

CONSTRUCCION DE LA MAQUINA PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS

ADRIANA DEL PILAR SOACHA ORTEGA*
JAVIER FERNANDO CAMACHO TAUTA**

1. RESUMEN

Este artículo presenta los resultados del Proyecto de Investigación Técnica realizado en la Facultad de Ingeniería bajo la dirección del Dr. Ingeniero Alvaro Correa Arroyave y cuyo objetivo general es el diseño y construcción del equipo de corte directo para suelos.

Se estudia el significado de la resistencia al corte en suelos y la importancia de los parámetros C y Φ en los modelos utilizados para el diseño de obras de ingeniería, en especial en el nivel de seguridad que se debe garantizar tanto en su construcción como durante su vida útil.

La confiabilidad de estos modelos dependen principalmente de la manera con que se desarrollan los ensayos de laboratorio, en donde se trata de simular en forma conveniente el comportamiento del suelo ante las sollicitaciones inducidas por el hombre o la misma naturaleza.

Se presentan las características básicas del equipo construido que cumplen con las normas internacionales ASTM-308072 e incorporan innovaciones que responden a las necesidades

*Ingeniera Civil de la Universidad Militar "Nueva Granada". Estudiante de Magister en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes.

** Ingeniero Civil de la Universidad Militar "Nueva Granada" Estudiante de Magister en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes.

observadas durante la investigación preliminar. Se efectuaron ejercicios de calibración cuyos resultados demuestran la idoneidad de este equipo de laboratorio.

2. INTRODUCCION

Dentro de las múltiples propiedades de los suelos desde el punto de vista de la Ingeniería Civil tiene gran importancia su comportamiento bajo la acción de cargas que hacen que se comporte como un material elástico que presenta esfuerzos y deformaciones.

La mayor parte de las fallas se producen por esfuerzos cortantes y por ende, la resistencia de un suelo a este esfuerzo constituye la característica fundamental a la que se liga la capacidad de los suelos para adaptarse sin fallar a cargas que actúen sobre ellos. El conocer las características del esfuerzo cortante es un prerequisite para la solución de muchos problemas en el campo de las cimentaciones y permite la elaboración de procedimientos prácticos para diseñar y predecir su funcionamiento bajo la acción de cargas reales.

Si una masa de suelo se somete a un esfuerzo de corte que excede su capacidad de resistencia, se produce un movimiento relativo a lo largo de un plano de falla. Las teorías de falla buscan definir cuales son las condiciones que hacen que se produzca la falla en un material. La forma general de estas teorías se expresa por medio de la ecuación de Coulomb:

$$T = C + \sigma \tan \phi$$

Donde:

- T : Resistencia al esfuerzo cortante en el momento de falla
- C : Cohesión del material
- σ : Esfuerzo normal al plano de falla
- ϕ : Angulo de fricción interna

El equipo de corte directo es útil para determinar el valor de la cohesión y el ángulo de fricción interna, los cuales se consideran válidos para una masa de suelo con características similares a las muestras ensayadas.

Los resultados de este ensayo son utilizados en el análisis y diseño de obras de ingeniería tales como en el cálculo de presiones de tierra contra estructuras de contención, en estabilidad de taludes y en la capacidad de soporte de los suelos de fundación, utilizando para ello expresiones y metodologías que involucran las variables C y ϕ .

3. OBJETIVOS

El objetivo general es construir y calibrar la máquina para el ensayo de corte directo en suelos. Para cumplir con este objetivo se trazaron los siguientes objetivos específicos.

- Sustentar la importancia que tienen los parámetros de corte en el análisis de las propiedades geomecánicas de los suelos.

