

## **PRACTICA 2: ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN ARENA DENSA Y SUELTA.**

### **1.- Introducción.**

En el aparato de corte directo se intenta conseguir la rotura de una muestra según un plano predeterminado, con el fin de poder conocer experimentalmente los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento que nos definen la resistencia del suelo granular.

### **2.- Materiales y métodos.**

El aparato de corte directo consta de una semicaja inferior y otra superior, móviles una respecto de la otra, entre las que se coloca la muestra de suelo, la cual evita el contacto de las dos semicajas.

Las semicajas están provistas de unas chapas dentadas para asegurar una buena adherencia con la muestra.

La semicaja superior consta de un marco y de una tapadera que actúa de pistón para aplicar fuerzas verticales mediante pesos colocados en el aparato. La disposición de comparadores entre el pistón y el marco permiten medir las variaciones de altura.

En el ensayo se comienza por aplicar una carga vertical de compresión (P), leyéndose las deformaciones verticales con el cuadrante correspondiente. A continuación, se introducen esfuerzos horizontales (Q), según el plano de separación de las dos armaduras, que debe coincidir sensiblemente con el plano horizontal, y se anotan las deformaciones horizontales producidas.

Puesto que la muestra rompe por el plano horizontal, las tensiones en dicho plano proporcionan un punto de la curva de resistencia.

Se repiten tres (6) veces cada ensayo los dos tipos de arena; tres (3) con muestra “densa” (mediante un cilindro que “compacta la muestra”) y tres (3) con muestra “suelta”, obteniendo varios puntos de rotura, sobre los que se ajusta una recta cuya pendiente y ordenada en el origen representan el ángulo de rozamiento. A su vez se incrementan las pesas ( se colocan 10 kg equivalentes a 50 kPa, 20 kg equivalentes a 100 kPa y 40 kg equivalentes a 200 kPa).

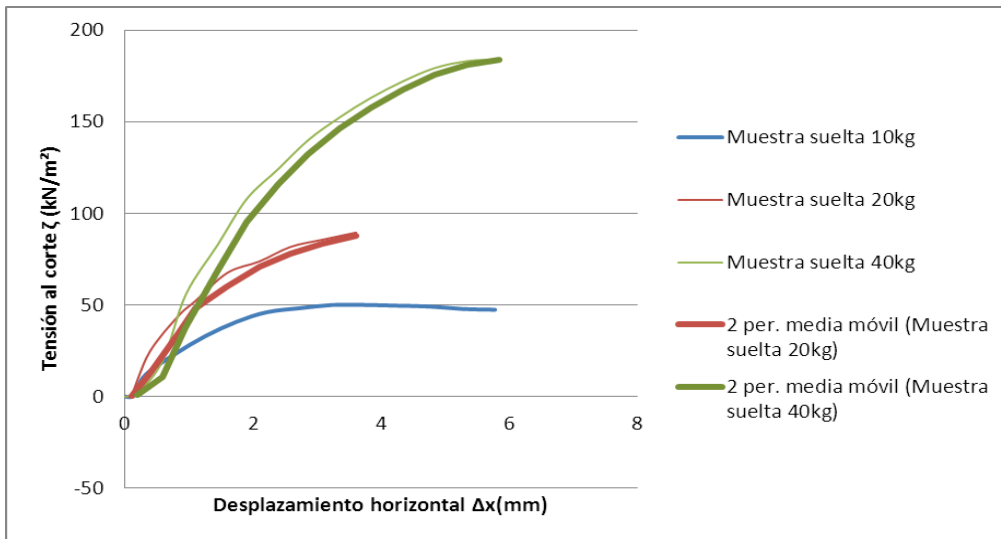
### **3.- Resultados.**

Se realizan ensayos a dos tipos de arena: arena de Calblanque y Arena de las Minas de la Unión.

