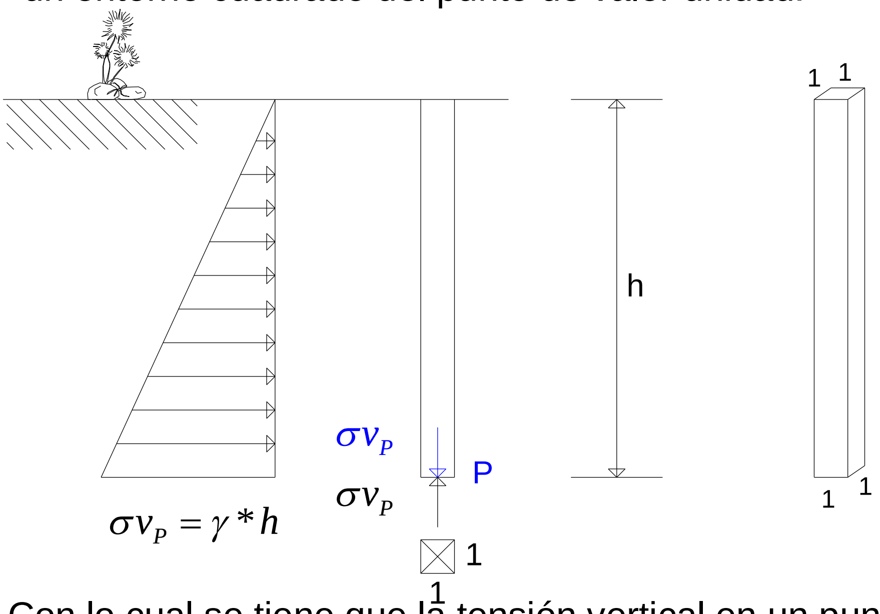
Lección 1: Tensiones verticales en los suelos.

Tensión vertical en un punto del terreno.

La tensión vertical en un punto cualquiera "P" de un suelo a una profundidad «h» es el peso de la columna de terreno existente por encima de ese punto. Considerando un entorno cuadrado del punto de valor unidad.



Denominando "γ "

el peso específico del suelo en estado natural:

$$\sigma v_P = \frac{\gamma * (1*1*h)}{(1*1)} = \gamma * h$$

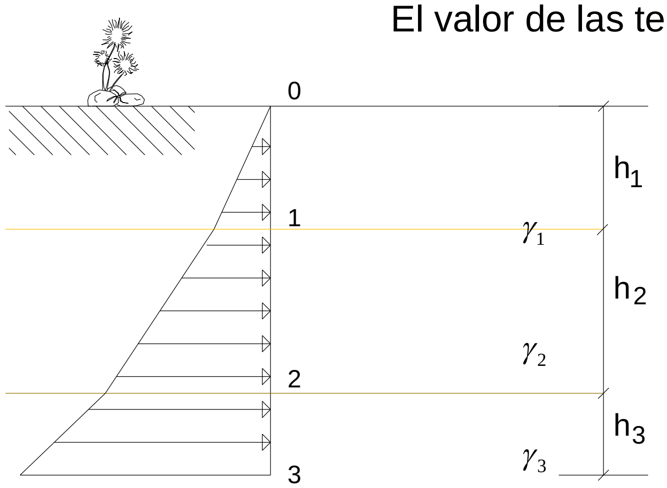
Con lo cual se tiene que la tensión vertical en un punto de un suelo es igual al peso específico del mismo por la profundidad "h" del punto.

La ley de presiones verticales para una profundidad "z" es lineal: $\boxed{\sigma v = \gamma * z}$

Tensión vertical con terrenos estratificados.

Normalmente, en la naturaleza los terreno no son homogéneos sino que se encuentran estratificados, variando los pesos específicos de cada estrato.

