

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

***DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE IN SITU DE
LOS SUELOS EN ZONAS DE PELIGRO SÍSMICO***

Diego Guadalupe Maldonado

2015

Objetivo General Del Proyecto

Introducir una nueva técnica de ensayo para la determinación de los parámetros de resistencia al corte como método directo que elimina la incertidumbre de la alteración del suelo durante el muestreo.

Objetivos Especificos

Presentar los resultados de pruebas del ficómetro en los suelos investigados, y su comparación con resultados de pruebas triaxiales UU.

Comparar las curvas del modelo Mohr-Coulomb con la prueba del ficómetro.

Establecer la magnitud de la variación en los resultados de la función interna, cohesión, entre el ensayo del ficómetro y triaxial UU.

Analizar la variación que existe de los resultados de los ensayos.

Analizar el impacto de parámetros de variación de la prueba en la variación de los resultados.

Analizar la influencia de los parámetros de variación de la prueba en la variación de los resultados.

Analizar la influencia de los parámetros de variación de la prueba en la variación de los resultados.



Presentar los resultados de pruebas del ficómetro en los suelos investigados, y su comparación con resultados de pruebas triaxiales UU.

Establecer la magnitud de la
variación en los resultados (ángulo
de fricción interna y cohesión),
entre el ensayo del ficómetro y
triaxial UU.

Comparar las envolventes del modelo
Mohr-Coulomb con la prueba del
ficómetro.

Definir la importancia que tiene el
uso del ficómetro para el análisis
geotécnico

Describir el equipo y el
procedimiento de ejecución de la
prueba con la sonda del ficómetro.

Determinar las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos utilizados en el presente trabajo para obtener los parámetros de resistencia al corte de los suelos.

Determinar las diferencias que existen entre los ensayos del ficómetro y triaxial UU con base al recurso humano, recurso económico, tiempo, fiabilidad, normas, grado de dificultad, etc.

Fomentar lo que podría ser el inicio del uso del ficómetro que enmarque los estudios para la determinación de la resistencia al corte de los suelos y sus características.

Definir resultados, conclusiones y
recomendaciones del estudio
realizado en el Nororiente de la
ciudad de Quito

INTRODUCCIÓN





UN MURO PONE EN RIESGO LA VIDA DE LOS ALUMNOS DE DOS ESCUELAS

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ KPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w \geq 40% $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases: F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 —Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75) F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m) F5 —Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte. F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.	

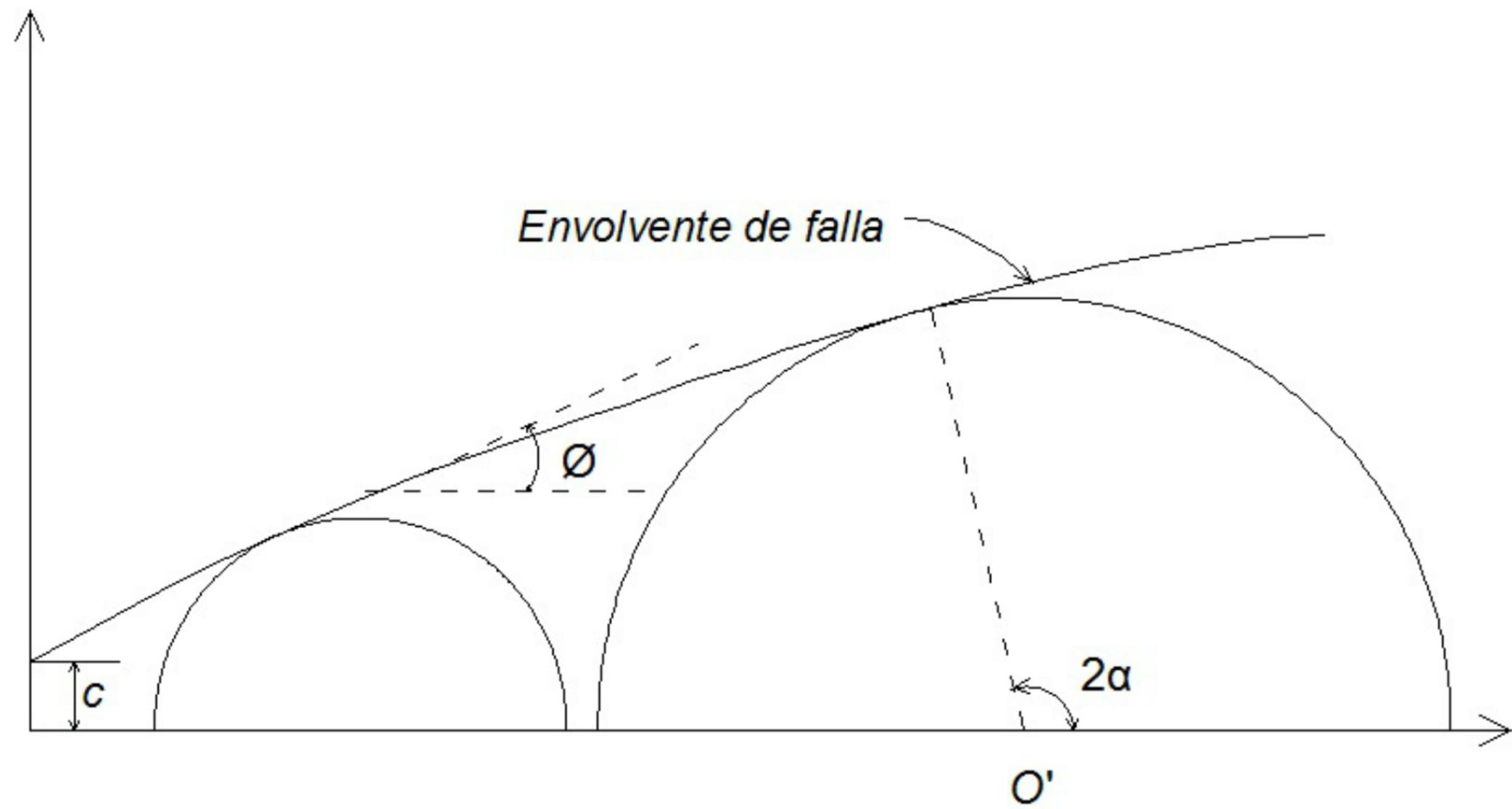






*RESISTENCIA AL
CORTE DE LOS
SUELOS*

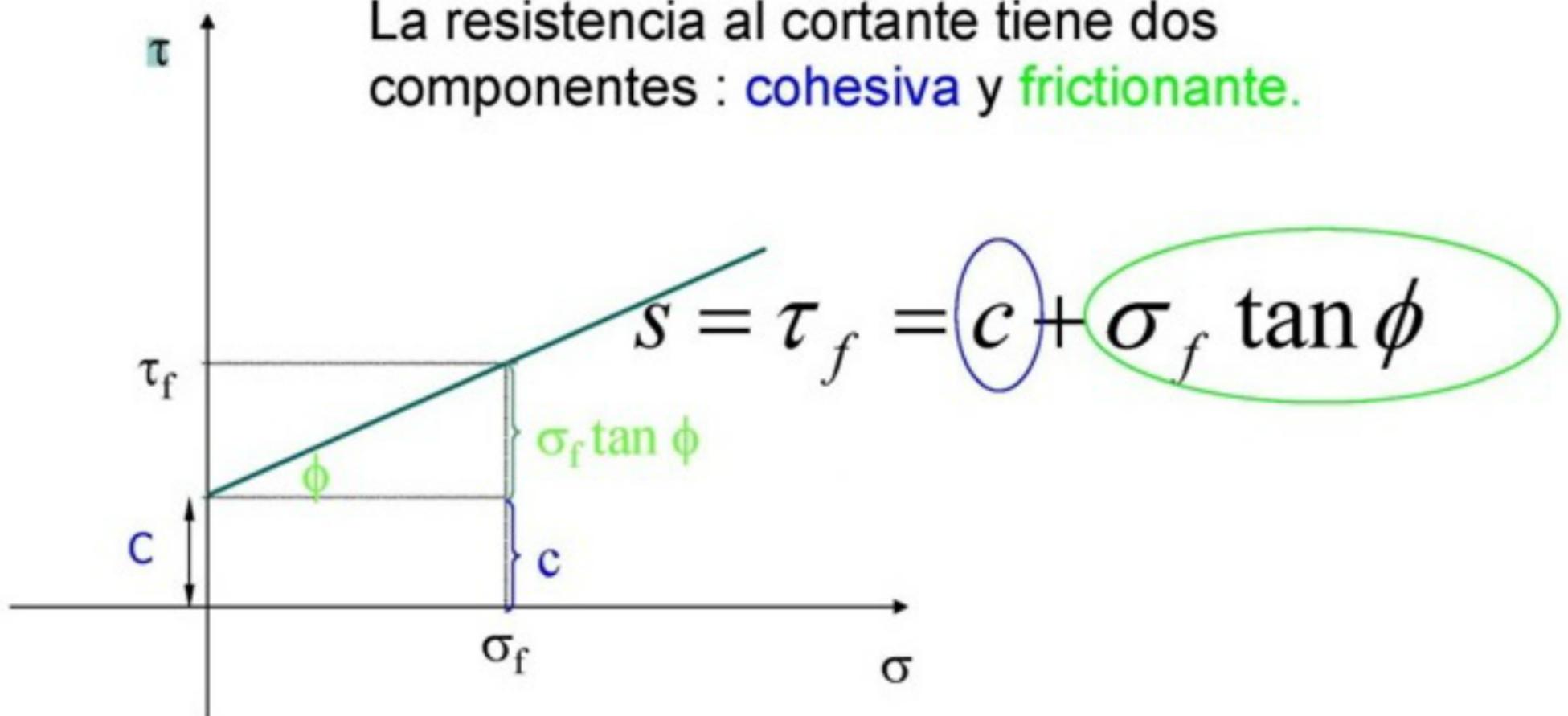
$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$$



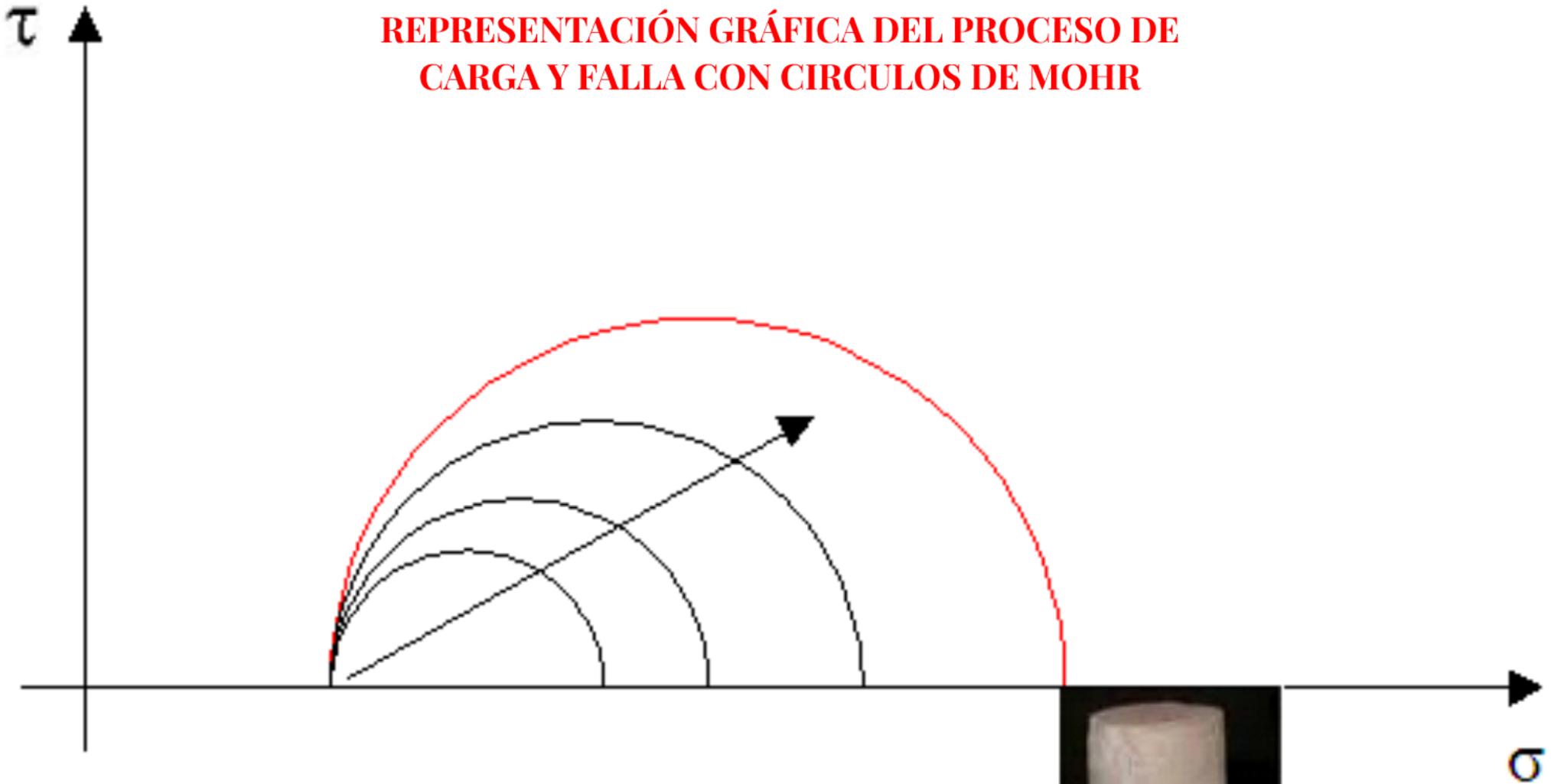
$$\tau = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi'$$

CRITERIO DE FALLA DE MOHR-COULOMB

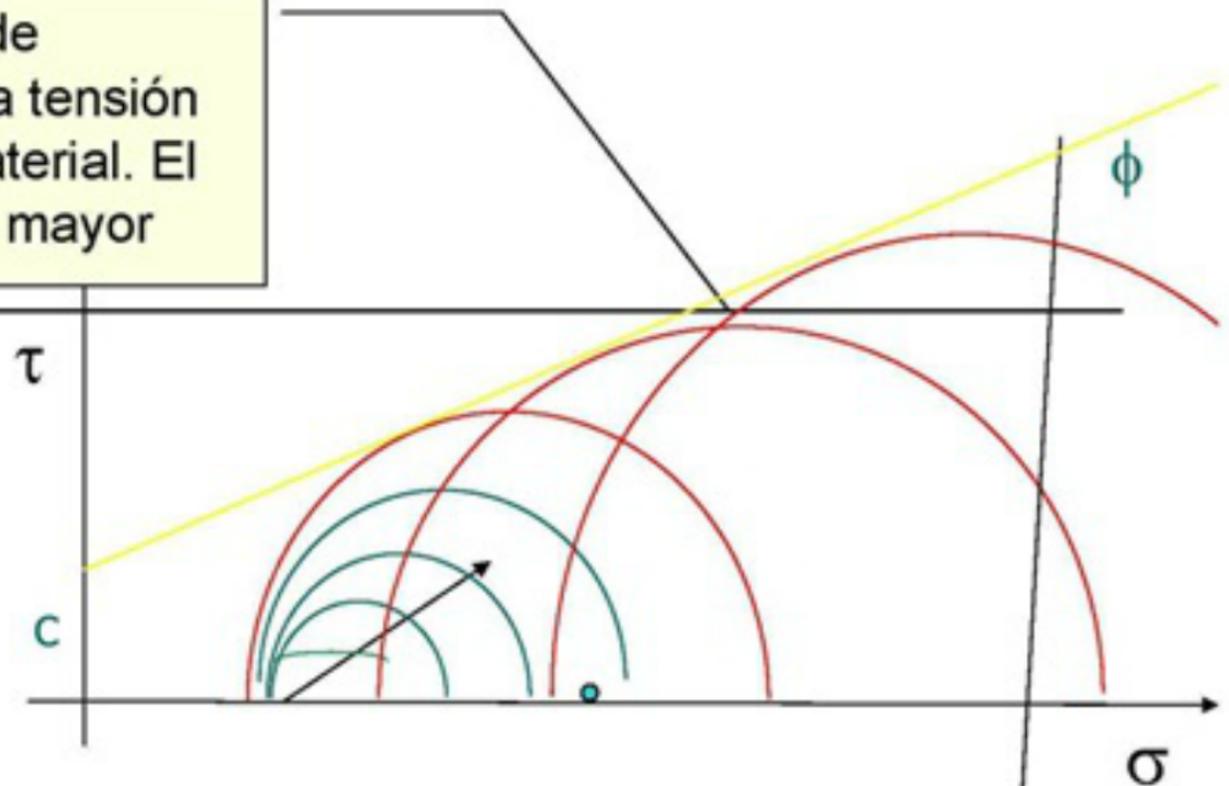
La resistencia al cortante tiene dos componentes : **cohesiva** y **frictionante**.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PROCESO DE CARGA Y FALLA CON CIRCULOS DE MOHR



