa como porcentaje o al tanto por uno.

$$n = \frac{Vv}{Vm} \times 100 \quad (2)$$

Esta relación puede variar de 0 (en un suelo ideal con solo fase sólida a 100 (espacio vacío). Los valores reales suelen oscilar entre 20% y 95%

- c) Grado de Saturación. Es la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos. Se expresa en porcentaje o al tanto por uno.

$$Sw = \frac{Vw}{Vv} \times 100 \quad (3)$$

Varía de cero (Suelo Seco) a 100% (Suelo totalmente saturado).

En las fórmulas anteriores:

- Vv : Volumen de vacío  
Vw : Volumen de agua  
Vs : Volumen de los sólidos  
Vm : Volumen de la muestra

## II. OBJETIVO DE LA PRUEBA

- Determinar el valor numérico de las relaciones de volúmenes en base a lo datos de las dos pruebas anteriores (humedad y gravedad específica)

## III. FORMULACION TEORICA DEL CALCULO

### 3.1 Relación de Vacío

Los cálculos son usualmente obtenidos de observaciones experimentales, el volumen de la muestra (vm), el peso seco (Ws) de la muestra y la gravedad específica de los sólidos (Gs), se obtiene del ensayo.

$$e = \frac{Vv}{Vs} = \frac{Vm}{Vs} = \frac{Vs}{Vm} = \frac{1}{w}$$

$$e = \frac{Vs}{Gs} = \frac{Ws}{Gs \cdot w} = \frac{Ws}{W_s} \quad (4)$$

También puede demostrarse fácilmente que la relación de vacío se puede expresar como:

$$e = w \cdot Gs \quad (\text{para suelos saturados}) \quad (5)$$

Donde  $w$  es la humedad al tanto por uno.

Por medio de la Ec. 5, será posible determinar la relación de vacío de una muestra la cual estará saturada inicialmente, si los pesos del agua y suelos en la muestra son conocidas. Sin embargo la exactitud de dicha terminación dependerá grandemente en la exactitud del valor usado en el grado de saturación.

### 3.2 Porosidad $n$ .

Este valor generalmente se determina en el Laboratorio si se conocen las relaciones de volúmenes en caso contrario se utiliza la correlación existente entre Relación de Vacío y Porosidad.

$$n = \frac{Vv}{Vm} - \frac{e}{1-e} \quad (6)$$

o en base a la gravedad específica y el volumen de la muestra.

### Grado de Saturación $Sw$

El grado de saturación de un suelo se puede calcular a partir de la ecuación (5) que transformándola sería:

$$e = \frac{Vv}{Vs} - \frac{Vm - Vs}{Vs} - \frac{Vm}{Vs} - 1$$

$$Vs = \frac{W_s}{G_s w};$$

$$S_w = \frac{V_w}{V_v} - \frac{V_w/V_s}{V_v/V_s} - \frac{V_w/V_s}{e}; V_s = \frac{W_s}{G_s w}$$

$$S_w = \frac{\frac{V}{W_s}}{V_w} - \frac{G_s x w}{W_s}$$

Pero  $\Rightarrow V_w = \frac{W_w}{w}$ , por tanto

$$S_w = \frac{\frac{W_w}{w} x \frac{G_s x w}{W_s}}{e}$$

$$S_w = \frac{\frac{W_w}{w} x G_s}{e}$$

$$S_w = \frac{w x G_s}{e}$$

Donde;

- $W$  : Humedad del suelo al tanto por uno
- $G_s$  : Gravedad específica de los sólidos
- $e$  : Relación de vacíos

En el inciso 3.1 vimos el modo de determinar “ $e$ ”, con la Gravedad específica ( $G_s$ ) de la segunda práctica de laboratorio.

### Equipo:

Balanza de 0.01 gr. de aproximación, parafina, taras, hornos, cocina, cesta de alambre para balanza hidrostática, cápsula de vidrio, plaquitas enrazadoras.