El valor de las tensiones verticales en los puntos: 0, 1 2,3.



$$\sigma v_0 = 0$$

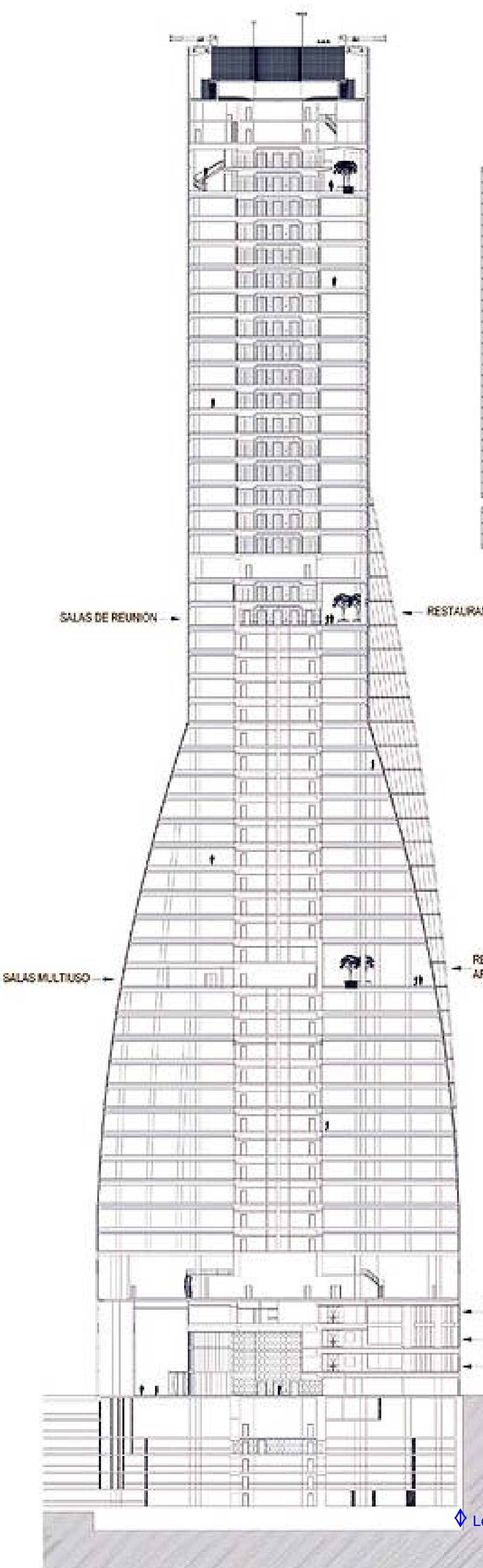
$$\sigma v_1 = 0 + (\gamma_1 * h_1)$$

$$\sigma v_2 = (\gamma_1 * h_1) + (\gamma_2 * h_2)$$

$$\sigma v_3 = (\gamma_1 * h_1) + (\gamma_2 * h_2) + (\gamma_3 * h_3)$$

Como se puede observar la ecuación de las tensiones verticales ya no es una recta de pendiente constante sino que la pendiente va variando, al pasar por los distintos estratos en función de su peso específico .

Torre Espacio (2004 – 2007) paseo de la Castellana nº 259 D Madrid.



224,2 m.

(56 plantas)

18,4 m.

(6 plantas)

Losa cimentación, espesor 4 m (asiento máximo previsto 6 cm.)

Arq: Henry N. Cobb **(Pei** Cobb Freed & Partners) construye **OHL**

Tomás Cabrera (U.P.M.)

Principio de las tensiones efectivas. Ley de Terzaghi.

Los suelos son un sistema trifásico: tierra, aire, agua, en equilibrio. Existen partículas sólidas con huecos que pueden estar o no rellenos total o parcialmente de agua..