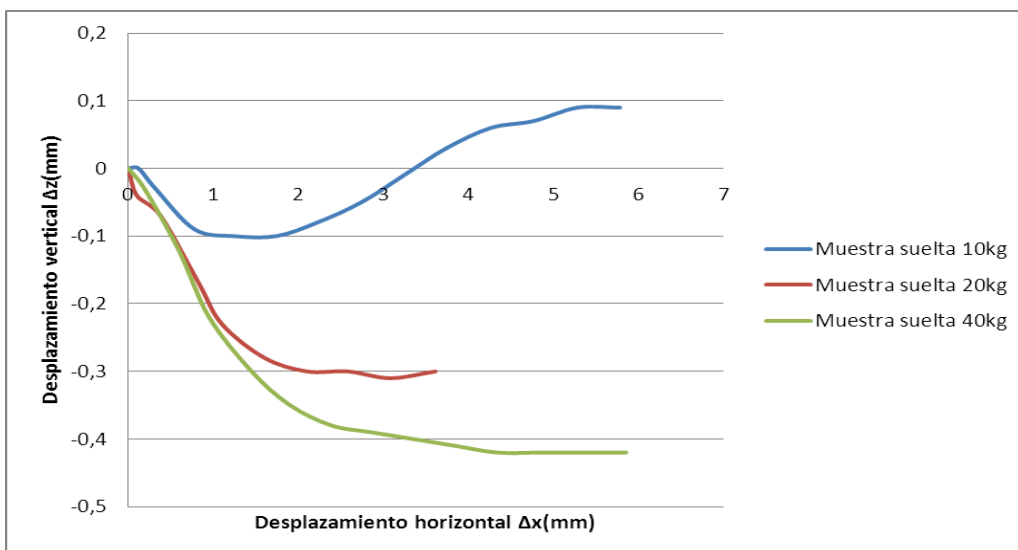
## PRACTICA 2 . ENSAYO AL CORTE DIRECTO

Los resultados obtenidos de un ensayo de corte directo sobre una arena permiten comprender bastante bien su comportamiento a corte. Dichos resultados se plasman en los gráficos. Podemos obtener resistencia al corte no drenada ( $S_u$ ). Se produce una deformación, llega un punto en que la deformación es constante.

### MUESTRA ARENA N° 1 (arena de Calblanque)



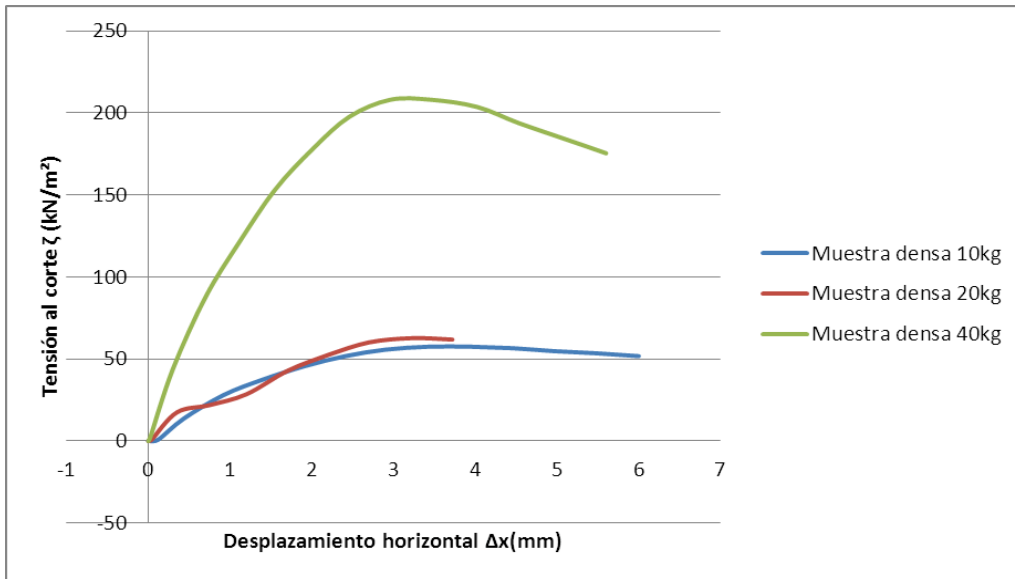
En esta gráfica se analiza la respuesta tensión-desplazamiento horizontal. Se realiza un ajuste de la curva por dispersión (en Excel).