- Presentar una información detallada de los tipos de ensayo que se realizan en la máquina de corte directo, para simular aproximadamente las condiciones bajo las cuales se encuentra la masa de suelo analizada.
- Elaborar el diseño de la máquina de corte directo de acuerdo con los requerimientos de los ensayos, las normas vigentes y las mejoras y alternativas de construcción.
- Construir la máquina de corte directo de acuerdo con el diseño.
- Calibrar el equipo mediante ensayos efectuados a varios tipos de suelo para garantizar su correcto funcionamiento.
- Presentar las conclusiones y recomendaciones pertinentes.
- Diseñar la guía de laboratorio para la utilización de la máquina

4. METODOLOGIA

El proceso de investigación partió de una recopilación detallada de la información relacionada con el tema y la observación de equipos existentes en otras universidades. Se llevó a cabo entrevistas con el personal que a diario utilizan estos equipos, con lo que se pudo apreciar las dificultades que se presentan en su manipulación.

De las actividades anteriores se observó la necesidad de mejorar el equipo para minimizar costos de operación y lograr un funcionamiento más versátil. Se plantearon alternativas de diseño para las principales partes que conforman el equipo.

Seleccionada la alternativa de diseño más conveniente se procedió a solicitar los materiales y a la fabricación del equipo. Se efectuaron los ajustes correspondientes a los mecanismos y se realizaron ensayos bajo diferentes condiciones de drenaje y tipo de suelo. Estos resultados se compararon con los obtenidos en las mismas condiciones en el equipo de corte directo del Instituto de Ensayos e Investigaciones de la Universidad Nacional.

Finalmente se preparó una guía de laboratorio para la correcta utilización del equipo construido.

5. DESCRIPCION DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

En la Figura 1 se presenta una vista general del equipo de corte directo, el cual está compuesto por:

- Estructura
- Banco de trabajo
- Motorreductor
- Variador electrónico
- Conjunto de pesas

Sobre el banco de trabajo está ubicada toda la instrumentación necesaria para la realización del ensayo. La Figura 2 muestra un acercamiento en el cual se aprecia de izquierda a derecha:

- Deformímetro horizontal

- Torre y balancín de contrapeso
- Sistema de cajas de corte en bronce
- Marco de carga
- Deformímetro vertical
- Anillo de carga
- Mecanismo reductor de velocidad



FIGURA 1 Equipo para el ensayo de corte directo en suelos.

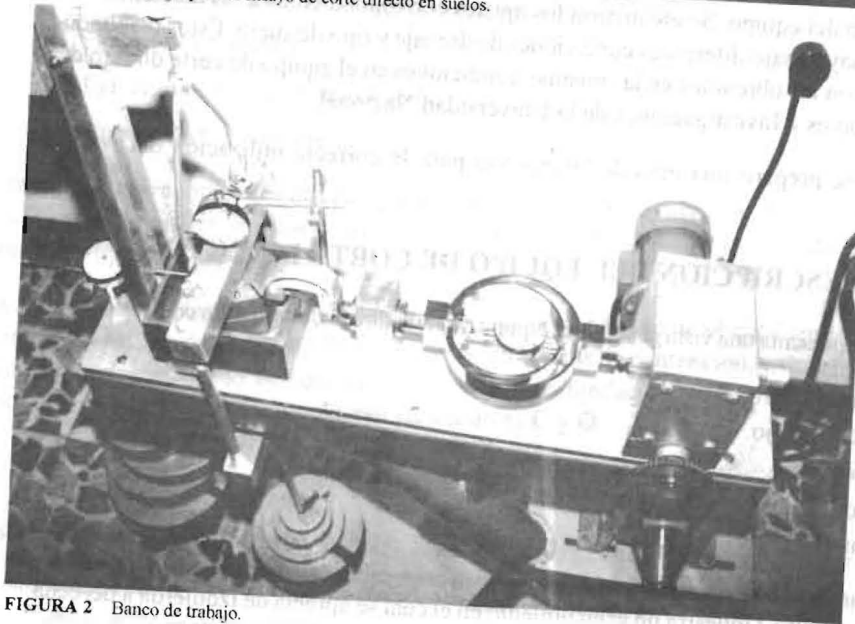


FIGURA 2 Banco de trabajo.