Si se incrementa la tensión de confinamiento σ_1 , aumenta la tensión necesaria para romper el material. El diámetro del círculo se hace mayor



Cada círculo representa la combinación de esfuerzos compresivos necesaria para producir la rotura. La envolvente representa el conjunto de las combinaciones de esfuerzos compresivos y de cortante que dan lugar a la rotura del material

Métodos de Ensayo



Ensayo Triaxial UU



Ensayo de Corte Directo

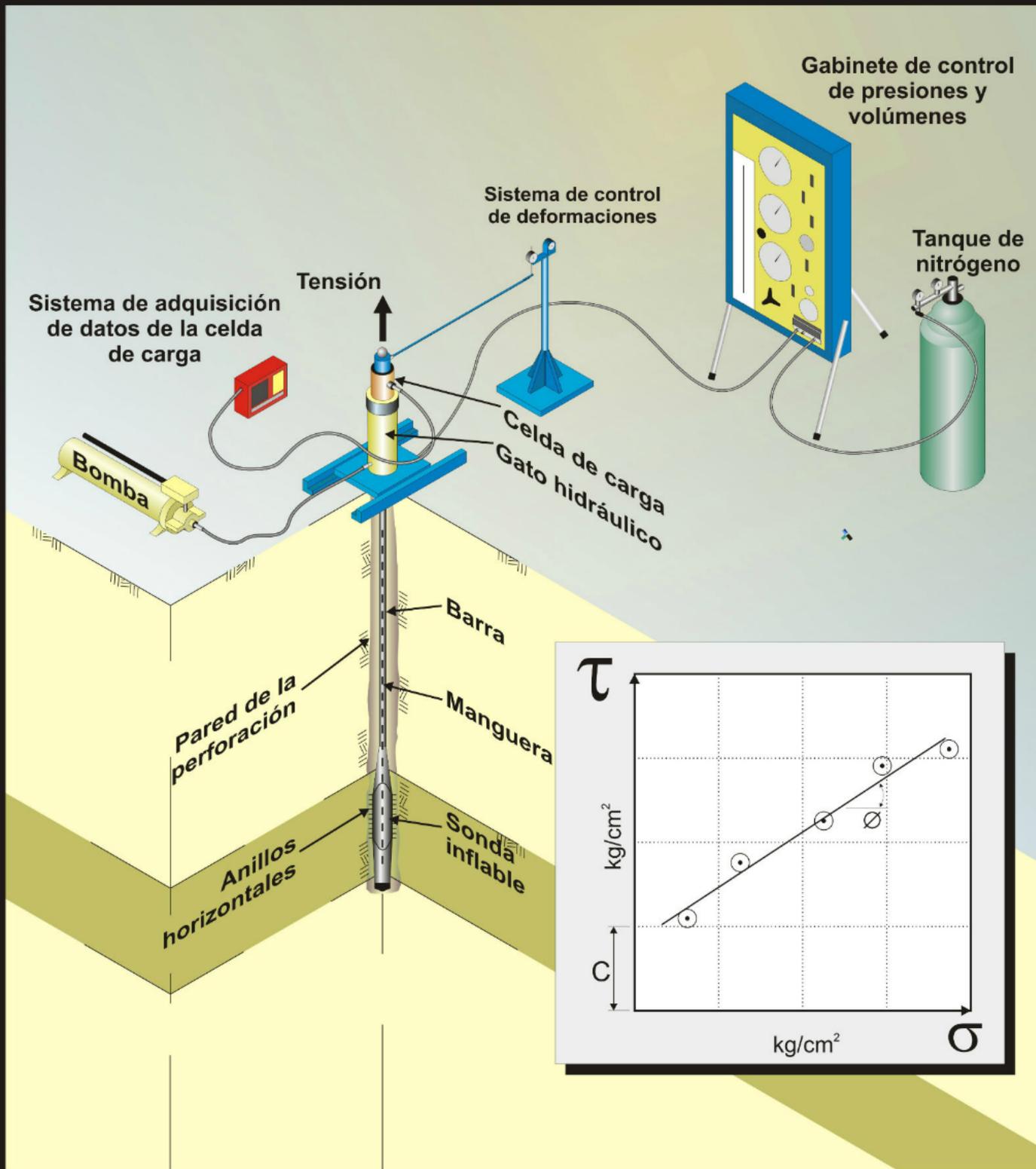


Ensayo de Ficómetro

FICOMETRO







Gabinete de control de presiones y volúmenes

Sistema de control de deformaciones

Tanque de nitrógeno

Sistema de adquisición de datos de la celda de carga

Tensión

Bomba

Celda de carga
Gato hidráulico

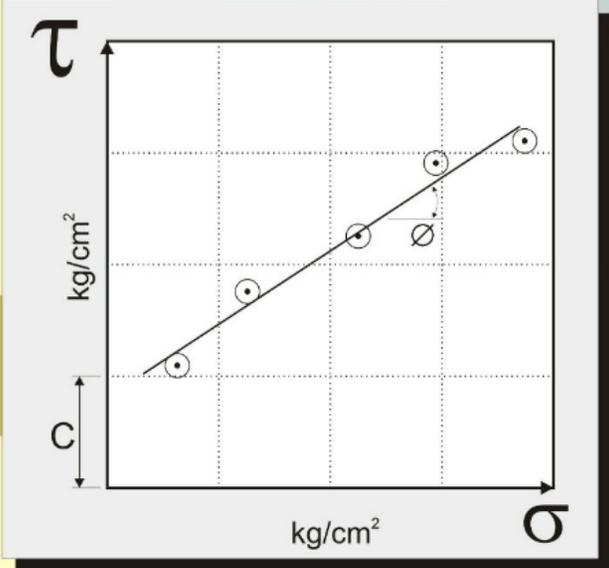
Barra

Pared de la perforación

Manguera

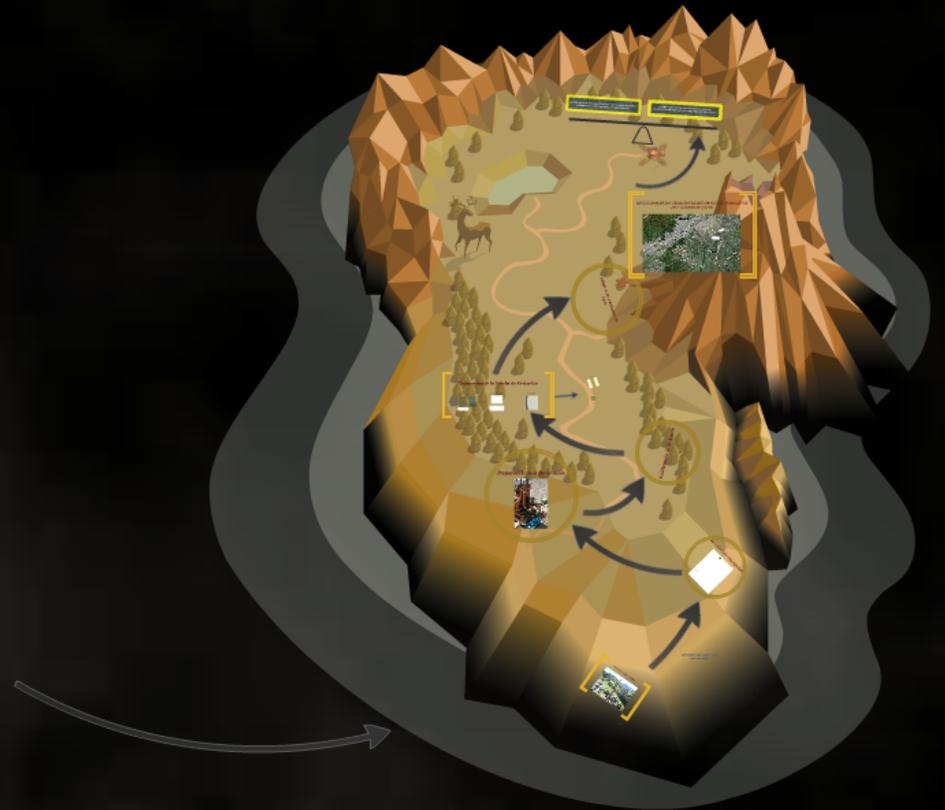
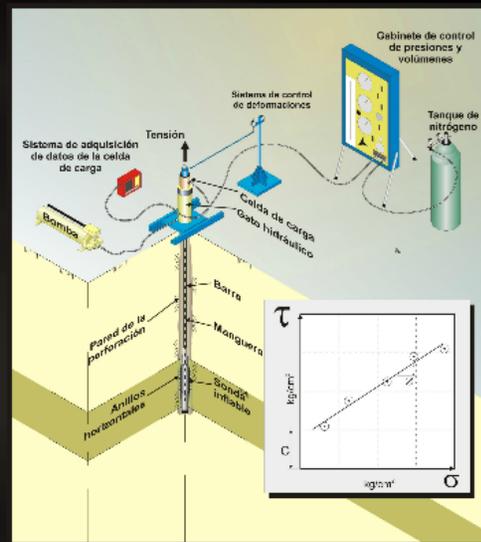
Anillos horizontales