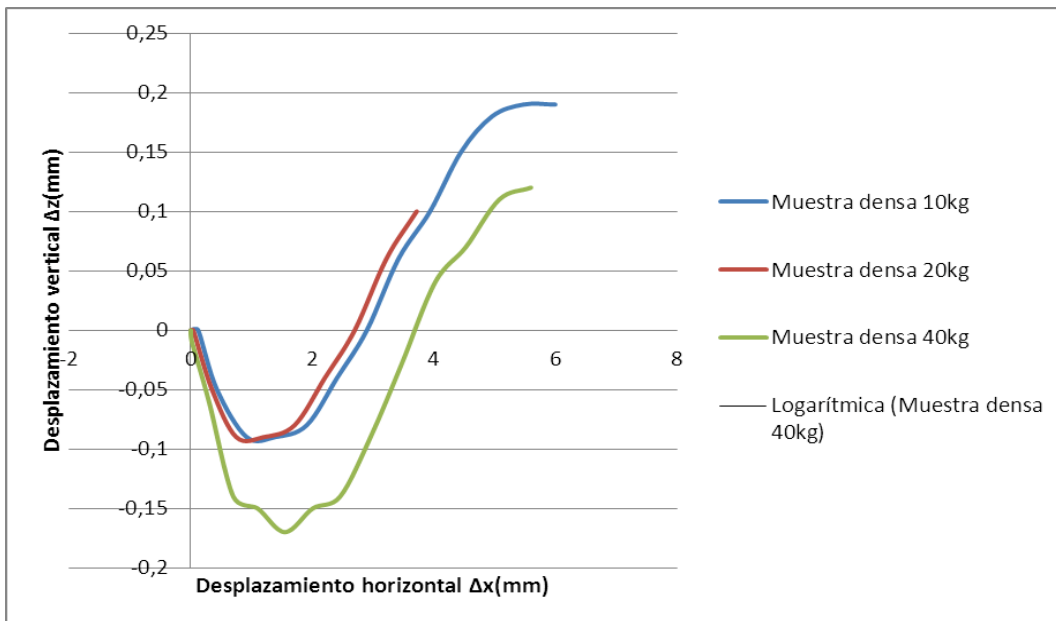
Análisis del cambio volumétrico.