El peso específico de una muestra de terreno varia en función de la humedad:

Terreno seco.(pierde prácticamente toda humedad)

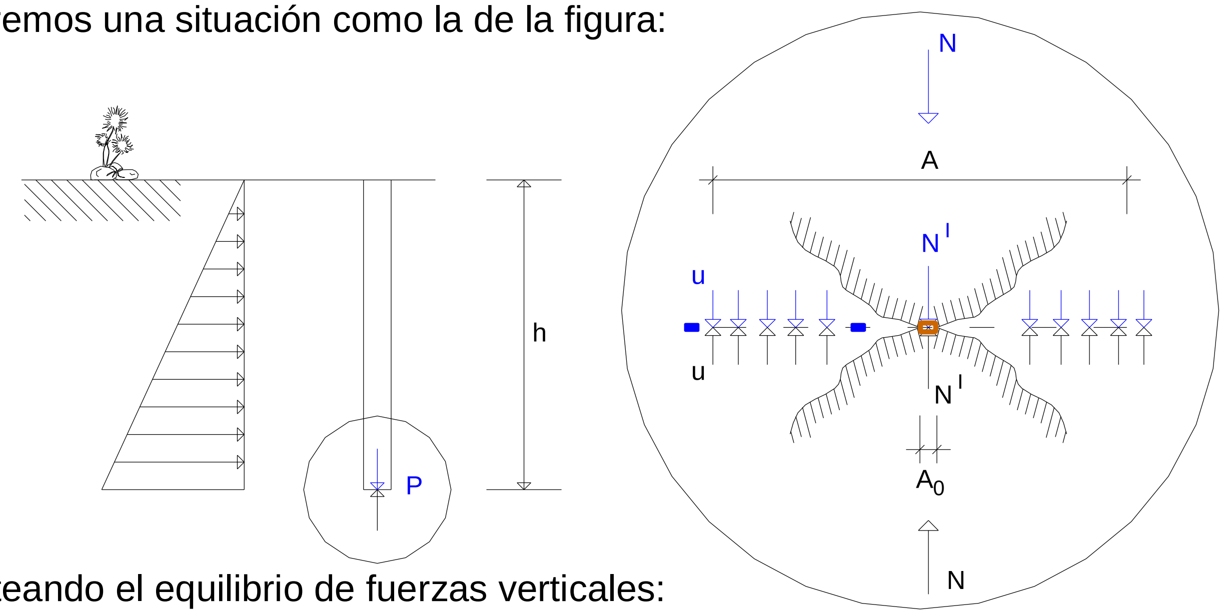
Terreno con humedad natural.

Terreno saturado. (todos sus huecos están rellenos de agua).

Terreno saturado y sumergido.(terreno por debajo del nivel freático.

Estudiemos el caso de un suelo saturado.

Para un punto "P" dando un corte vertical en su estructura interna del suelo, tendremos una situación como la de la figura:



Planteando el equilibrio de fuerzas verticales:

La fuerza total normal "N" que actúa sobre la superficie "A", será igual a la suma de las fuerzas intersticiales "**u**" del agua que satura el suelo y la fuerza normal que se transmite en el contacto entre los granos:

$N = N' + u * (A - A_0)$ Tensión Intersticial = **u**

Dividiendo por el área "A" para pasar a tensiones: $\dfrac{N}{A} = \dfrac{N'}{A} + u\left(1 - \dfrac{A_0}{A}\right)$

Por la diferencia de tamaños, **introducimos la simplificación**: $\dfrac{A_0}{A} \simeq 0$

Entonces la **Tensión Total** (bruta) es: $\sigma = N / A$

Y la **Tensión Efectiva** (bruta) es: $\sigma' = N' / A$

Puede escribirse: $\sigma' = \sigma - u$ y también: $\boxed{\sigma = \sigma' + u}$

Que es la "Ley de Terzaghi"

Presiones en C.T.E.

CTE sigue utilizando los conceptos clásicos de tensiones totales y efectivas.

En el estudio de la cimentación de un edificio la presión inicial en el terreno a la profundidad del plano de cimentación se denomina **(q o).**

Se diferencia, ahora, entre tensiones o presiones brutas y netas como sigue:

Presión **total bruta** = **q b**

Presión **efectiva bruta** = (q' b) = q b – u

Presión total **neta** = **q neta = q b – q o**

Presión efectiva **neta** = **q´ neta = q b´– q o´**

q neta = (qb) – qo = (q´b +u) – qo =(q´neta + qo´)+ u – qo= **q´neta** +(qo – u) + u – qo
(q neta) = Presión total **neta =…………………………………..=** Presión efectiva **neta** = (q' neta)