Sonda inflable





FICOMETRO

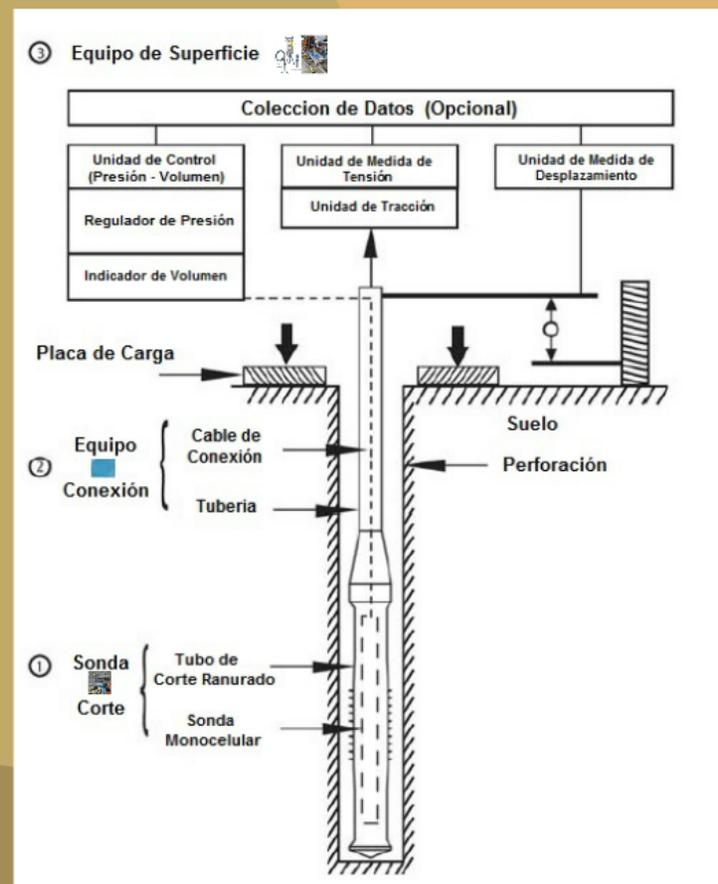


TRABAJOS DE CAMPO



METODOLOGÍA Y EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO









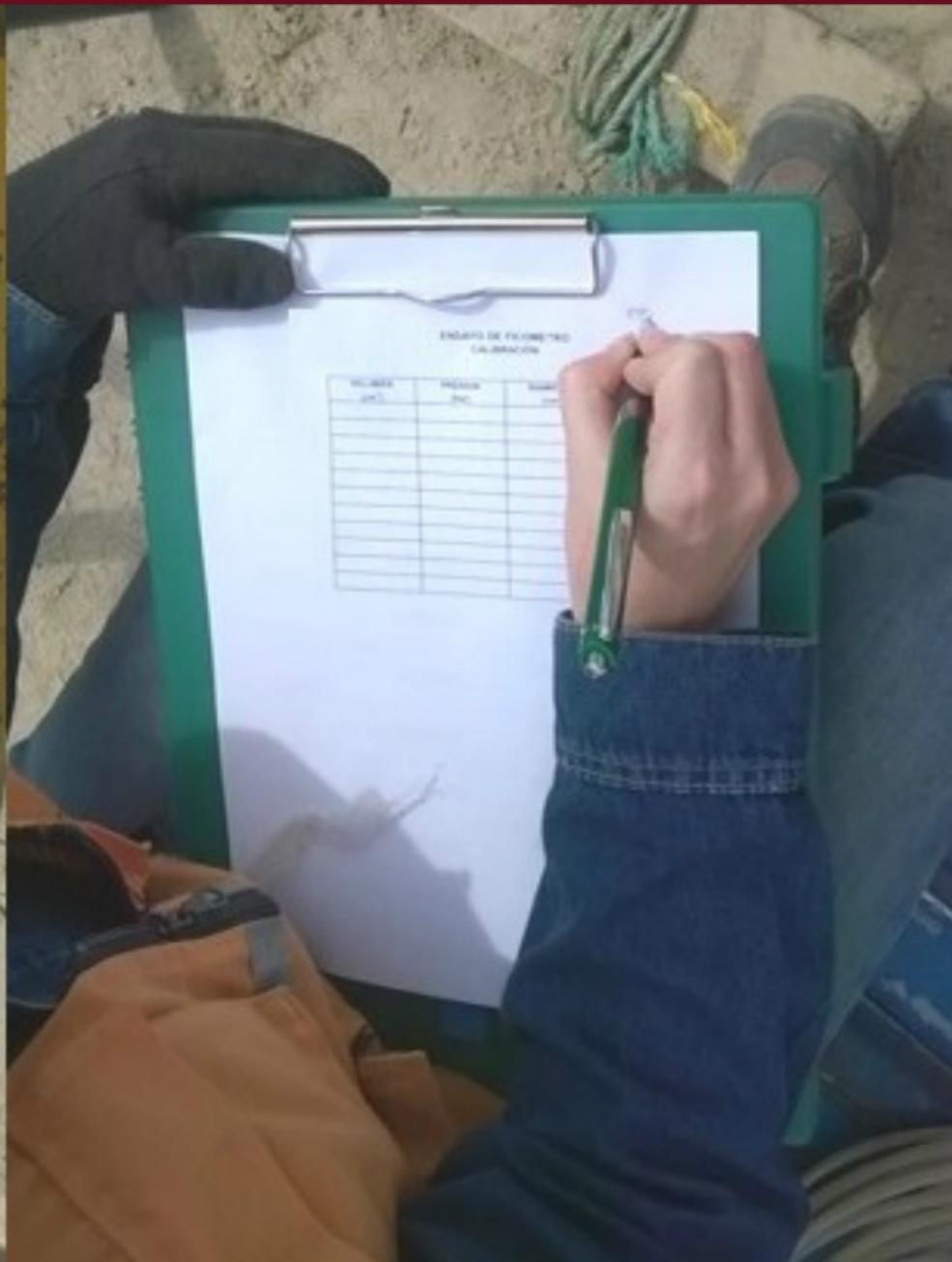
Preparación de la Perforación



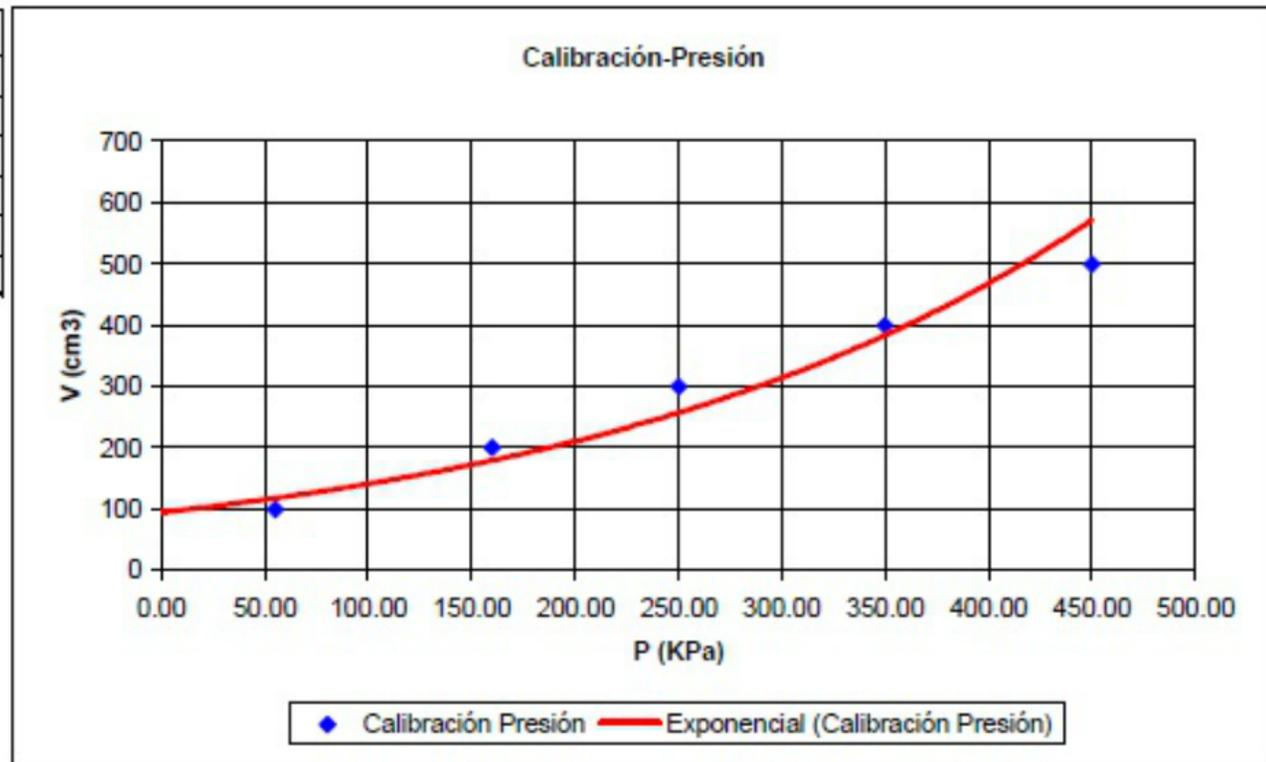


Calibración de la Sonda

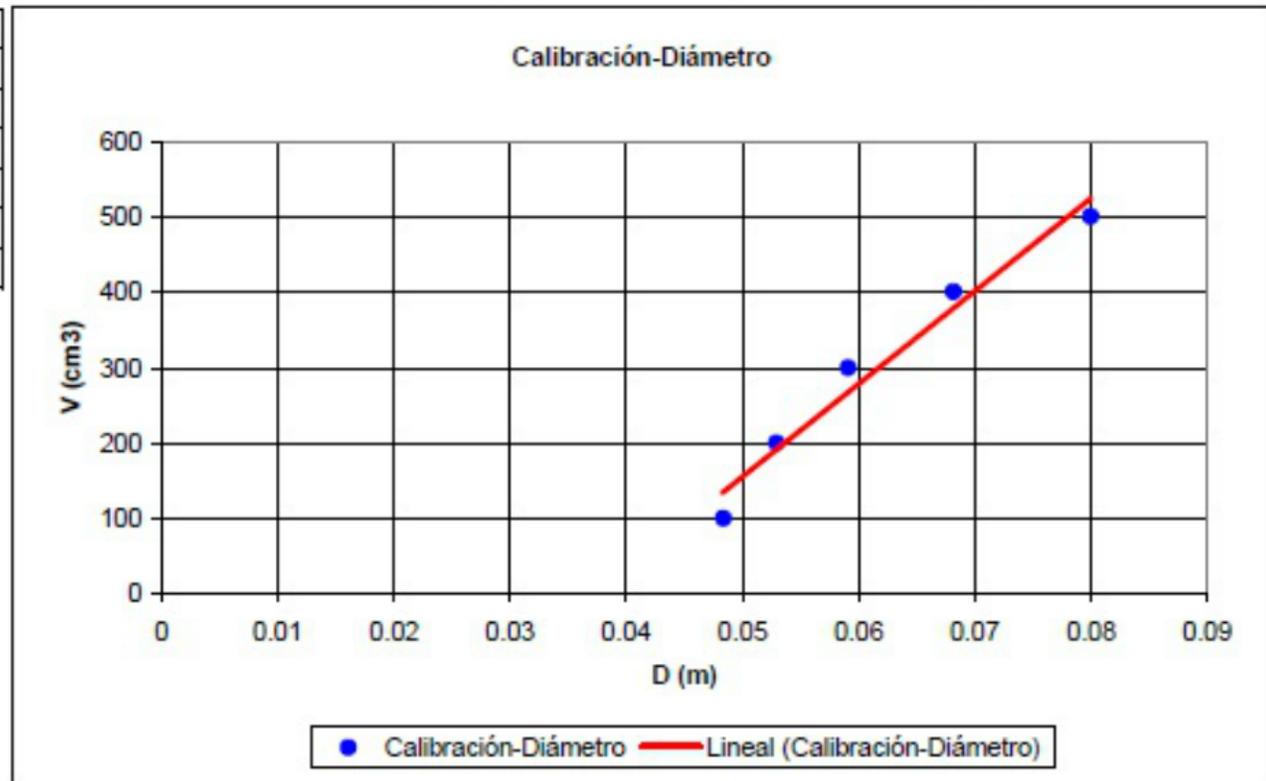




V (cm ³)	Pr (KPa)
0	0.00
100	55.00
200	160.00
300	250.00
400	350.00
500	450.00



V (cm ³)	Ds (m)
0	0.05
100	0.05
200	0.05
300	0.06
400	0.07
500	0.08

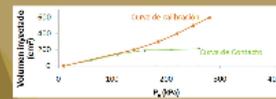
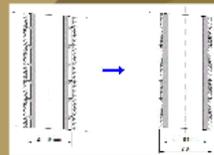


Preparación de la Prueba de Ficómetro

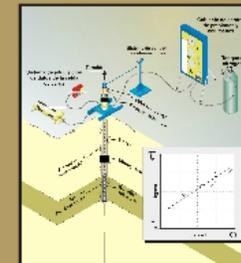
Instalación del equipo



Contacto de la Sonda con el Suelo



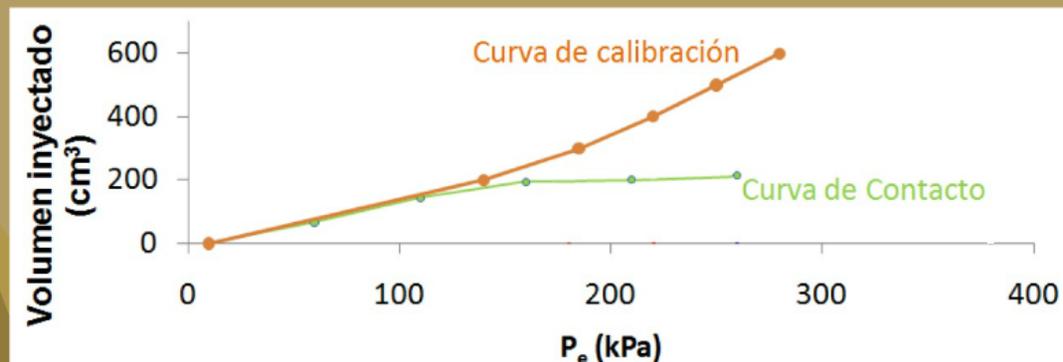
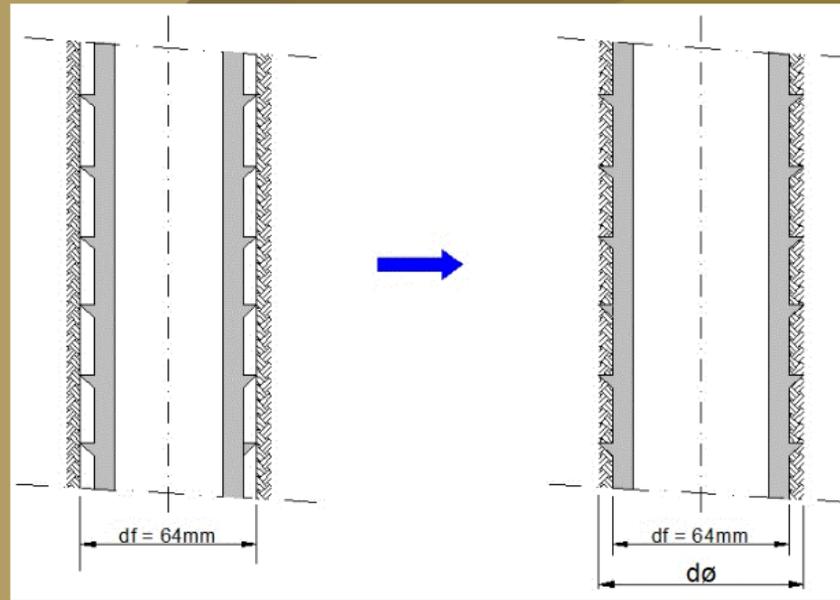
Falla del Suelo