**Gráfica1 y 2: resultado del ensayo de corte directo en Arena Tipo 1.(Muestra "suelta")**

## PRACTICA 2 . ENSAYO AL CORTE DIRECTO

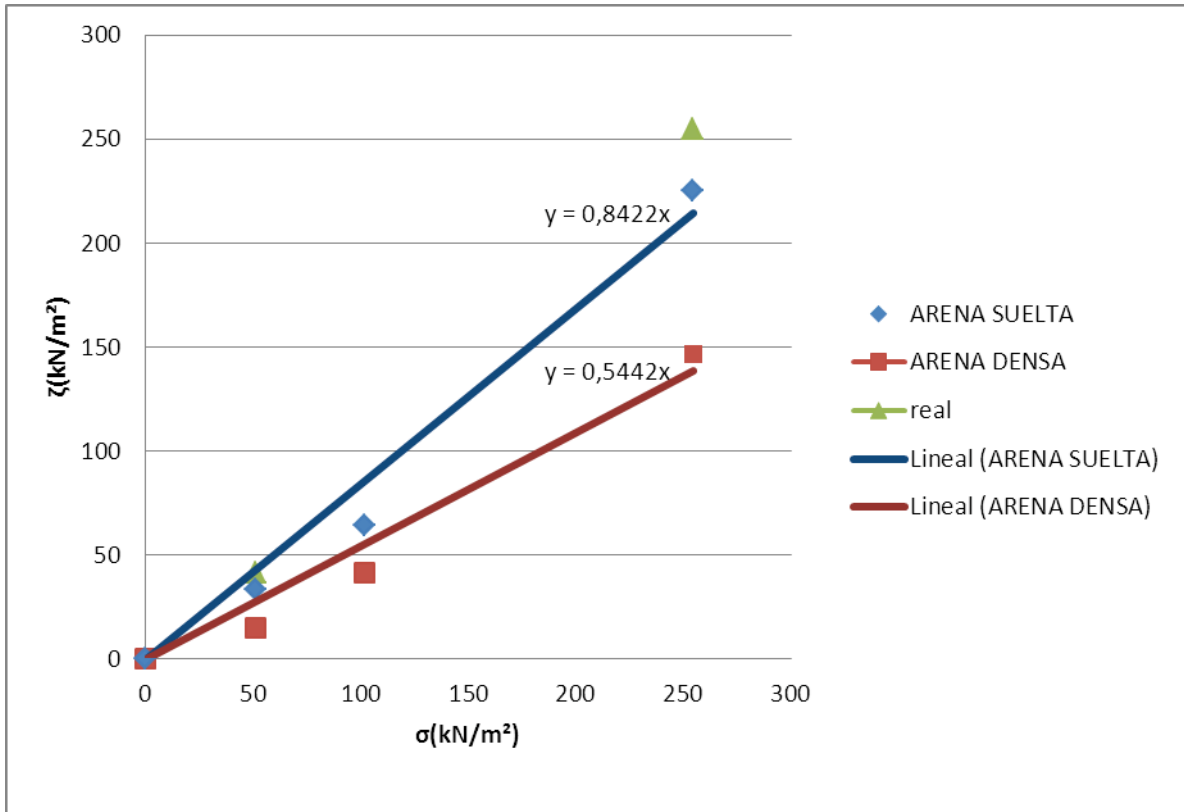


En esta gráfica se analiza la respuesta tensión-desplazamiento horizontal.



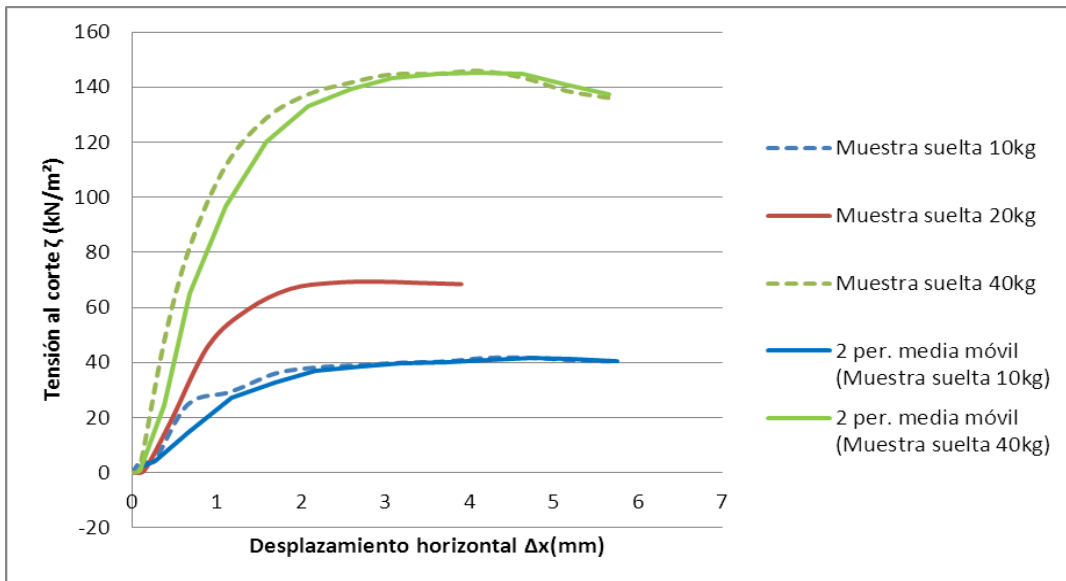
Análisis del cambio volumétrico.