Para mayor claridad se reproduce a continuación el apartado 4.3.1.1 Definiciones del CTE (2009)

IMPORTANTE : Sólo las presiones NETAS → asientos

4.3.1 Generalidades

4.3.1.1 Definiciones

1 En este DB se emplean los siguientes términos en cuanto a la identificación de las presiones en relación con los principios clásicos de la mecánica del suelo: (véase Figura 4.11):

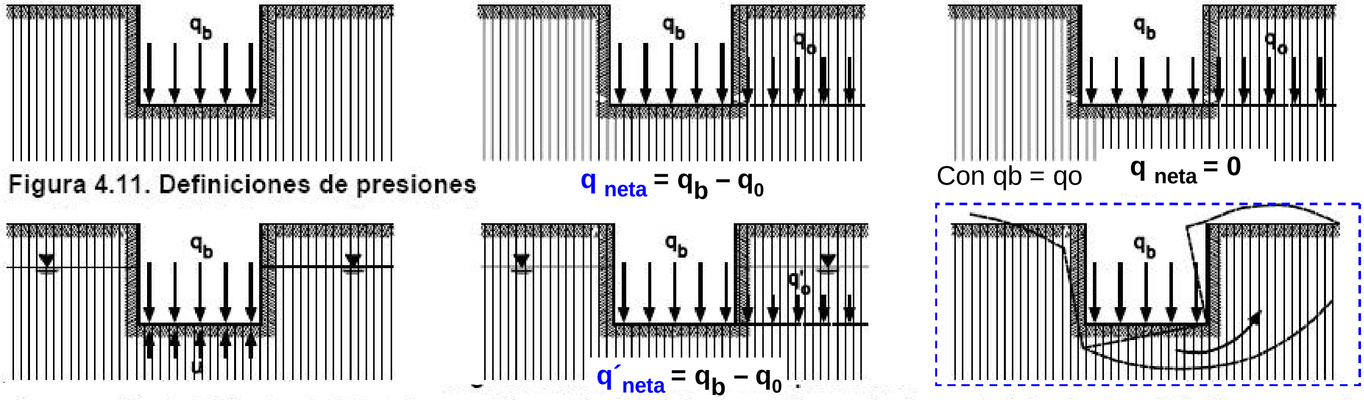


Figura 4.11. Definiciones de presiones

a) presión total bruta (q_b): Es la presión vertical total que actúa en la base del cimiento, definida como el cociente entre la carga total actuante, incluyendo el peso del cimiento y aquello que pueda gravitar sobre él, y el área equivalente del cimiento (véase 4.3.1.3);

b) presión efectiva bruta (q'_b): Es la diferencia entre la presión total bruta y la presión intersticial de equilibrio, (u), al nivel de la base del cimiento;

c) presión total neta (q_{neta}): Es la diferencia entre la presión total bruta (q_b) y la presión vertical total existente en el terreno (q_0) al nivel de la base del cimiento (sobrecarga que estabiliza lateralmente el cimiento). La presión total neta (q_{neta}) es por tanto, el incremento de presión vertical total a que se ve sometido el terreno por debajo del cimiento debido a las cargas de la cimentación;

d) presión efectiva neta (q'_{neta}): Es la diferencia entre la presión efectiva bruta (q'_b) y la presión efectiva vertical (q'_0) al nivel de la base del cimiento, debida a la sobrecarga. La presión total neta es igual a la efectiva neta ($q_{neta}=q'_{neta}$);

e) presión vertical de hundimiento (q_h, q'_h): Es la resistencia característica del terreno R_K, definida tal como se indica en el apartado 2.4.2.6, para el estado límite último de hundimiento. Puede expresarse en términos de presiones totales o efectivas, brutas o netas;

f) presión vertical admisible (q_{adm}, q'_{adm}). Es el valor de cálculo de la resistencia del terreno (R_d). Puede expresarse en términos de presiones totales o efectivas, brutas o netas.