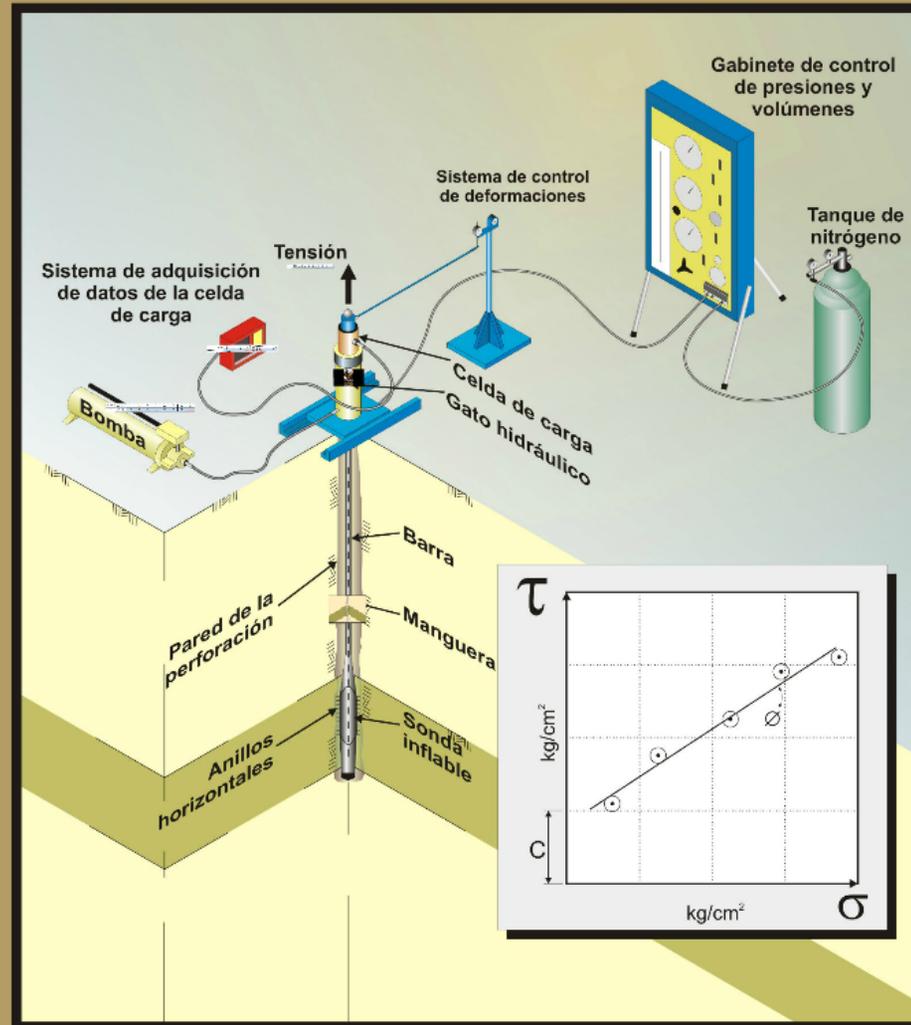
Instalación del equipo

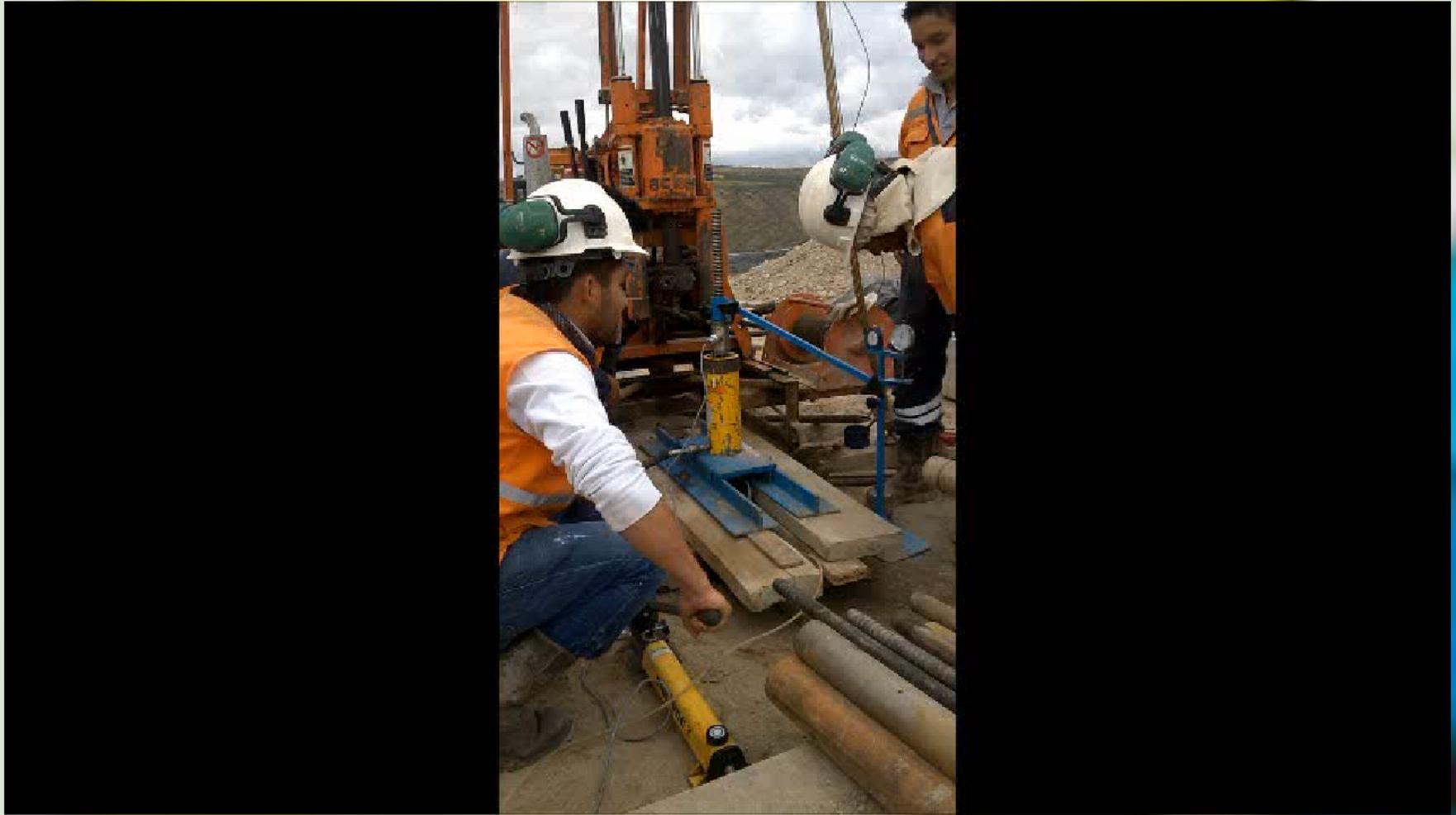


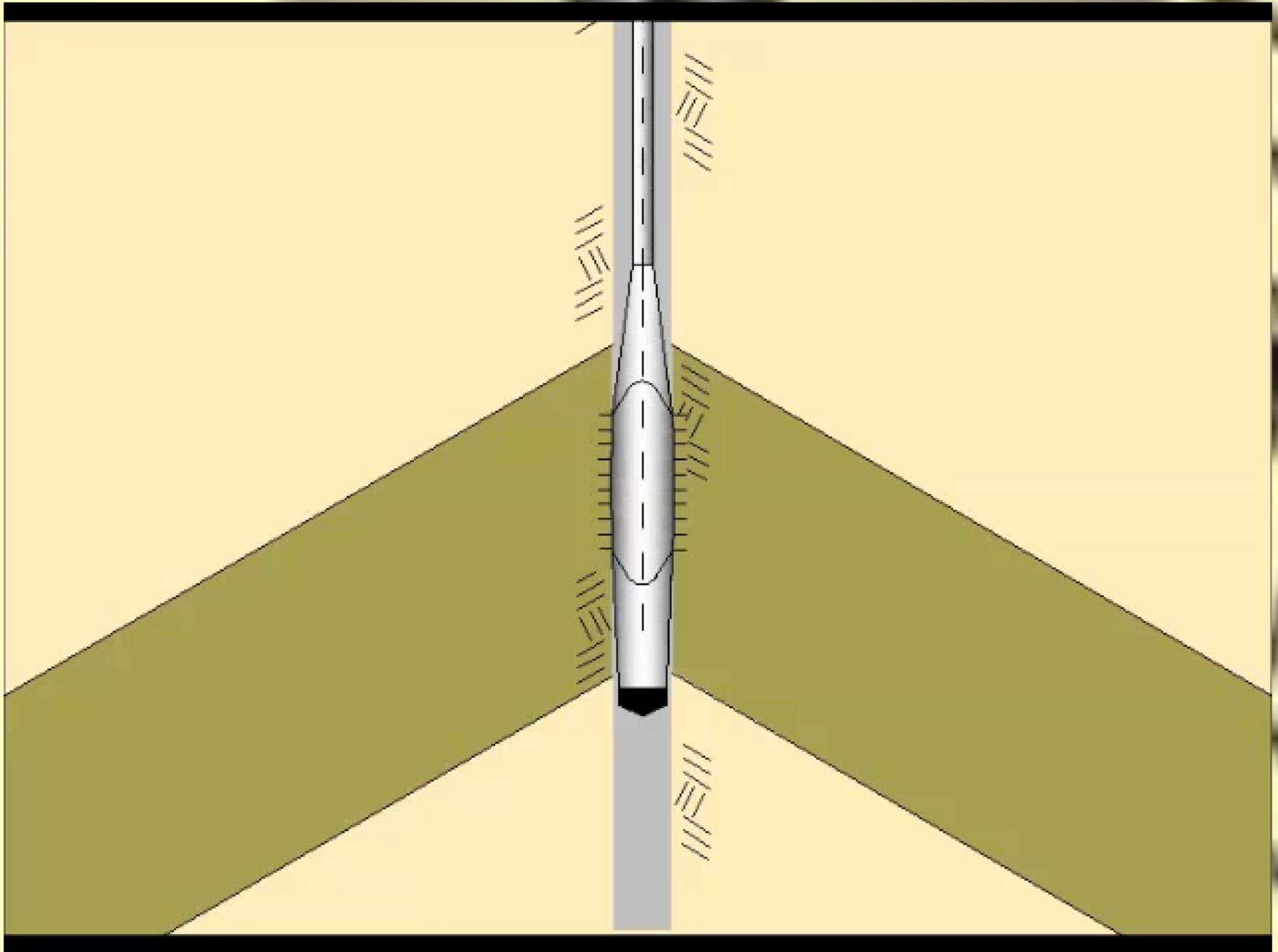
Contacto de la Sonda con el Suelo

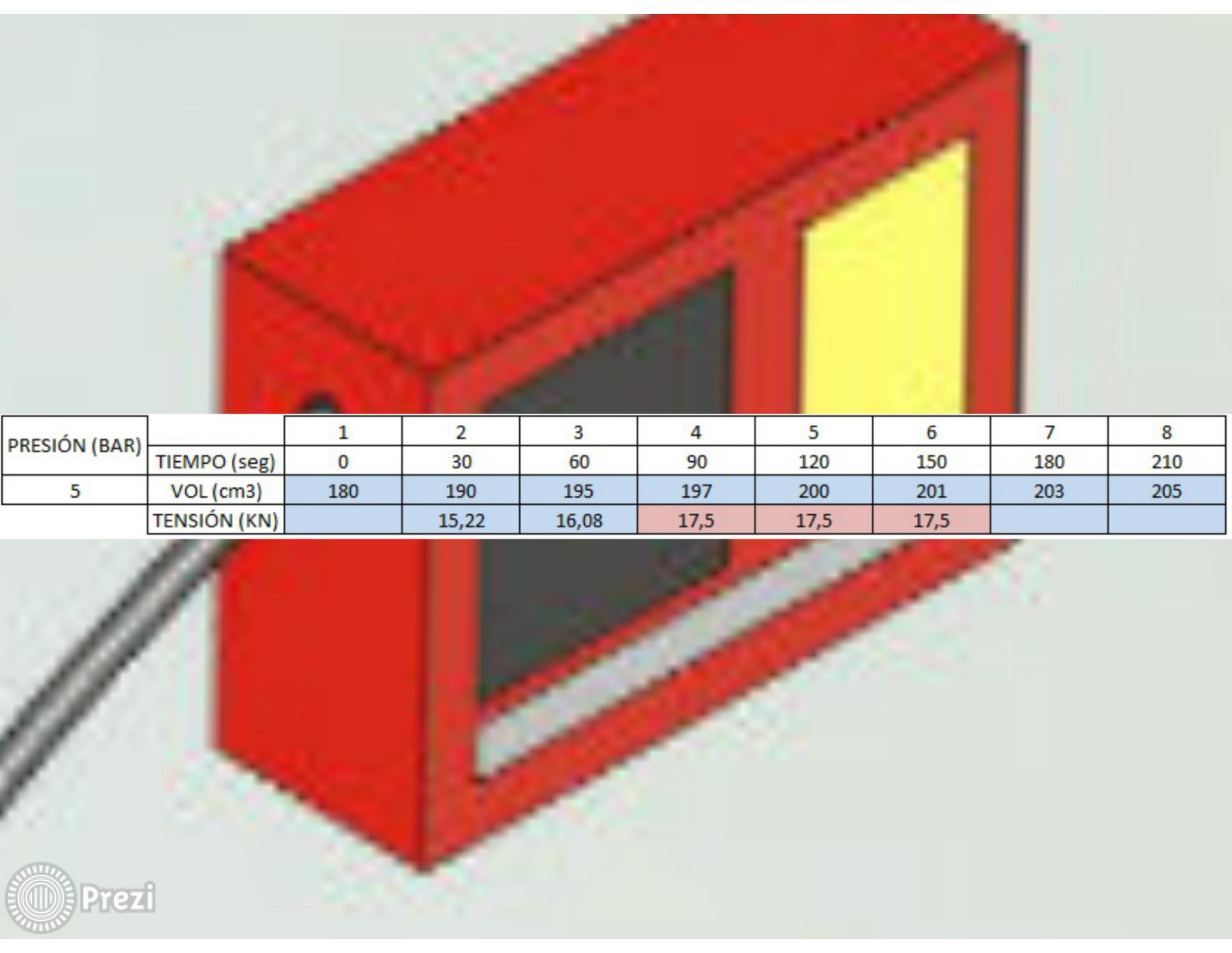


Falla del Suelo









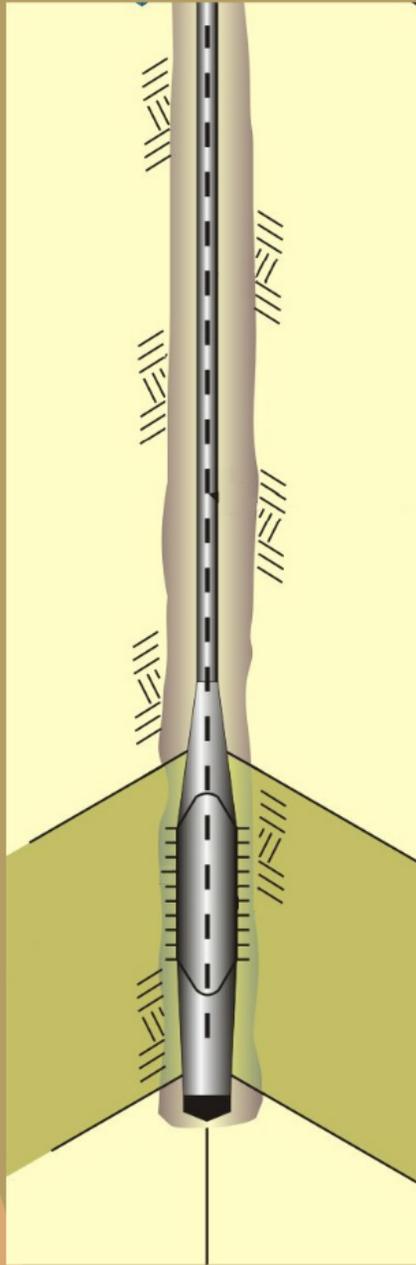
PRESIÓN (BAR)		1	2	3	4	5	6	7	8
	TIEMPO (seg)	0	30	60	90	120	150	180	210
5	VOL (cm3)	180	190	195	197	200	201	203	205
	TENSIÓN (KN)		15,22	16,08	17,5	17,5	17,5		

PRESIÓN (BAR)		1	2	3	4	5	6	7	8
	TIEMPO (seg)		0	30	60	90	120	150	180
5	VOL (cm3)	180	190	195	197	200	201	203	205
	TENSIÓN (KN)		15,22	16,08	17,5	18	19,2	21,3	22,1

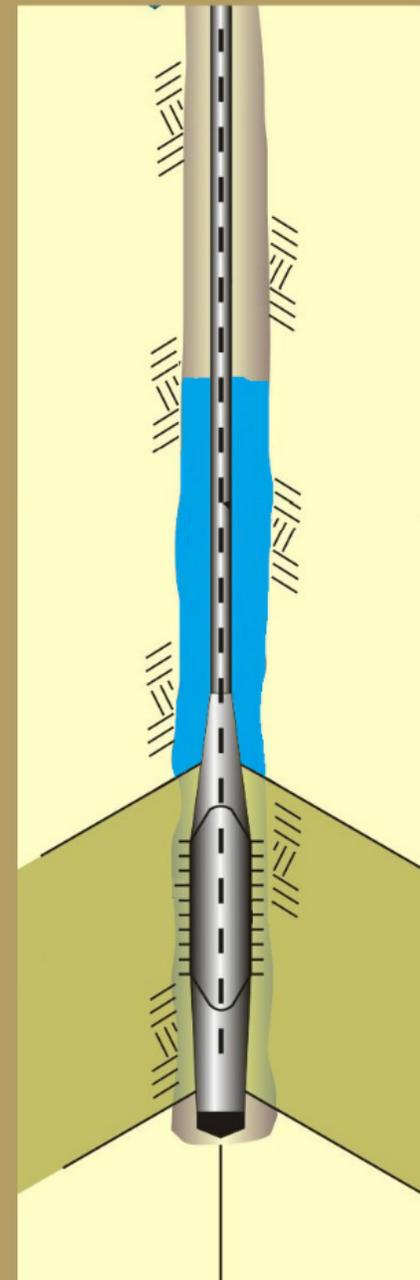
ensio

PRESIÓN (BAR)		1	2	3	4	5	6	7	8
	TIEMPO (seg)	0	30	60	90	120	150	180	210
5	VOL (cm3)	180	190	195	197	200	201	203	205
	TENSIÓN (KN)		15,22	16,08	17,5	18	15,1	14,5	13,6

$$p_c = p_M + (h + h_o) \times dw - p_e$$



$$p_c = p_M + (hw + h_o) \times dw - p_e$$

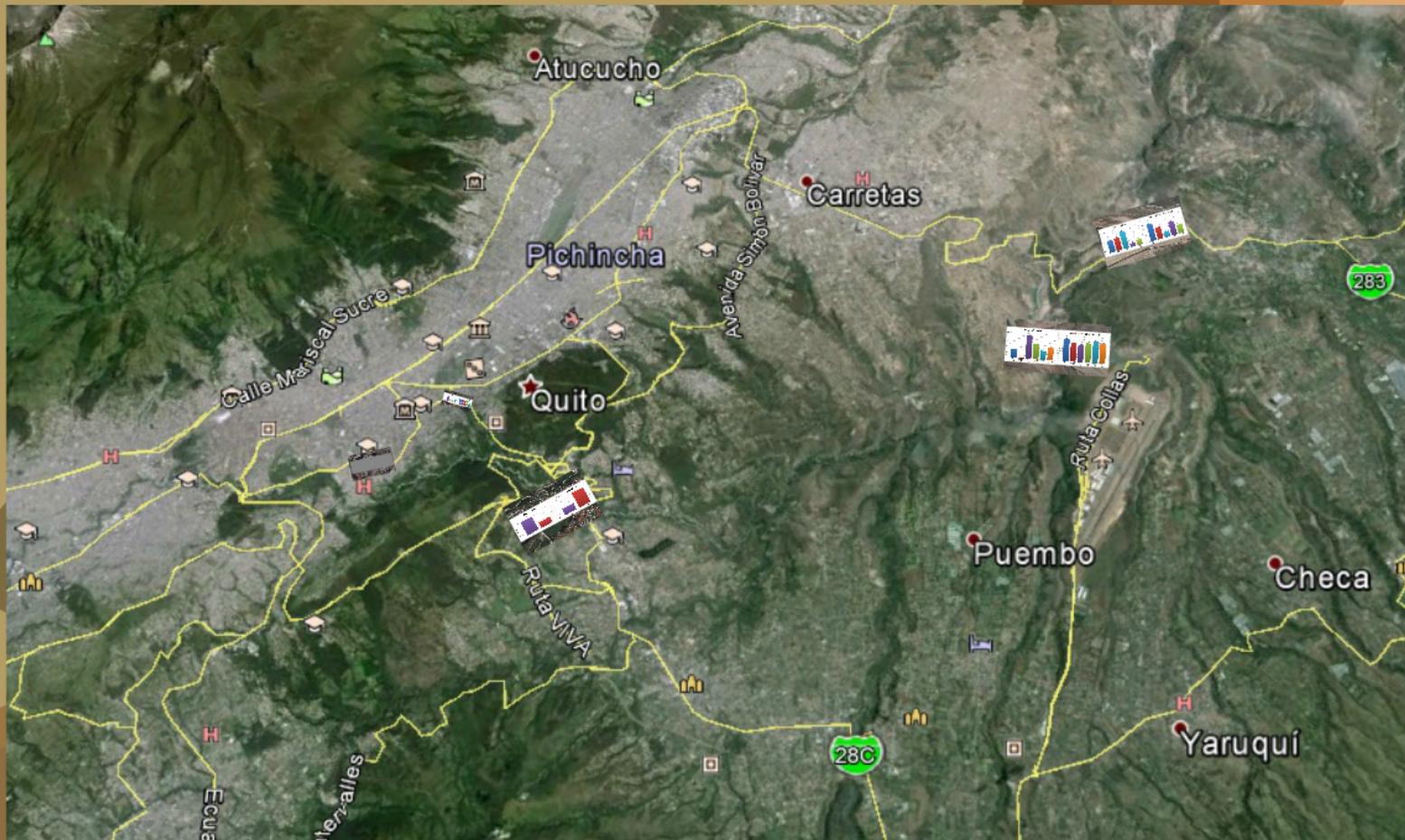






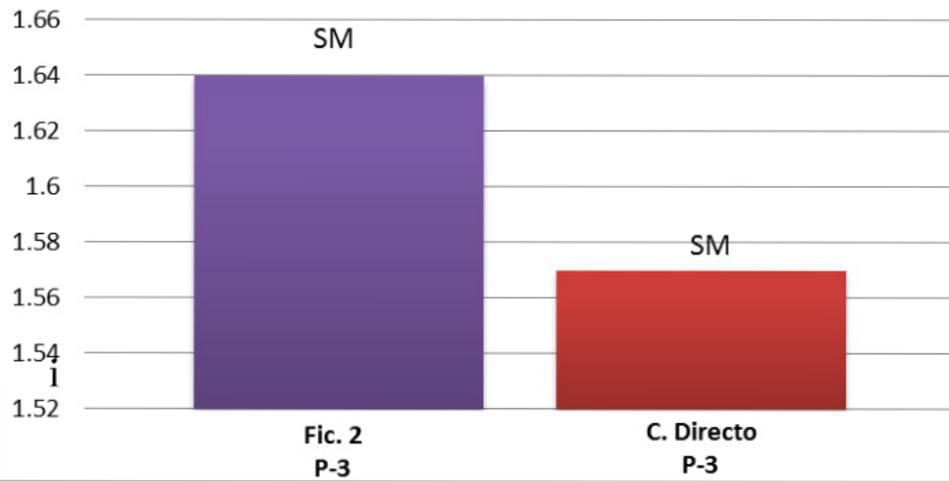
Cálculo de los Parámetros de Corte

RESULTADOS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN EL NORORIENTE DE LA CIUDAD DE QUITO

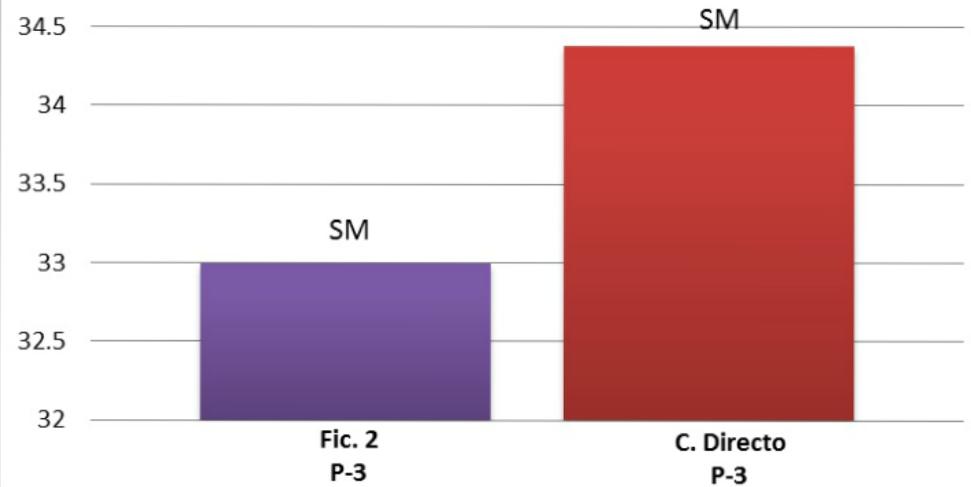




Cohesión (kg/cm²)