**Gráficas 3 y 4: resultado del ensayo de corte directo en Arena Tipo 1.(Muestra “densa”):**

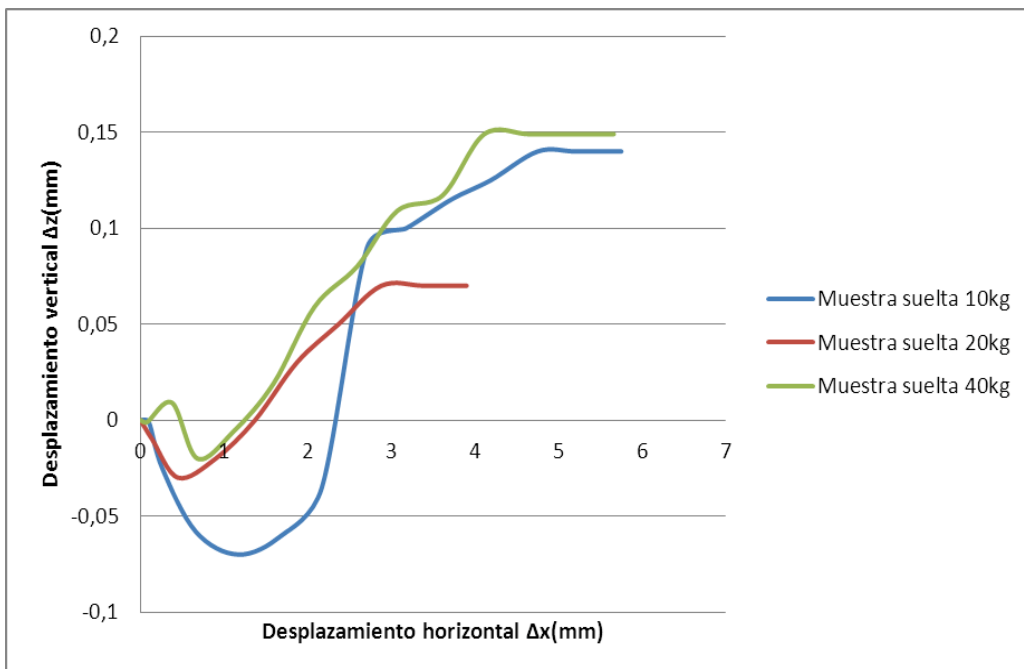


Gráfica 5: relación tensión al corte-tensión efectiva normal (Arena Tipo 1):