Dentro de las innovaciones del equipo cabe destacar

Sistema de cajas de corte de 2 pulgadas de diámetro

Gracias a su implementación es posible aprovechar las muestras inalteradas extraídas con el tubo Shelby, lo cual hace posible un procedimiento de ensayo más sencillo y económico, a la vez que se representan mejor las condiciones para la utilización de un suelo en estado natural. A través de los ensayos realizados se demostró que los resultados obtenidos con este sistema coinciden con los ejecutados en las secciones de caja tradicionales. En la Figura 3 se aprecia este sistema de cajas de corte.

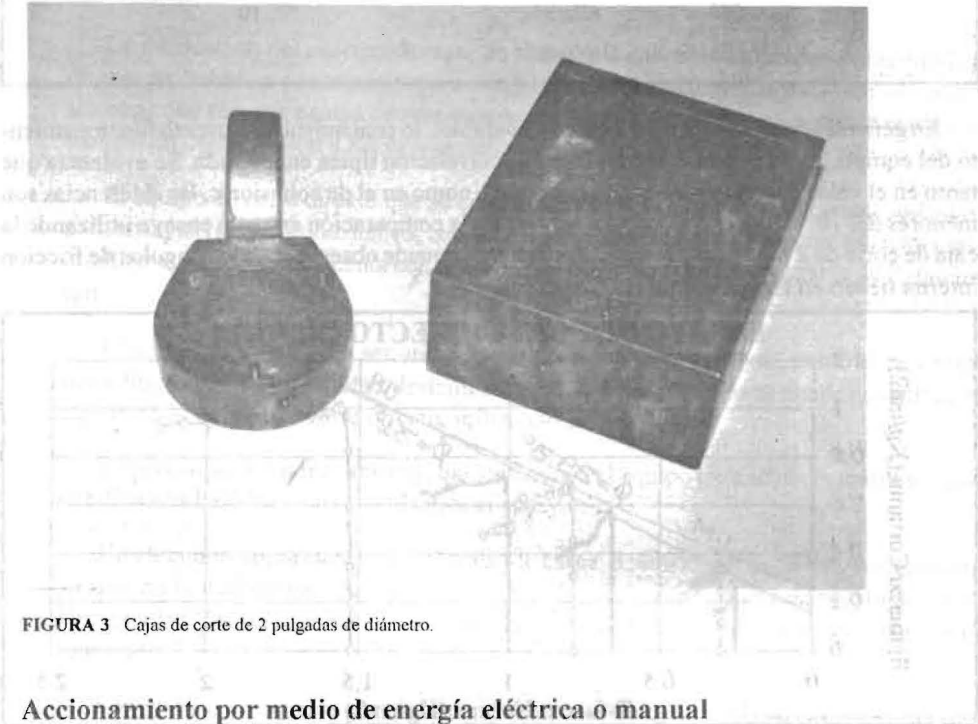


FIGURA 3 Cajas de corte de 2 pulgadas de diámetro.

Accionamiento por medio de energía eléctrica o manual

El piñón superior se puede cambiar por una manivela, de esta forma se puede conseguir velocidades de ensayo mayores (el rango de velocidades del motor está entre 2 y 24 rpm), para así efectuar ensayos en suelos donde velocidades de corte relativamente grandes no alteren los resultados, como es el caso de las arenas.

Múltiple utilización del motorreductor

El equipo ha sido diseñado de tal forma que el motorreductor puede ser utilizado para accionar otros equipos de laboratorio, tales como compresión inconfiada y durabilidad-desleimiento.

6. ENSAYO DE CALIBRACION

Para llevar a cabo la calibración del equipo se utilizó dos tipos de material en diferentes

condiciones de alteración y drenaje. En la tabla 1 se presenta el número de ensayos efectuados en el equipo de corte construido y en el del Instituto de Ensayos e Investigaciones.

Tabla 1 Ensayos de calibración ejecutados.