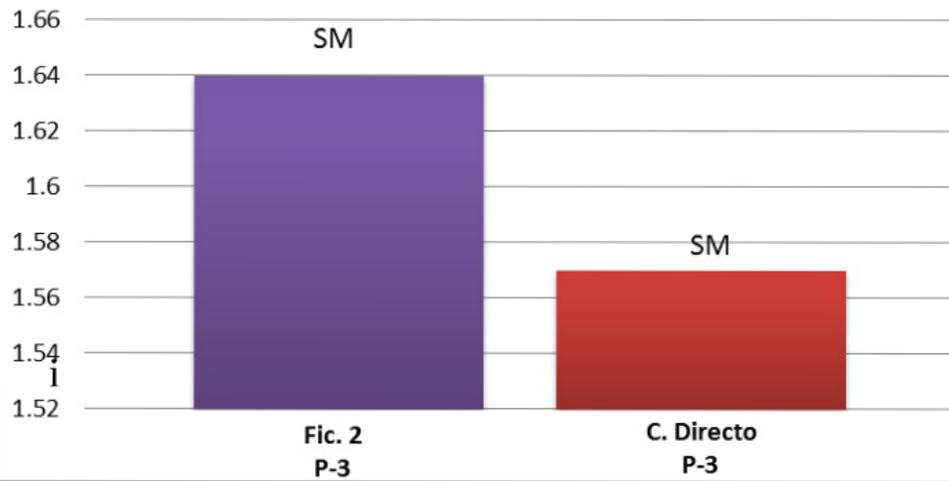


Ángulo de Fricción Interna (°)

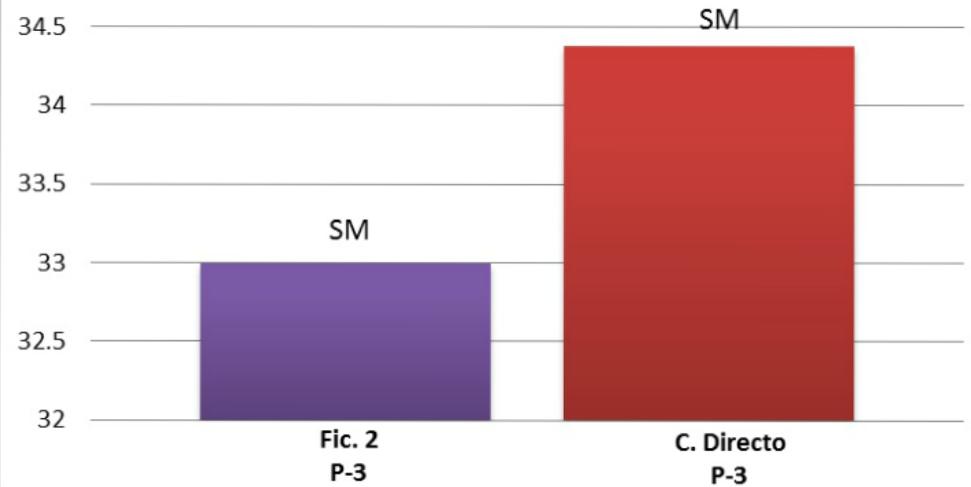




Cohesión (kg/cm²)

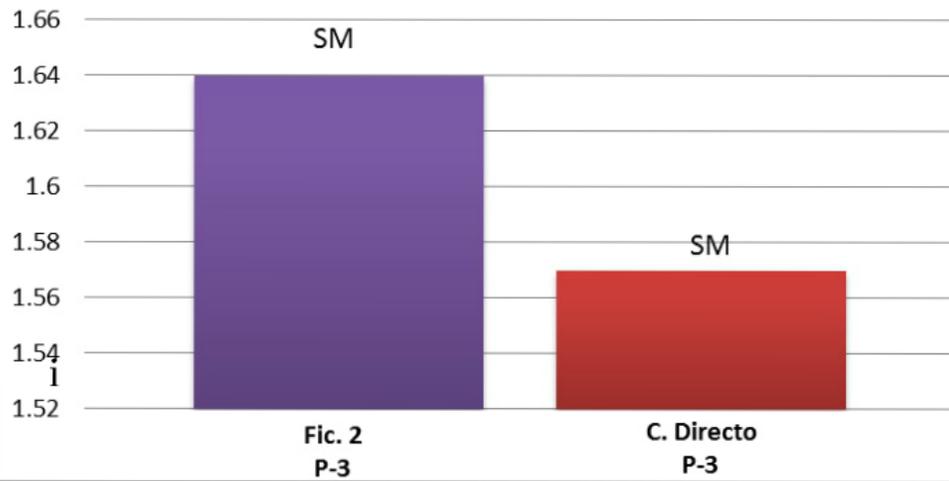


Ángulo de Fricción Interna (°)

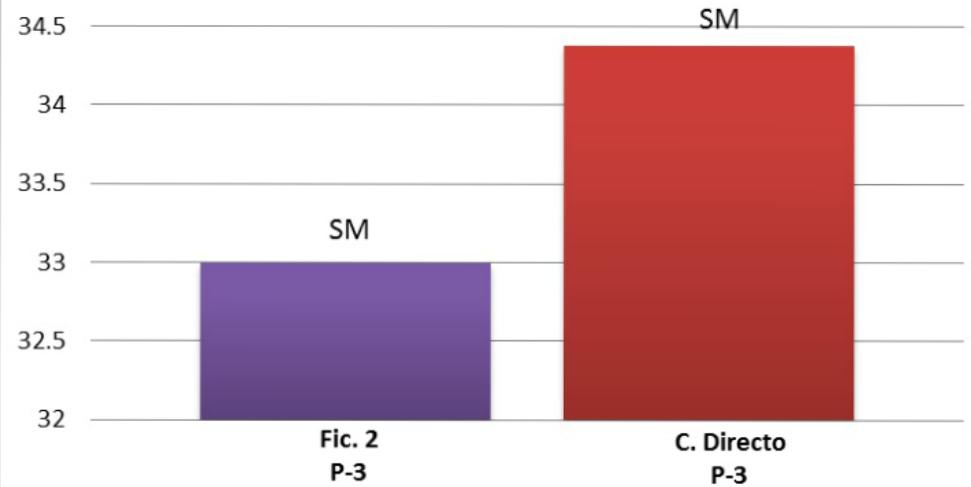




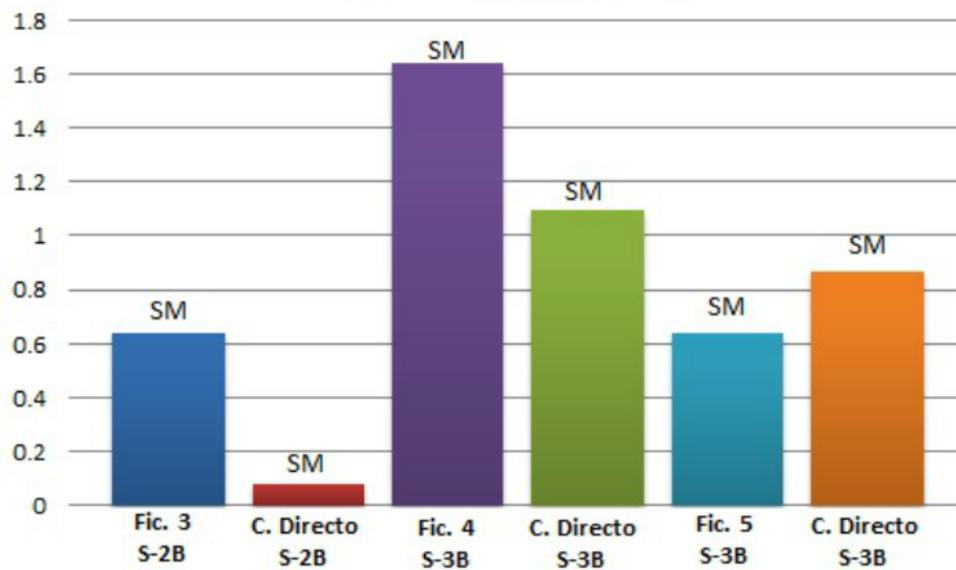
Cohesión (kg/cm²)



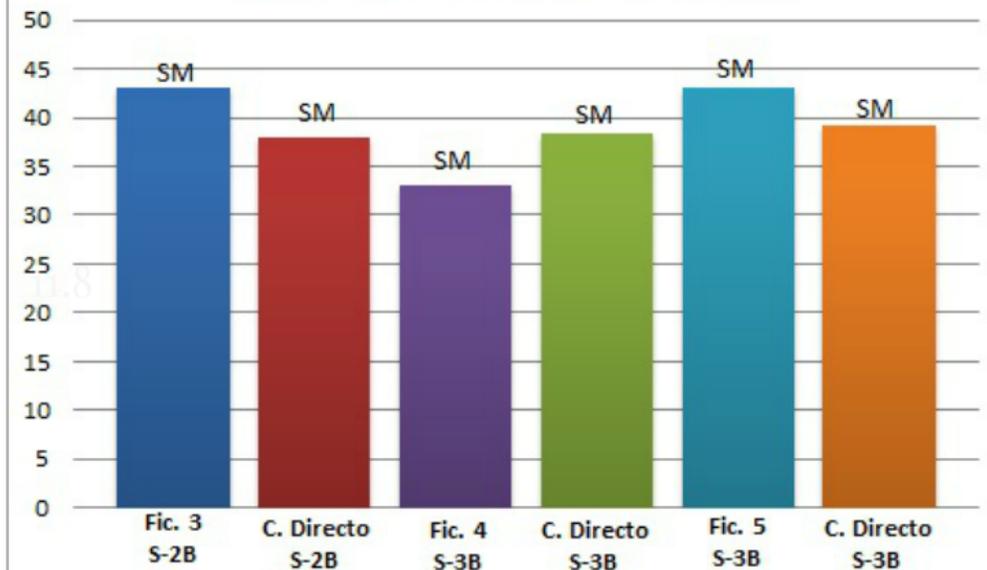
Ángulo de Fricción Interna (°)



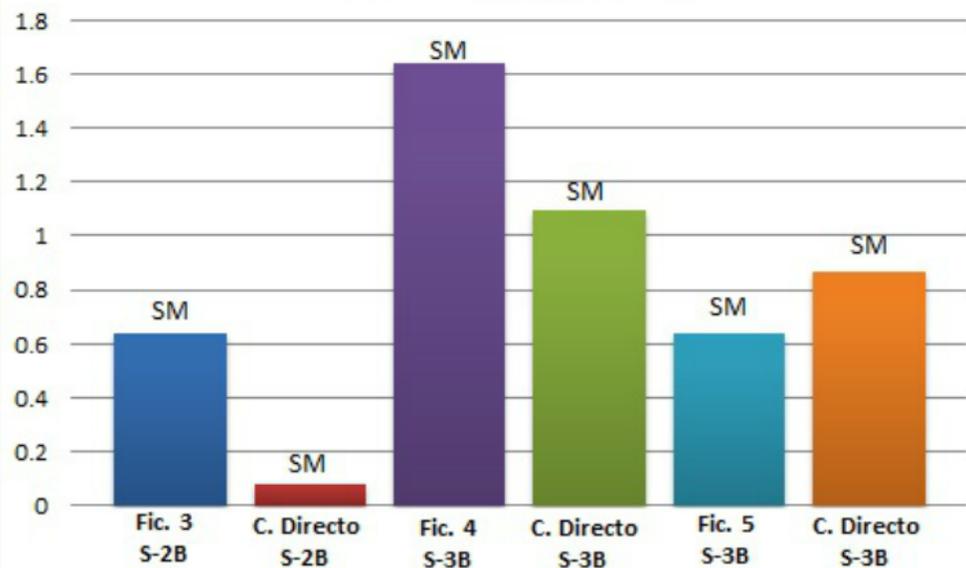
Cohesión (kg/cm²)



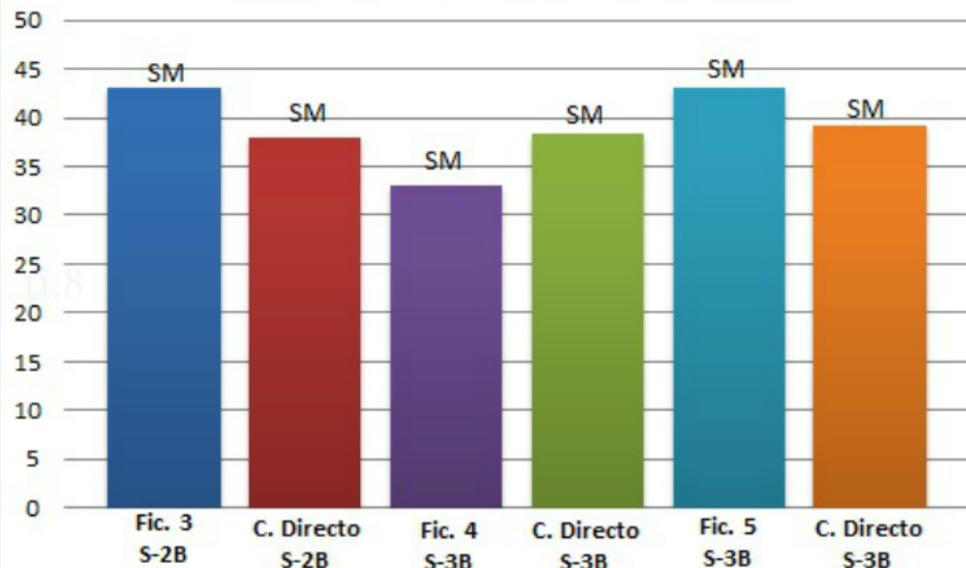
Ángulo de Fricción Interna (°)