**MUESTRA ARENA N° 2 (arena de Calblanque)**



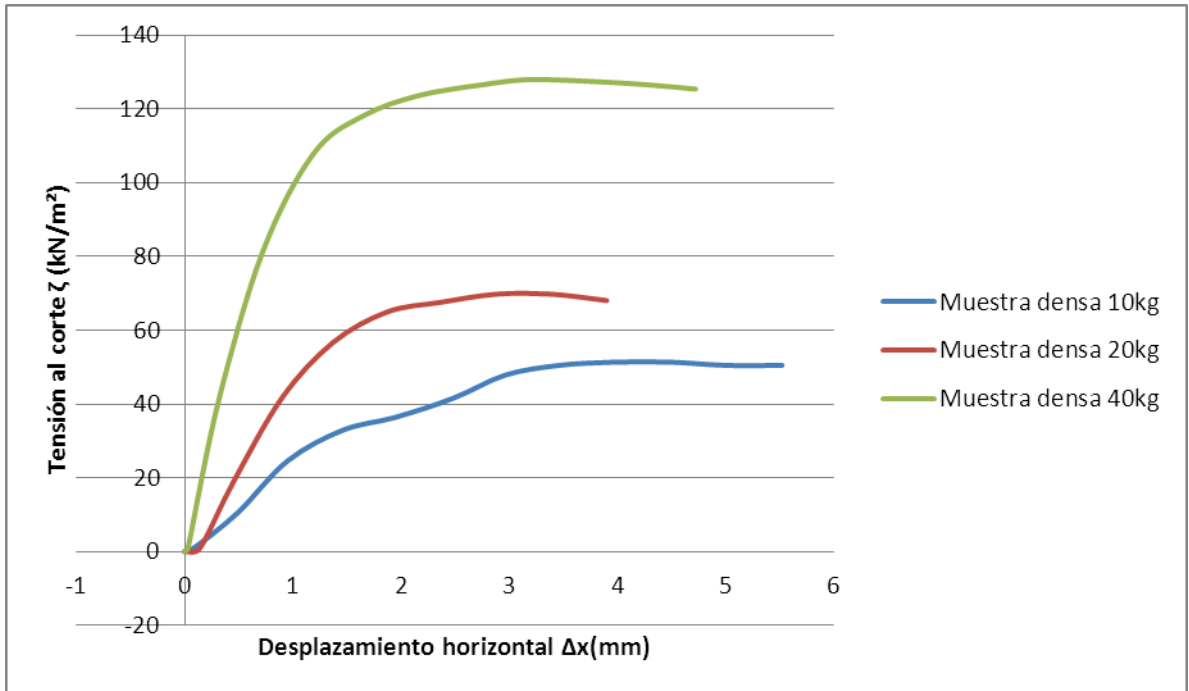
En esta gráfica se analiza la respuesta tensión-desplazamiento horizontal. Se realiza un ajuste de la curva por dispersión (en Excel).



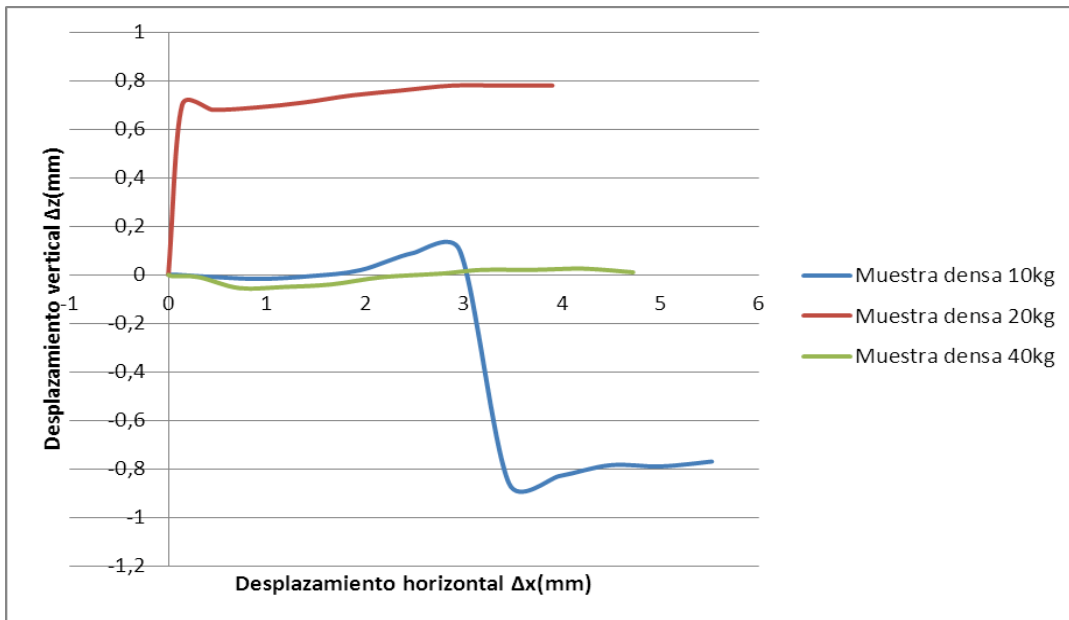
Análisis del cambio volumétrico.