MATERIAL	CONDICION	MUESTRA	ANILLO	ANILLO	ANILLO
			2"	2.5"	2"x2"
No. Cohesivo	UU	Alterada	8	13	5
Cohesivo	CD	Inalterada	5	9	-
	CU	Alterada	-	10	-
	UU	Inalterada	3	3	-

En general se obtuvieron resultados comparables, lo cual indica un correcto funcionamiento del equipo. En la Figura 4 se presenta una correlación típica encontrada. Se evidencia que tanto en el valor del ángulo de fricción interna o como en el de cohesión c , las diferencias son menores del 10%. La misma Figura 4 representa la comparación entre un ensayo utilizando la caja de corte de 2 pulgadas y la de 2.5 pulgadas. Se puede observar que los ángulos de fricción interna tienen en términos prácticos el mismo valor.

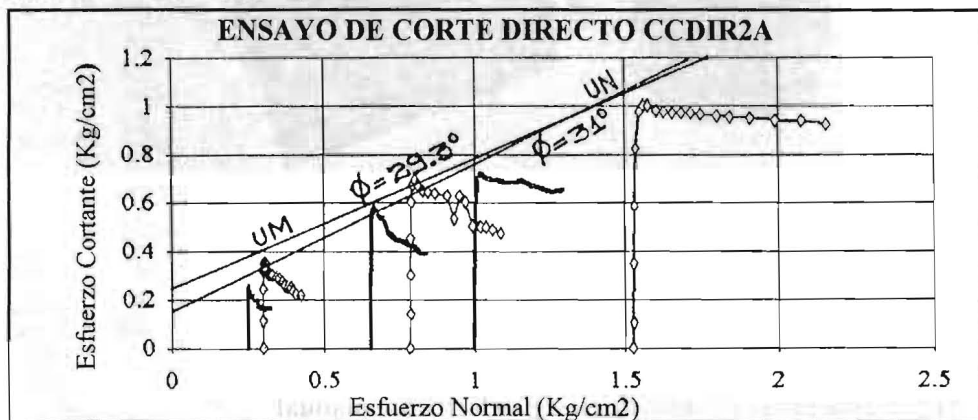


FIGURA 4 Resultados del ensayo de corte directo.

7. CONCLUSIONES

En la información recopilada para desarrollar el Trabajo de Investigación, se puede observar la importancia que tienen los parámetros de corte directo C y ϕ para el análisis de problemas relacionados con el suelo y que involucran directamente a cualquier estructura de ingeniería. Por lo anterior no se debe tomar a la ligera el valor de estos parámetros, ya que cualquier análisis de estabilidad depende de ellos.

Una determinación más precisa de la resistencia al corte del suelo, trae como consecuencia un diseño más acorde con el estado y la capacidad del subsuelo, lo que implica ahorro en los costos de construcción de las obras.

La totalidad de los ensayos efectuados se pueden observar en el Apéndice 3 del correspondiente Trabajo de Grado.

Se demuestra que un equipo de la complejidad como el que se ha desarrollado, se puede construir con materiales y mano de obra colombianos, lo que implica que no es necesario hacer inversiones costosas para dotar un laboratorio de las características que la Universidad Militar requiere. Por esto la Universidad debe apoyar a los estudiantes que desean participar en la implementación del laboratorio de suelos, mediante trabajos de investigación similares al presente.

Este trabajo tiene un alto contenido de investigación, partiendo desde la recopilación de información especializada a cerca del tema, hasta la ejecución de ensayos para poder calibrar la máquina.

La fabricación del sistema de cajas de corte de 2 pulgadas de diámetro, facilitó las tareas de ensayo, debido a que se pueden aprovechar las muestras tomadas mediante el Tubo Shelby sin tener que recurrir a toma de muestras especiales. Esta razón hace que este equipo sea más versátil en comparación a los existentes en el medio.

El equipo de corte directo que se entrega, presenta la ventaja de poder ser utilizado tanto para ensayos rápidos como lentos, como es la condición Consolidada Drenada para materiales arcillosos, debido a que cuenta con un motorreductor de velocidad variable de 2 rpm hasta 24 rpm.

El motorreductor puede ser utilizado para realizar otros ensayos, como el de compresión inconfínada y el de durabilidad-desleimiento para lutitas, mientras se puede generar un ensayo rápido en el equipo de corte directo, utilizando la manivela.