### Procedimiento:

Existen diferentes métodos para determinar en el Laboratorio las relaciones de volúmenes.

## Método A.

### Por moldeo de un volumen conocido de una muestra inalterada

1. Moldee un espécimen de forma y dimensiones conocidas ya sea cilíndrica o rectangulares.
2. Mida las dimensiones del espécimen y calcule el volumen del mismo ( $V_m$ ).
3. Pese en una balanza la muestra y anote su peso ( $W_m$ ).
4. De la parte central del espécimen se toma una muestra para determinación del contenido de humedad.
5. Calcule el contenido de humedad ( $W$ ).
6. Calcule la  $e$ ;  $n$ ;  $W_s$ ;  $S_w$  con las formulas siguientes.

$$W_s = \frac{W_m}{1 - W}$$
$$e = \frac{G_s}{W_s} \frac{V_m}{1 - W}$$
$$n = \frac{e}{1 - e} \times 100$$
$$S = \frac{G_s \times w}{e} \times 100$$

Donde;

$W_s$	= Peso de las partículas sólidas.
$e$	= Relación de vacíos.
$W_m$	= Peso de la muestra.
$\delta_w$	= Peso específico del agua a temperatura de ensaye.
$w$	= Contenido de humedad.
$V_m$	= Volumen de la muestra.
$\%n$	= Porcentaje de porosidad.
$S_w$	= Grado de saturación

## Método B.

### Por medio de la Balanza Hidrostática

1. Tome una muestra inalterada representativa del suelo a muestrear.
2. Pese la muestra y anote su peso ( $W_m$ ) = A
3. Recubra la muestra con parafina hasta que quede completamente impermeable.
4. Pese la muestra con parafina y anótese su peso (B).

5. Introduzca la muestra en la cesta y tome el peso sumergido de la muestra más parafina ( C ).
6. De la parte central del espécimen tome una muestra para determinación del contenido de humedad.
7. Calcule las relaciones con las siguientes formulas.

$$V' \frac{B - C}{w}$$

Donde;

$V'' \frac{B - W_m}{\text{Parafina}}$	$V'$	= Volumen de la muestra más parafina.
	$V''$	= Volumen de la parafina.
	$V_m$	= Volumen de la muestra.
$V_m = V' - V''$	$B$	= Peso de la muestra más parafina.
	$C$	= Peso de la muestra más parafina sumergido.
	Parafina	= Peso específico de la parafina.
$W_s \frac{W_m}{1 - w}$	$w$	= Peso específico del agua.

$$e = \frac{G_s w V_m}{W_s} - 1$$

$$\%n = \frac{e}{1 - e} \times 100$$

$$S_w = \frac{G_s \cdot W}{e} \times 100$$

### Método C.

#### Por medio de un peso de Mercurio desplazado

1. Tome una muestra inalterada de tamaño pequeño y determine su peso  $W_m$ .
2. Llene de mercurio una cápsula de vidrio de forma y dimensiones conocidas, con las plaquitas de vidrio enrase el mercurio, anotando el peso del mercurio más la cápsula (L).
3. Introduzca la muestra en la cápsula de vidrio que contiene el mercurio, y con las plaquitas de vidrio presionándola, remueva el exceso de mercurio que es desplazado.

- Retire la muestra de la cápsula, anotando el nuevo peso de la cápsula más el mercurio (S).
- Introduzca la muestra en el horno y determine su peso seco (Ws)

$$Vm = \frac{L - S}{mercurio}$$

$$Ws = \frac{Wm}{w}$$

Donde:

$$e = \frac{1 - w}{\frac{Gs \times w \times Vm}{Ws} - 1}$$

$L$  = Peso del mercurio más la cápsula de vidrio.  
 $S$  = Peso del mercurio más la cápsula después de retirar la muestra.

$\Gamma$  mercurio = Peso específico del mercurio.

$$\%n = \frac{e}{1 - e} \times 100$$

$$S = \frac{Gs \times e}{w} \times 100$$