**Gráficas 6 y 7: resultado del ensayo de corte directo en Arena Tipo 2.(Muestra “suelta”):**

## PRACTICA 2 . ENSAYO AL CORTE DIRECTO



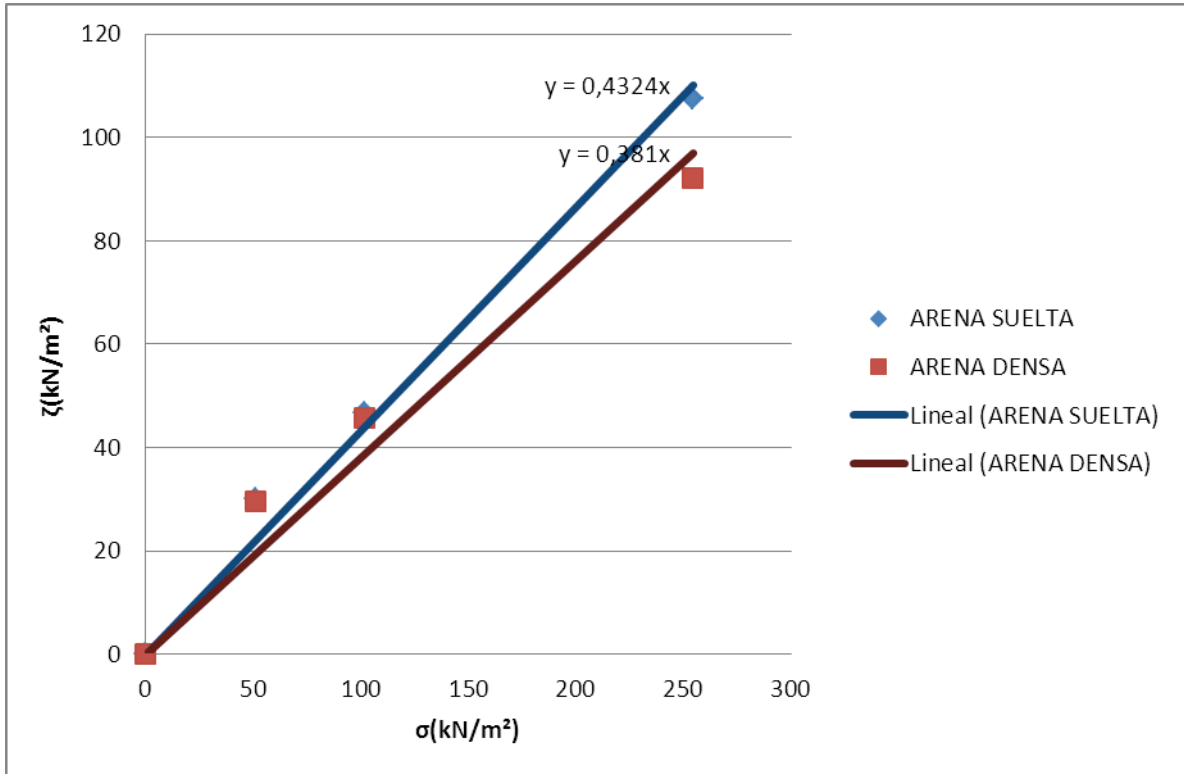
En esta gráfica se analiza la respuesta tensión-desplazamiento horizontal.