La precisión de los mecanismos que componen el equipo garantiza el cumplimiento de las condiciones bajo las cuales se idealiza el ensayo.

Un elemento importante como el anillo de carga, demostró un excelente comportamiento, ya que en la calibración que se efectuó en el Instituto de Ensayos e Investigaciones de la Universidad Nacional, presentó resultados que se ajustaron muy bien al comportamiento lineal requerido.

Los ensayos ejecutados para calibrar el equipo, se llevaron a cabo sobre muestras similares arrojando resultados muy confiables, lo que demuestra que en la máquina de corte se pueden representar aproximadamente las condiciones reales de una masa de suelo, ya sea remoldeada o inalterada.

8. RECOMENDACIONES

Es necesario estimular la participación de los estudiantes a través de la utilización de los equipos en trabajos de investigación que complementen su educación profesional y los capacite para afrontar e interpretar problemas relacionados con la resistencia al corte en la estabilidad de obras de ingeniería.

Con el equipo de corte directo se puede emprender el estudio de diversos materiales y situaciones existentes en la naturaleza que permitan un mejor conocimiento de sus propiedades ingenieriles.

Se debe estimular la utilización tanto académica como comercial de los laboratorios, con el fin de que se conviertan en un servicio a la comunidad y una fuente de ingreso para la Universidad.

Es importante recalcar el cuidado que se debe tener en la utilización del equipo de corte directo y en general de cualquier utensilio de laboratorio, debido a que están constituidos por elementos delicados que ameritan un trato y mantenimiento especial.

9. AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente Trabajo de Investigación expresan su agradecimiento a las directivas de la Universidad Militar "Nueva Granada" por el valioso apoyo económico brindado para la fabricación del equipo de corte directo.

10. BIBLIOGRAFIA

1. ARANGO VELEZ, Antonio. Manual de laboratorio de mecánica de suelos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín, 1987. 276p.
2. ATKINSON, J.H. and BRANSBY, P.L. The mechanics of soils, an introduction to critical state soils mechanics. London: McGraw Hill, 1978. 378p.
3. BOWLES, Joseph E. Foundation analysis and design. New York: McGraw Hill, 1982. 816p.
4. ----- Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Bogotá: McGraw Hill, 1981. 213p.
5. ----- Physical and geotechnical properties of soils. New York: McGraw Hill, 1984. 578p.
6. ----- Engineering properties of soil and their measurement. New York: McGraw Hill, 1986. 218p.
7. CONTROLS. Catalogo generale macchine, strumenti e accessori per prove sulle terre, rocce e aggregati. 4 edizione, Sezione T.
8. ELE INTERNATIONAL. Materials testing catalogue. Singapore: ELE INTERNATIONAL, 1988.
9. HUNT, Roy E. Geotechnical engineering analysis and evaluation. New York: McGraw Hill, 1986. 729p.
10. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas Colombianas sobre documentación y presentación de tesis de grado. Bogotá: ICONTEC, 1991. 122p.
11. JUAREZ BADILLO, Eulalio. Mecánica de suelos. México: Editorial Limusa, 1988.
12. KRICK, Edward. Ingeniería y el Diseño en ingeniería. México: Editorial Limusa, 1976. 582p.

13. LAMBE, William y WHITMAN, Robert. Mecánica de suelos. México: Editorial Limusa, 1976. 582p.
14. LIU, Cheng and EVETT, Jack. Soil properties: testing, measurement and evaluation. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.
15. MÁRQUEZ CÁRDENAS, Gabriel. Propiedades ingenieriles de los suelos. Medellín, 1988. 243 p.
16. OWERS, George. Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. México: Editorial Limusa, 1970. 677p.
17. SUTTON, B.H.C. Solving problems in soil mechanics. England: Longman Scientific & Technical, 1986.
18. TERZAGHI, Karl. Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Barcelona: El Ateneo, 1980. 722p.
19. TORRES MUÑOZ, Alicia. Metodología de trabajo de grado. Santafé de Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 1987.