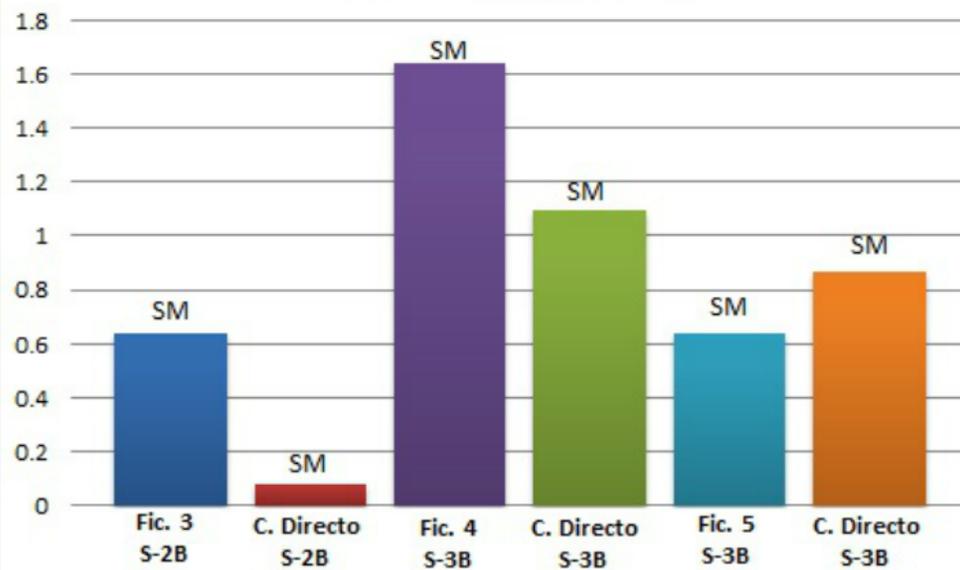
Cohesión (kg/cm²)



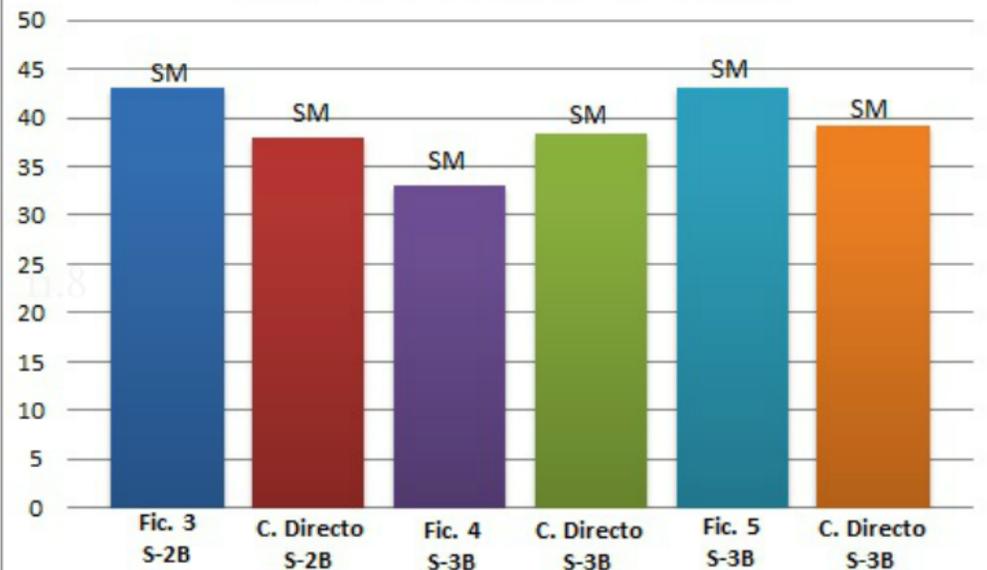
Ángulo de Fricción Interna (°)

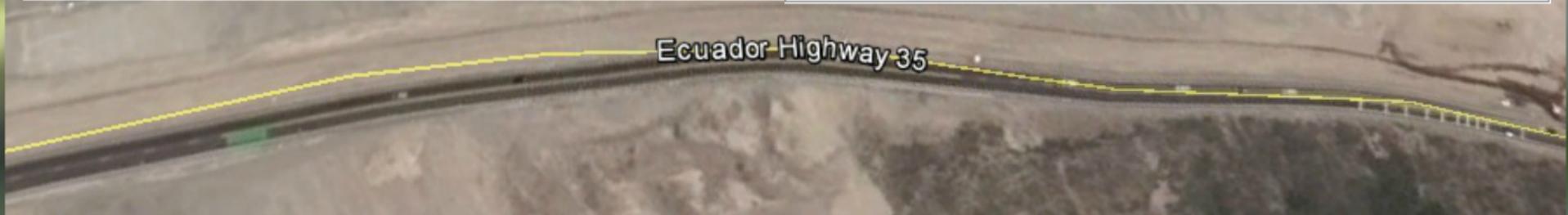
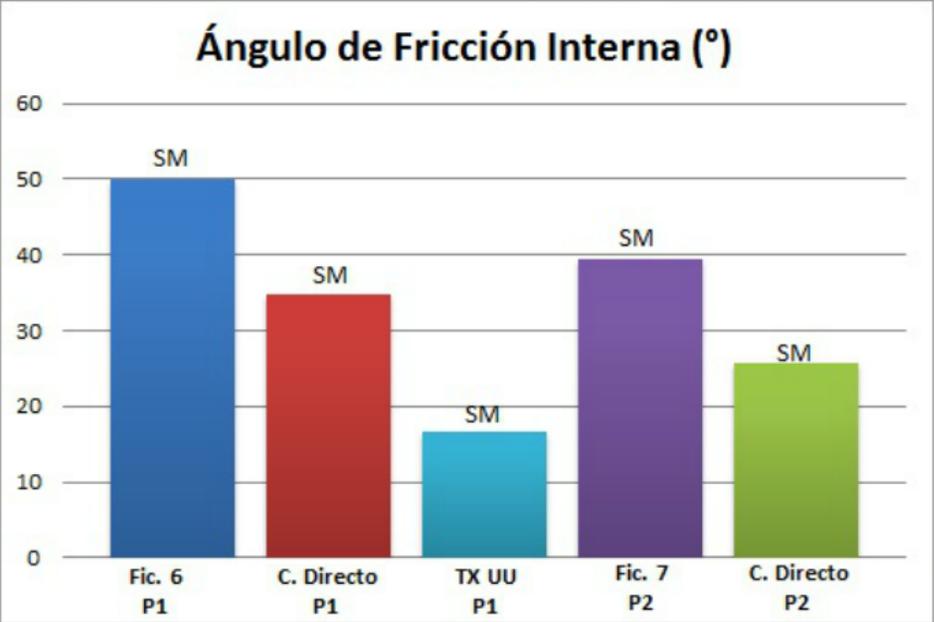
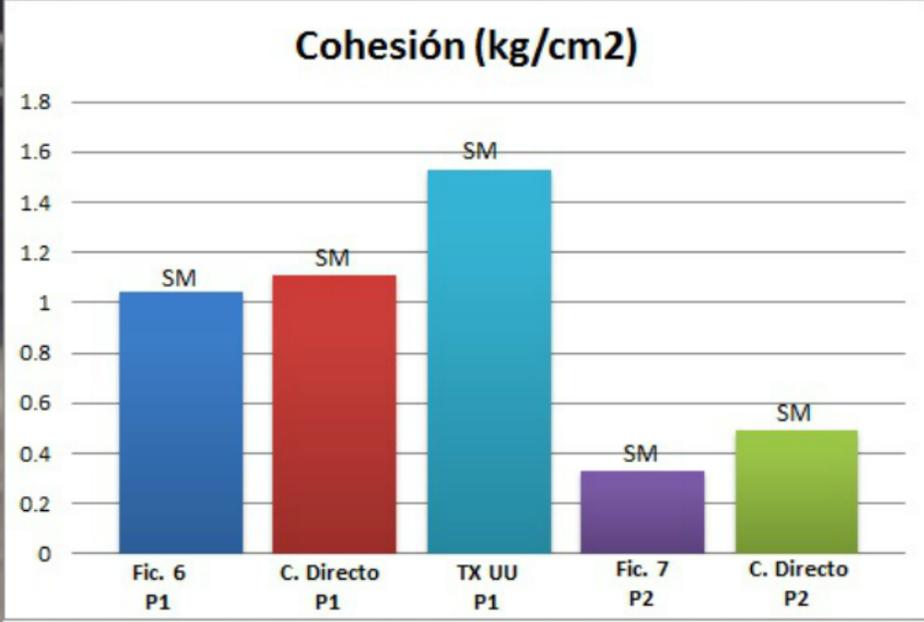


Cohesión (kg/cm²)

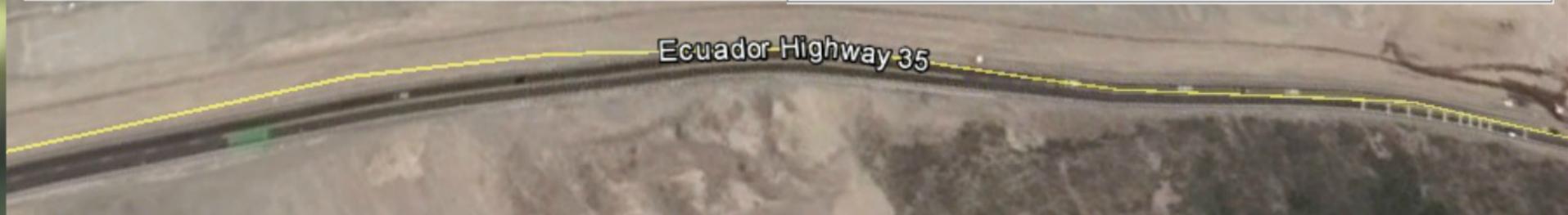
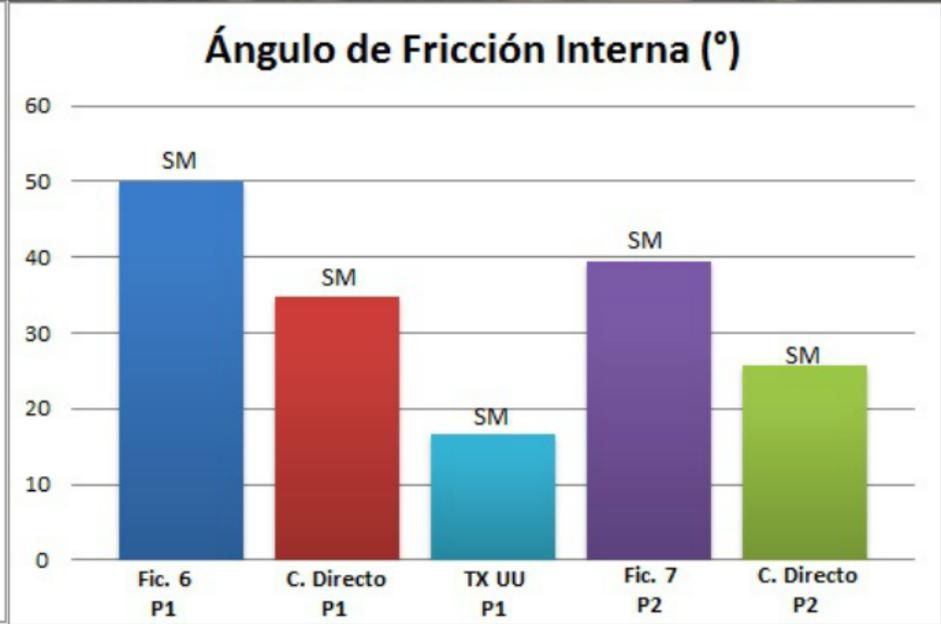
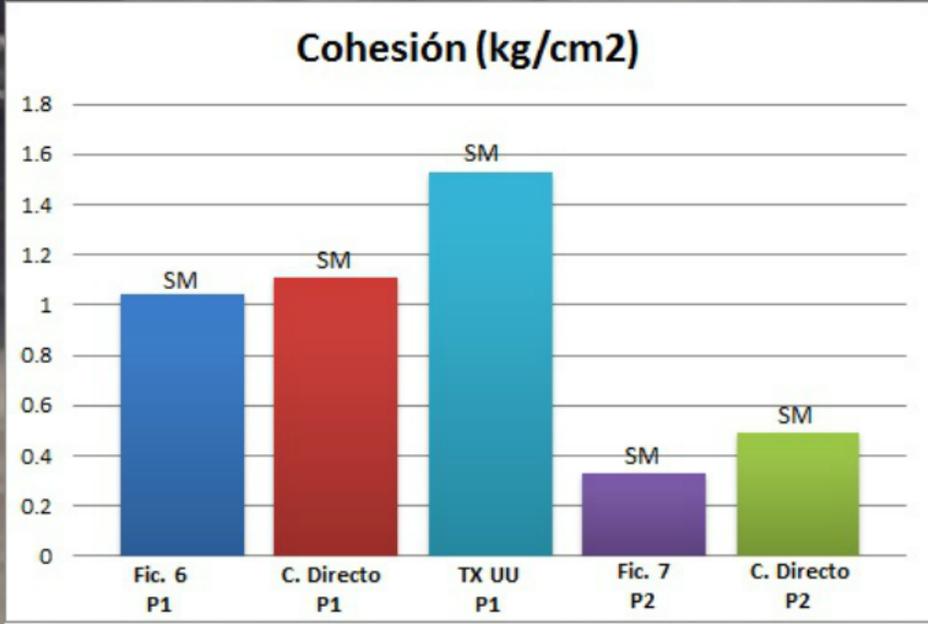


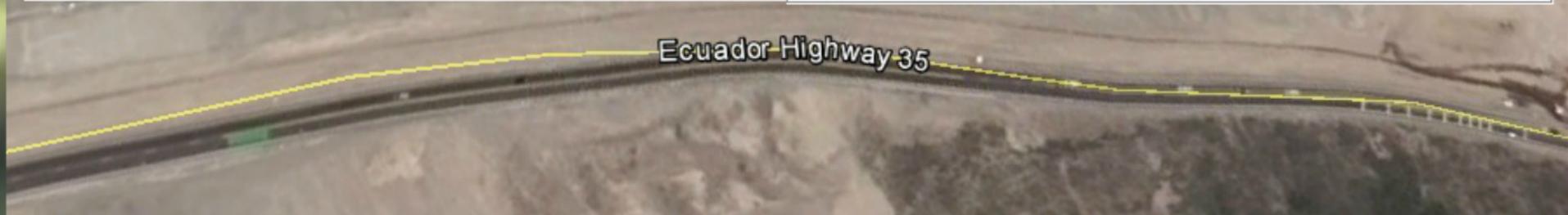
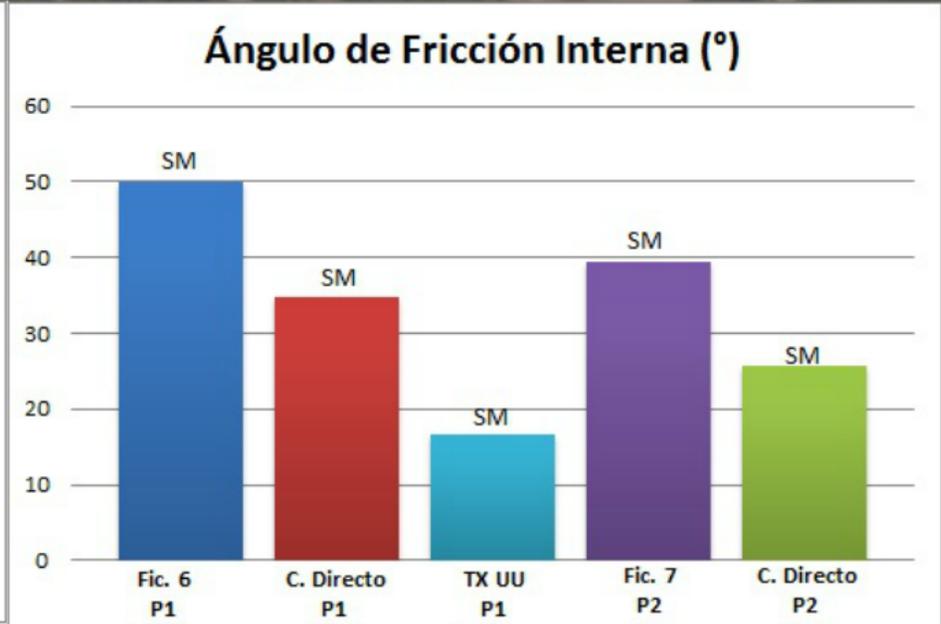
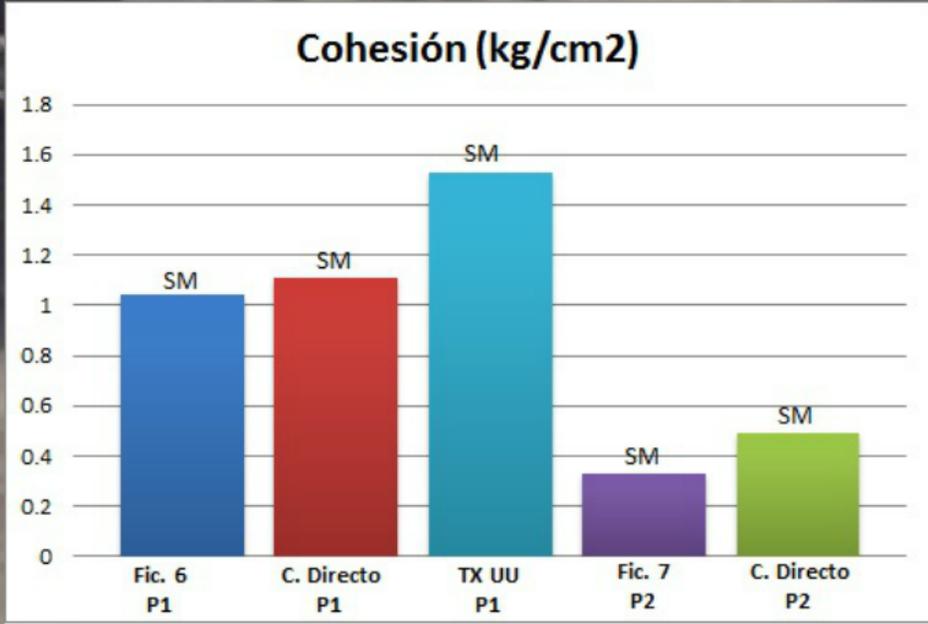
Ángulo de Fricción Interna (°)