Análisis del cambio volumétrico

**Gráficas 8 y 9: resultado del ensayo de corte directo en Arena Tipo 2.(Muestra “densa”):**

PRACTICA 2 . ENSAYO AL CORTE DIRECTO



Gráfica 10: relación tensión al corte-tensión efectiva normal (Arena Tipo 2):

	kg	Tensión vertical	Tensión cortante max	Ángulo de resistecia al corte pico	Tensión cortante final	Ángulo de resistecia al corte crítico
<b>Arena suelta</b>	10	50,93	50,01	44,48	47,42	42,95
	20	101,86	91,32	41,88	86,02	40,18
	40	254,65	184,01	35,85	177,13	34,82
<b>Arena densa</b>	10	50,93	57,50	48,47	51,34	45,23
	20	101,86	62,75	31,63	49,15	25,76
	40	254,65	208,05	39,25	164,76	32,90

Al aumentar la tensión vertical sobre un elemento de suelo, el volumen del mismo disminuye aumentando su densidad (reduce su espacio de poro). Si se realiza un ensayo de corte tras la compresión, se observa un cambio volumétrico adicional. Conforme el desplazamiento horizontal se va produciendo, podemos observar en las gráficas que también hay un desplazamiento vertical. El movimiento horizontal nos representa la deformación al corte, y el movimiento vertical nos representa la deformación vertical.

**La magnitud de las deformaciones volumétricas asociadas a la deformación al corte son función de la densidad original del material: mayor densidad-mayor cambio volumétrico.**

Las curvas que se obtienen dependen enormemente de la relación de huecos existentes en la arena y de la presión de consolidación inmediatamente antes de aplicar el esfuerzo horizontal.

De las Gráficas 3 y 6 se puede obtener la línea de resistencia que al ser una arena debe carecer de cohesión, lo que nos daría una ecuación del tipo:  $y = u \cdot x$ , donde  $u = \tan \Phi$ , siendo  $\Phi$  el ángulo de fricción o resistencia al corte del suelo.

El ángulo de resistencia al corte obtenido en la arena suelta respecto a la arena densa, es mayor. Esto significa que para una misma tensión vertical efectiva, la resistencia al corte en la arena suelta es superior a la densa.

#### 4.- Discusión.

- En una arena “densa”, se obtienen las curvas tipo 2 y 5. El esfuerzo cortante alcanza un valor máximo, llamado “tensión de pico” y a continuación decrece tendiendo hacia una resistencia “residual” o “última”, esta resistencia última es la que se toma como la resistencia del material,  $t_f$ .

Durante el corte, se produce un aumento de volumen ya que los granos se encuentran tan imbricados que necesariamente tiene que desencajarse los unos a los otros para que se produzca un desplazamiento entre ellos. Este fenómeno se conoce como *dilatancia positiva*. Alcanzada la resistencia residual ya no se produce variación alguna de volumen.

- En una arena “suelta”, la resistencia no presenta máximo, creciendo asintóticamente hacia la “resistencia última”. Durante el corte la muestra disminuye de volumen (“dilatancia negativa”) hasta alcanzar el valor residual, a partir del cual ya no hay variación de volumen.

$$\text{Dilatancia} = \Delta z / \Delta x$$



### 5.- Conclusión.

En teoría, las resistencias residuales de una arena en estado denso y en estado suelto deben coincidir.

Dibujado el gráfico que relacione  $t$  con  $s$  podemos dibujar la línea de resistencia. Experimentalmente, no es una recta, presentando una cohesión muy pequeña, pero si se acepta el criterio de Mohr-Coulomb, la recta ajustada a la curva de resistencia pasa por el origen (cohesión nula) y tiene una pendiente (“ángulo de rozamiento efectivo”) igual a  $\phi$ .

La resistencia controla la estabilidad de un suelo, el estado límite último, es importante tener en cuenta la densidad y la tensión efectiva.

### 6.- Referencias.

Francisco A. Izquierdo Silvestre, Geotecnia y Cimientos. Departamento de Ingeniería del Terreno. Valencia.

Fdo.: M<sup>a</sup> Dolores Melgarejo Gil