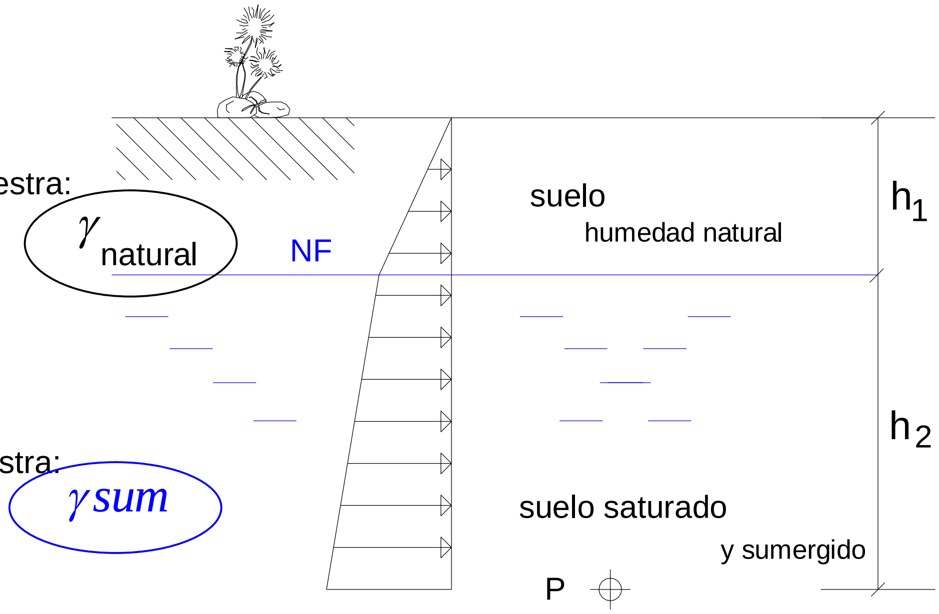
g) presión vertical admisible de servicio (q_s, q'_s): Es la presión vertical admisible de una cimentación teniendo en cuenta no sólo la seguridad frente al hundimiento, sino también su tolerancia a los asientos; por tanto igual o menor que la presión vertical admisible. Puede expresarse en términos de presiones totales o efectivas, brutas o netas.

Tensiones en un suelo con agua en reposo

En ocasiones el terreno presenta un nivel freático superficial que afecta a nuestra excavación.

Tensiones verticales en un suelo con nivel freático intermedio.

En la figura siguiente aparece un nivel freático intermedio, a una determinada profundidad "h1".



El cálculo de las tensiones verticales es distinto por encima y por debajo del nivel freático (NF).

1º/ Por encima del (NF), se calculará la tensión vertical en función del peso específico aparente del suelo " γ ", bien sea seco, con humedad natural, o en su caso saturado por capilaridad. (recordar que la densidad aparente de un suelo toma usualmente valores entre 1,50 y 2,25 kg / dm^3).

Además la presión del agua será nula: **u** = 0

Las tensiones total y efectiva se igualan en este caso: $\boxed{\sigma v = \sigma' v = \gamma * z}$

2º/ Por debajo del (NF), para un punto "P" se calcula la tensión efectiva aplicando el principio de las tensiones efectivas, es decir, por diferencia entre la tensión total y la presión del agua: $\boxed{\sigma v = (h_1 * \gamma) + (h_2 * \gamma sat)}$

La presión del agua es: $u = h_2 * \gamma_W$

La tensión efectiva por diferencia: $\sigma' v = \sigma v - u = (h_1 * \gamma) + (h_2 * \gamma sat) - (h_2 * \gamma_W)$

$$= (h_1 * \gamma) + h_2(\gamma sat - \gamma_W) = \boxed{(h_1 * \gamma) + h_2(\gamma sum)}$$

Ahora en este otro caso:

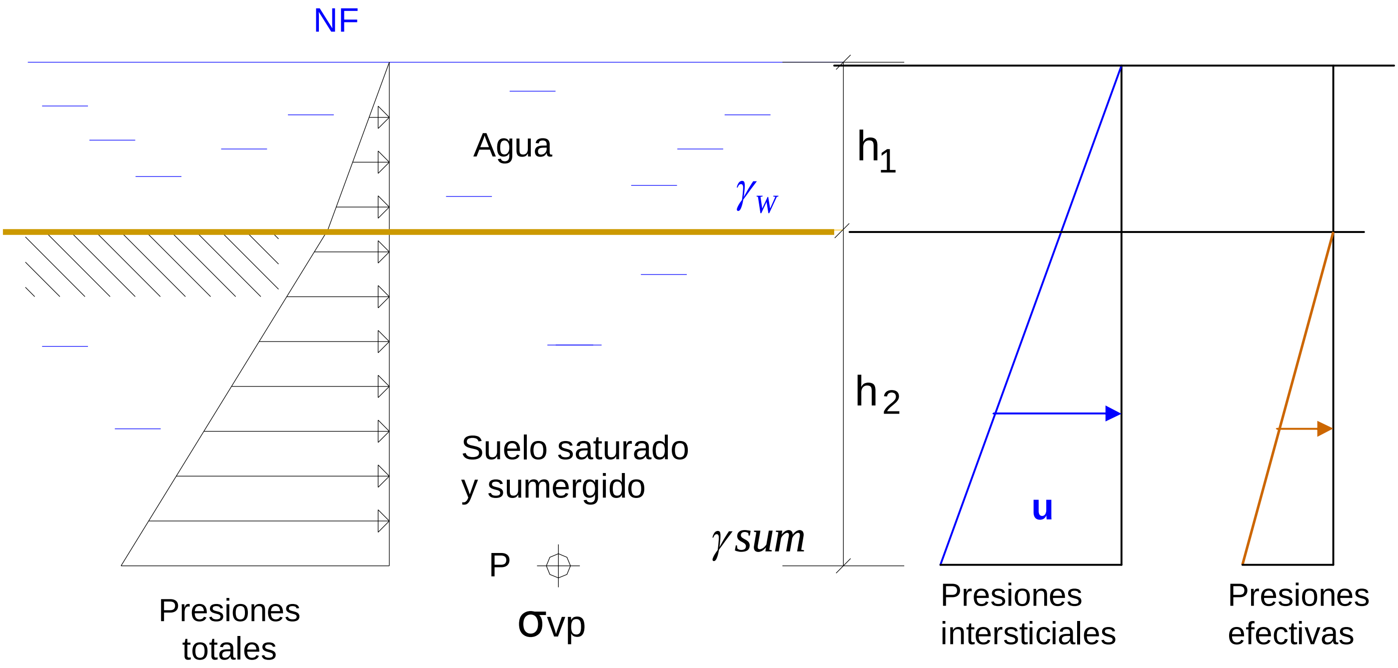
$$\boxed{\sigma v = \sigma' v + u = (h_1 * \gamma) + h_2(\gamma sum) + u}$$

Tensiones en un terreno sumergido con agua en reposo

El nivel freático está por encima del terreno natural.

Tensiones verticales en un terreno sumergido.

En la figura siguiente aparece un suelo inundado por una altura de agua “h1”.



En el punto “P” del terreno la tensión total vertical es: $\sigma v_P = \left[(h_1 * \gamma_W) + (h_2 * \gamma sat)\right]$

La presión del agua o presión intersticial es: $u = (h_1 + h_2) * \gamma_W$

Aplicando el principio de las tensiones efectivas: $\sigma' = \sigma - u$

$$\sigma' v = \left[(h_1 * \gamma_W) + (h_2 * \gamma sat)\right] - (h_1 + h_2) * \gamma_W$$

$$\sigma' v = \cancel{(h_1 * \gamma_W)} + (h_2 * \gamma sat) - \cancel{(h_1 * \gamma_W)} - (h_2 * \gamma_W)$$

Finalmente, en tensiones efectivas:

$$\sigma' v = h_2 * (\gamma sat - \gamma_W) = \boxed{h_2 * \gamma sum}$$

En tensiones totales:

$$\sigma v = \sigma' v + u = h_2 * (\gamma sat - \gamma_W) + u = (h_2 * \gamma sum) + u$$