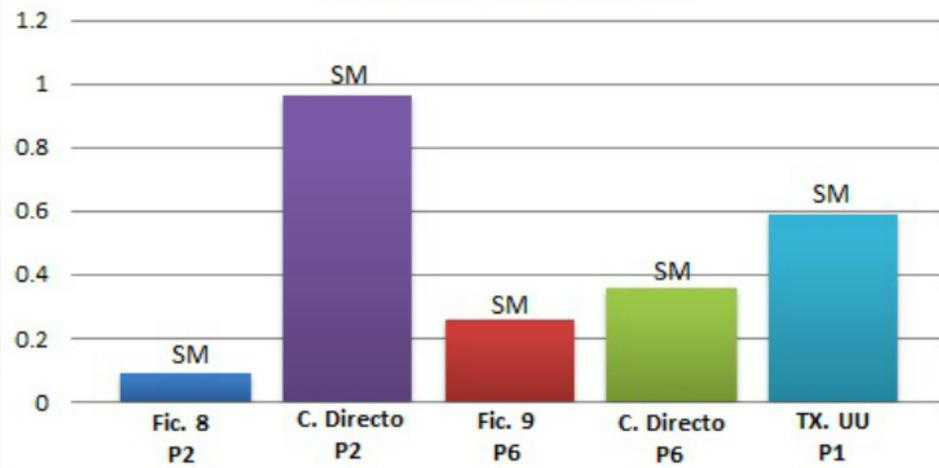
Ecuador Highway 35



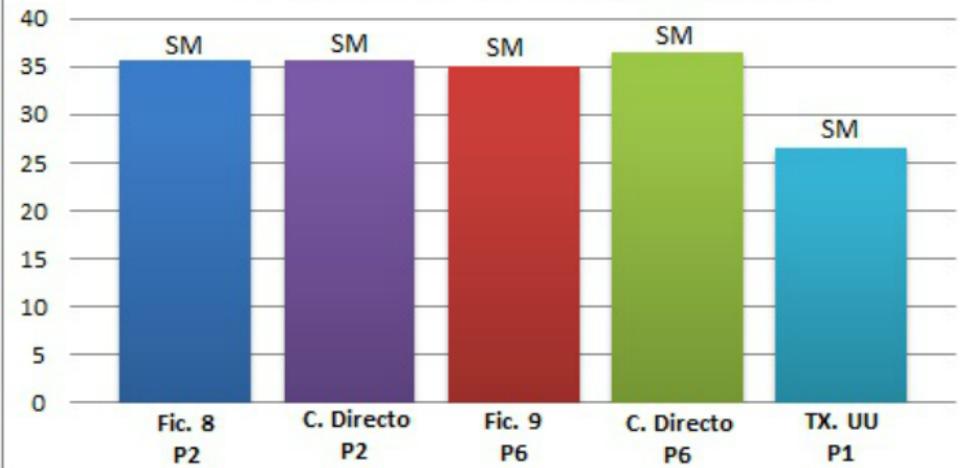


Ecuador Highway 35

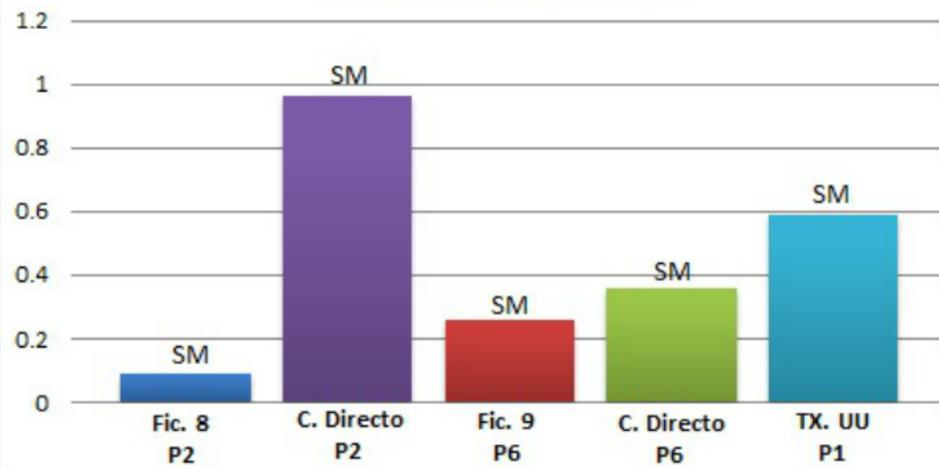
Cohesión (kg/cm²)



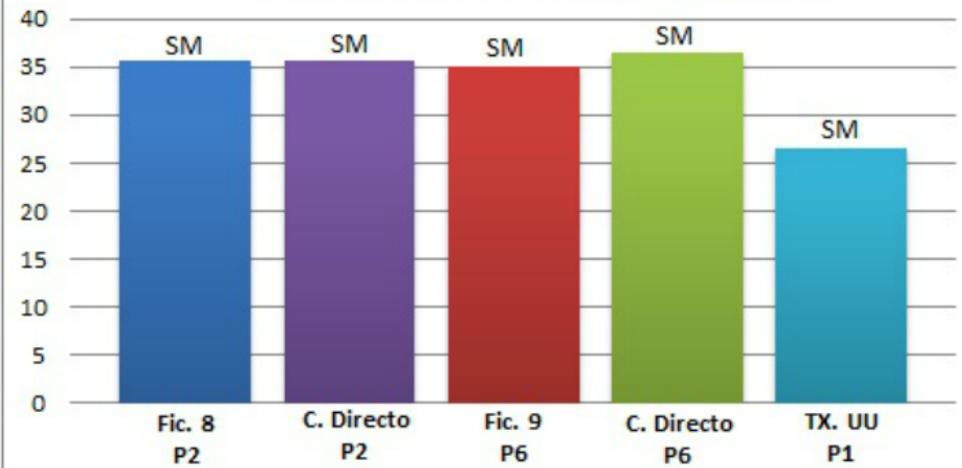
Ángulo de Fricción Interna (°)



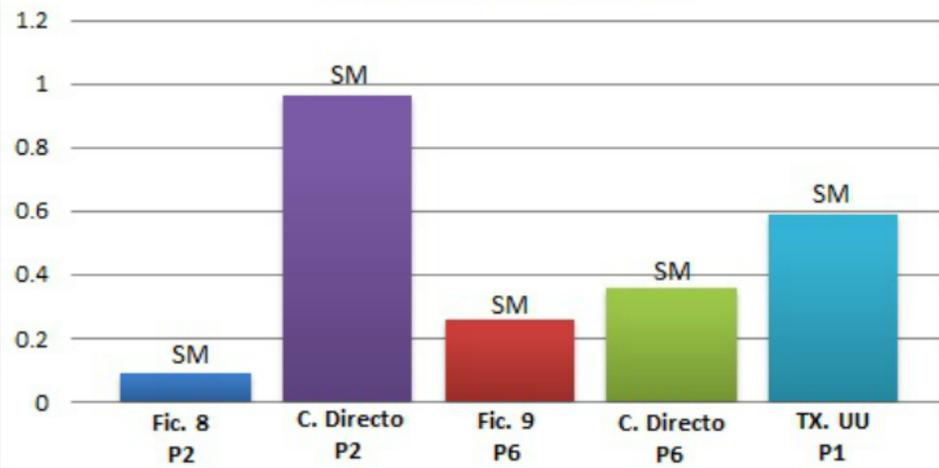
Cohesión (kg/cm²)



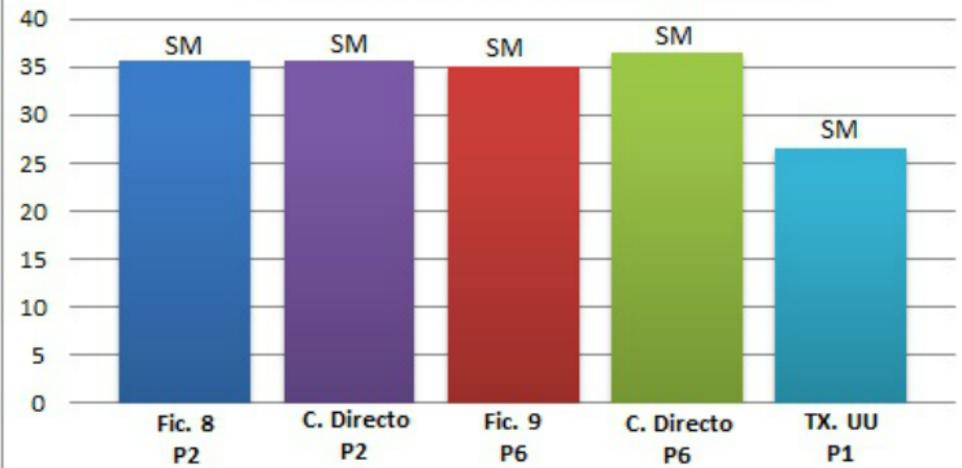
Ángulo de Fricción Interna (°)



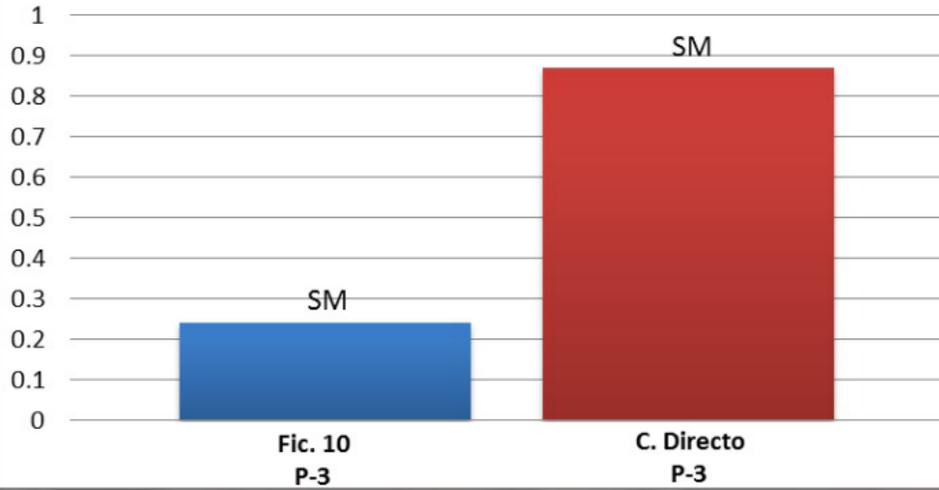
Cohesión (kg/cm²)



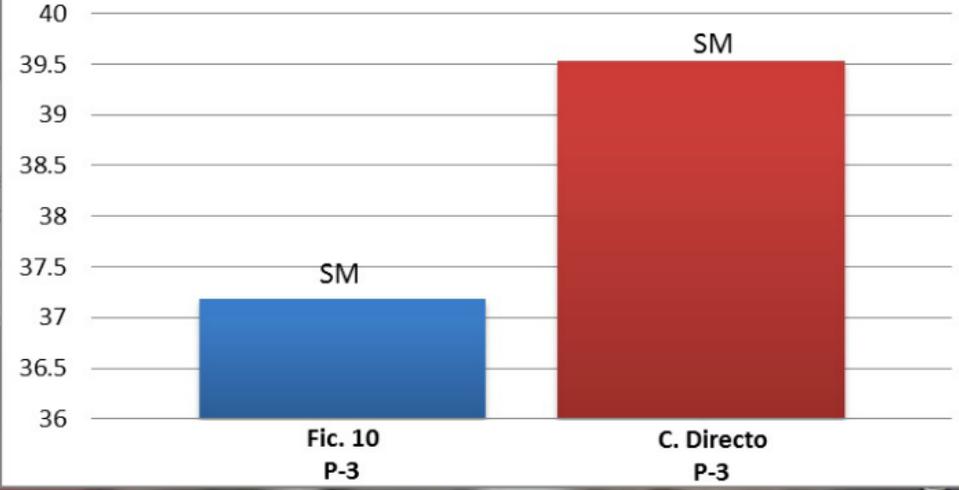
Ángulo de Fricción Interna (°)



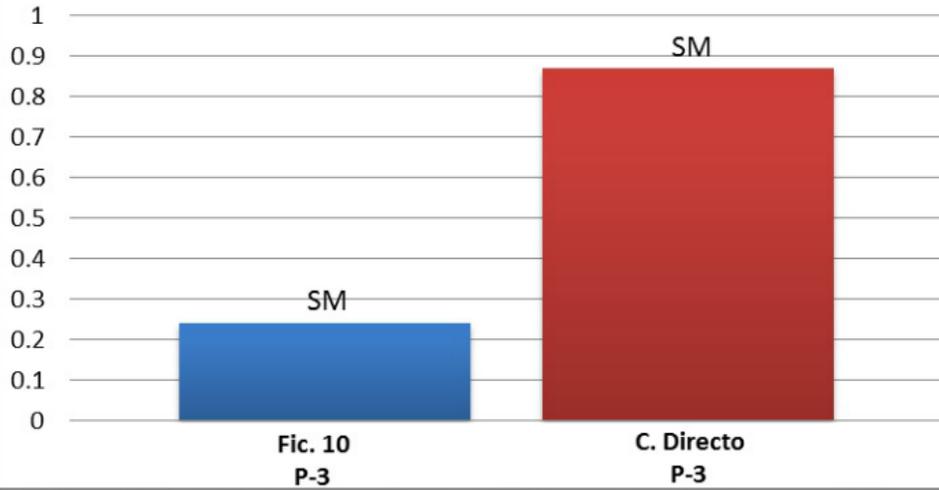
Cohesión (kg/cm²)



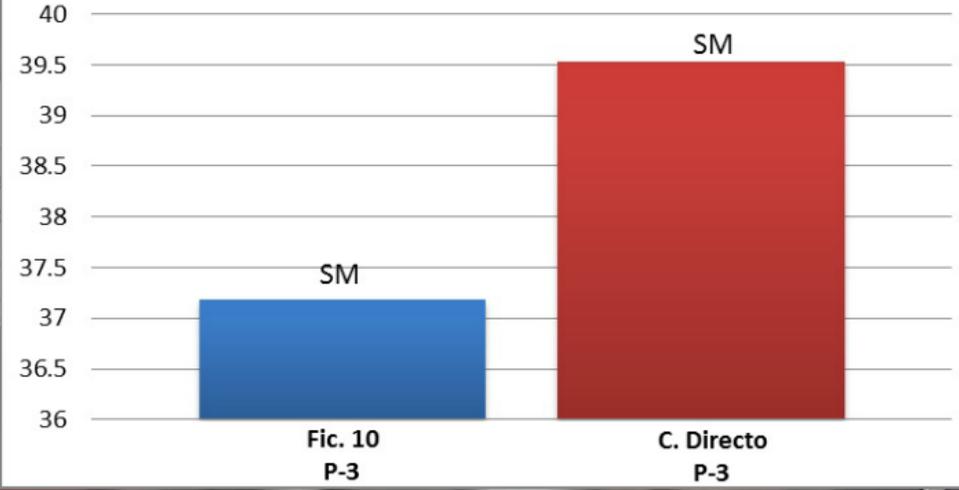
Ángulo de Fricción Interna (°)



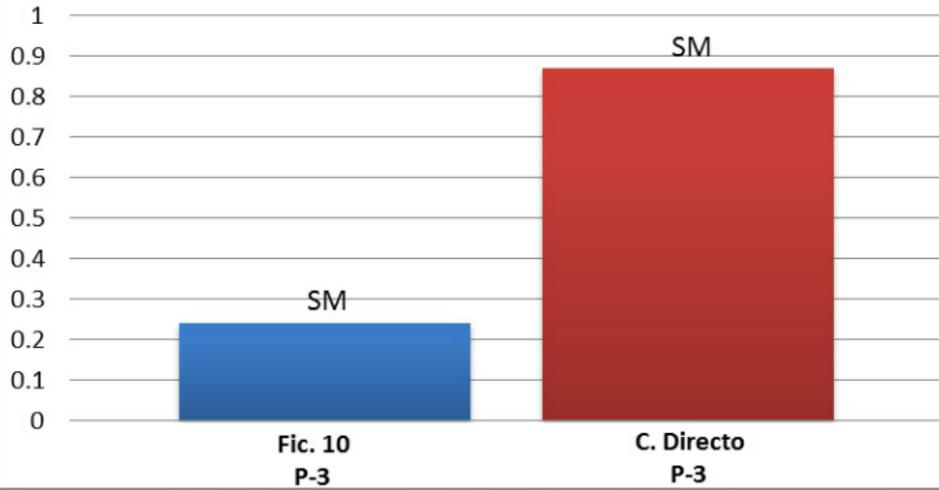
Cohesión (kg/cm²)



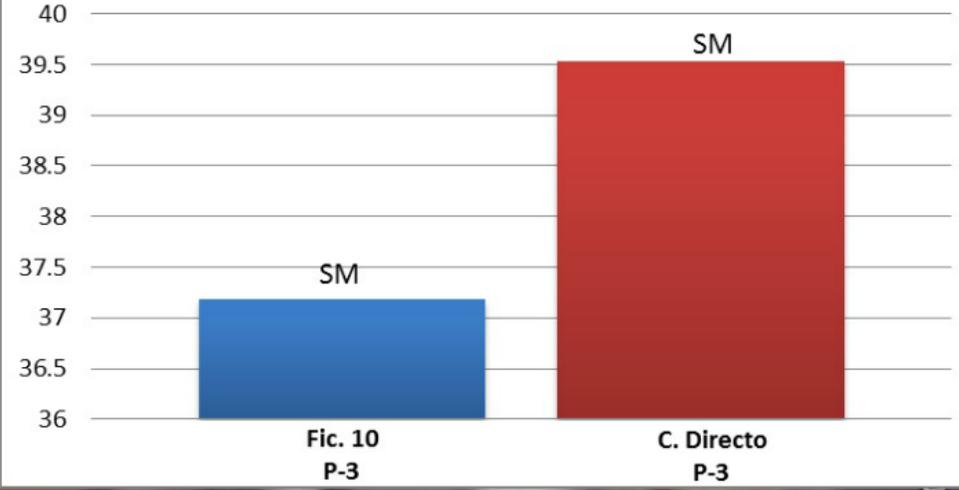
Ángulo de Fricción Interna (°)



Cohesión (kg/cm²)



Ángulo de Fricción Interna (°)



CORRELACIÓN ENTRE LOS ESFUERZOS CORTANTES RESISTENTES
OBTENIDOS CON EL FICÓMETRO Y CORTE DIRECTO

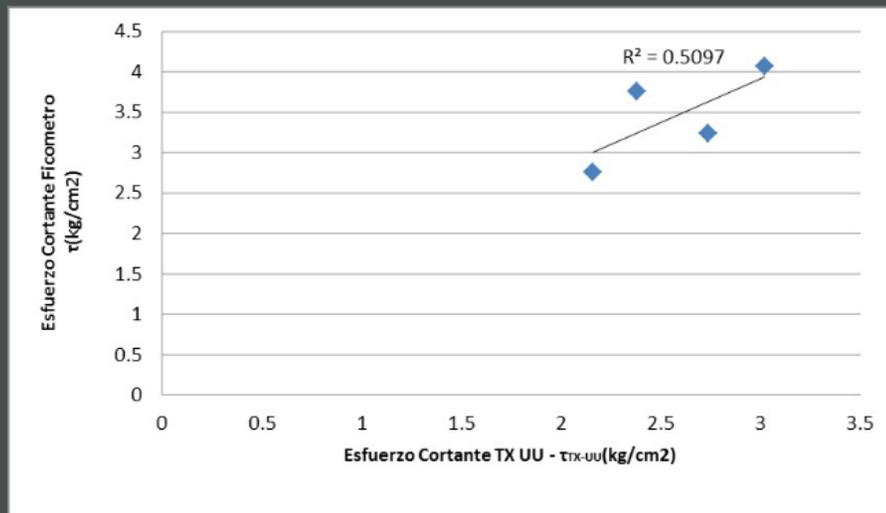
CORRELACIÓN ENTRE LOS ESFUERZOS CORTANTES
RESISTENTES OBTENIDOS CON EL FICÓMETRO Y TRIAXIAL-UU



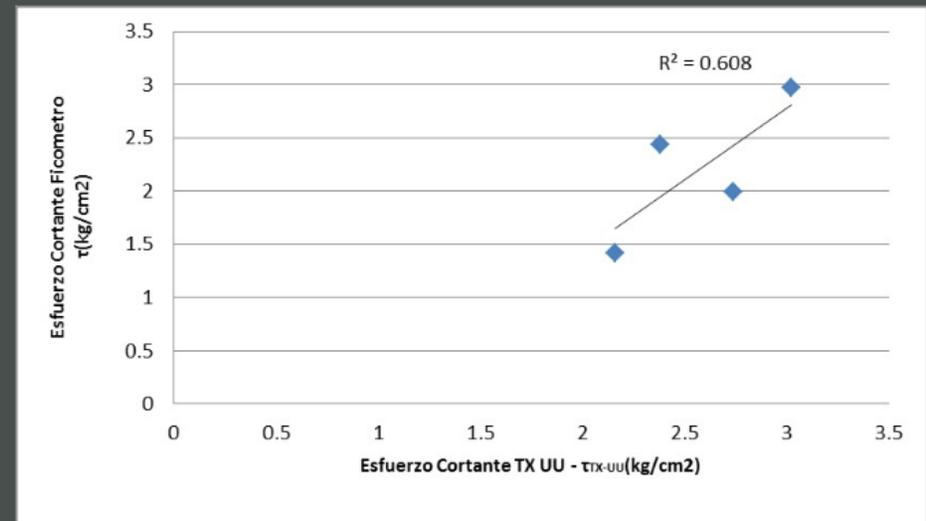
**CORRELACIÓN ENTRE LOS ESFUERZOS CORTANTES
RESISTENTES OBTENIDOS CON EL FICÓMETRO Y TRIAXIAL-UU**

Sitio de Investigación 3

Ficometro 6

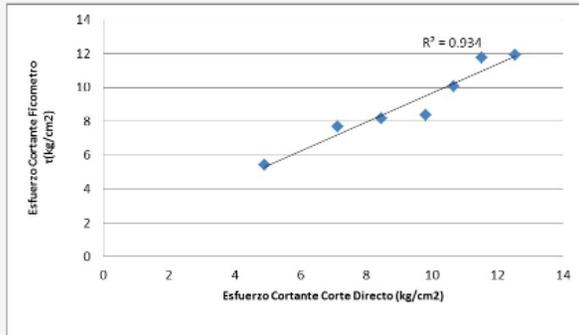


Ficometro 7

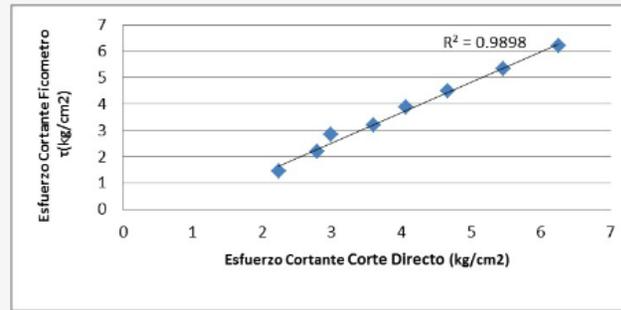


CORRELACIÓN ENTRE LOS ESFUERZOS CORTANTES RESISTENTES OBTENIDOS CON EL FICÓMETRO Y CORTE DIRECTO

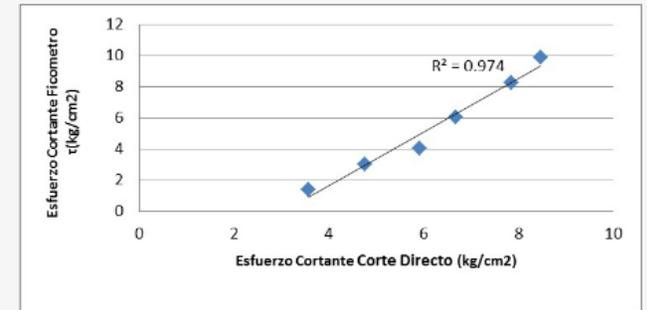
Ficómetro 2



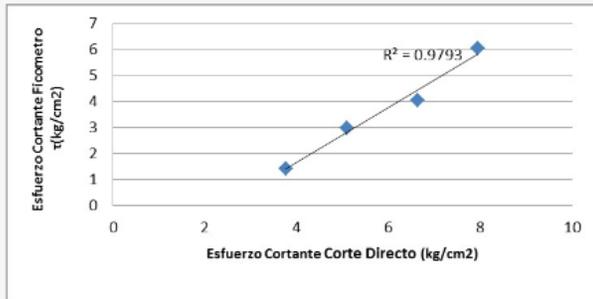
Ficómetro 3



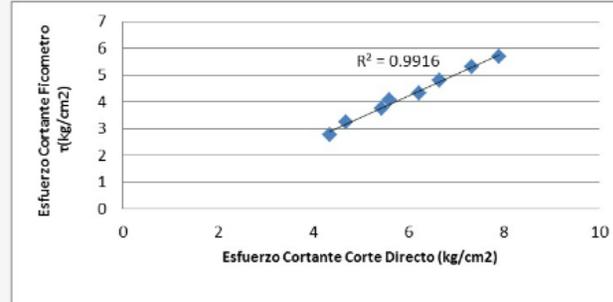
Ficómetro 4



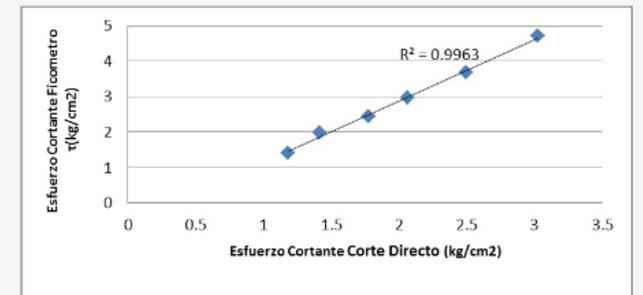
Ficómetro 5



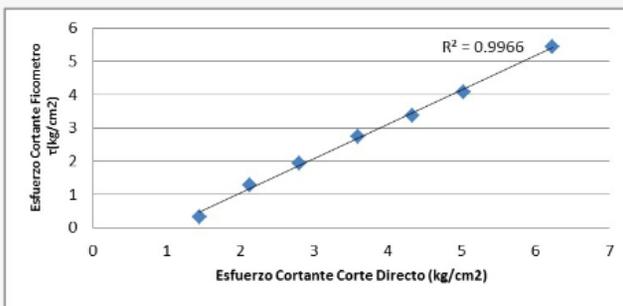
Ficómetro 6



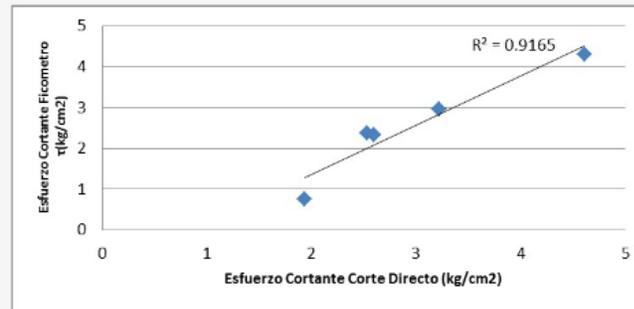
Ficómetro 7



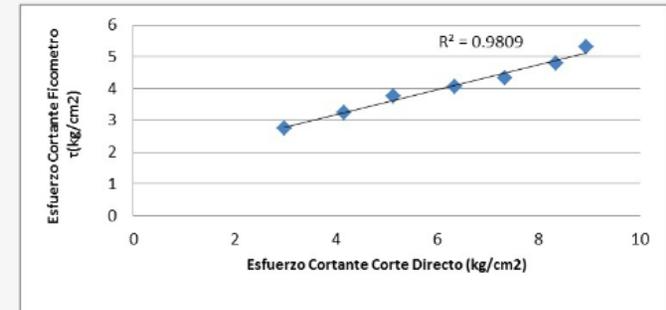
Ficómetro 8



Ficómetro 9



Ficómetro 10



[CONCLUSIONES]

[RECOMENDACIONES]

CONCLUSIONES

FICOMETRO**TRIAXIAL****RECURSO HUMANO**

2 personas: 1 ingeniero técnico y un ayudante

2 personas: 1 laboratorista y 1 ayudante

RECURSO ECONOMICO

300 dólares sin perforación

90 dólares

TIEMPO

Instalación, calibración, toma de datos, y resultados del ensayo: 1 hora a 1.5 horas

Toma de muestra y transporte: 1 hora,
Preparación de muestra y ensayo: 2 horas.
Total: 3 horas

FIABILIDAD

Se realiza el ensayo con las características de los materiales in situ, sin variación de parámetros

Toma de muestras superficiales que están sometidas a variaciones en los parámetros por manipulación y tiempo de ensayo.

NORMAS

XP P94-120

ASTM D 2850

GRADO DE DIFICULTAD

Control de la presión aplicada en la sonda.

Toma de muestra y preparación en laboratorio de especímenes.

FICOMETRO**TRIAxIAL UU****VENTAJAS**

Se obtienen in situ los parámetros de resistencia al corte del suelo, eliminando las incertidumbres causadas por el manejo y transporte de muestras "inalteradas" que posteriormente son manipuladas en laboratorio.

Es el ensayo de resistencia al corte en arcillas saturadas normalmente consolidadas.

Es de utilidad, principalmente en suelos arenosos de difícil muestreo.

El costo del ensayo es más económico que el ensayo de ficómetro.

El ensayo se puede realizar a la profundidad que se desee analizar los parámetros de corte.

Permite realizar un análisis a corto plazo.

Refleja el comportamiento real del suelo mediante la aplicación de la tensión en el suelo y la determinación del esfuerzo cortante.

Es la prueba más utilizada para estudios esfuerzo (σ) – deformación (ϵ).

Desempeña un papel vital en el estudio de la estabilidad de las estructuras, sirve para el diseño de los tensores para pantallas ancladas.

DESVENTAJAS

Se necesita de una perforación destructiva y sin revestimiento (difícil en suelos muy heterogéneos), para un correcto ensayo. Cuando la pared del pozo no son naturalmente estables

Muestras inalteradas de suelo in situ que son transportados y manipuladas en laboratorio, que pueden generar pérdidas en las propiedades índice y generar microfisuras para la evaluación del ensayo de resistencia al corte.

No se puede ensayar en suelos arcillosos, limos elásticos, suelos orgánicos.

Dificulta en el tallado de probetas, cuando el material es heterogéneo.

El costo del ensayo es elevado en comparación con los ensayos de corte directo y triaxial.

Los parámetros de resistencia al corte del suelo se determinan a partir de las envolventes de falla y círculos de Mohr.

Dependen de factores tales como la calidad de las muestras, su tamaño y el método de ensayo.

No es posible la toma de muestra para el ensayo triaxial a una profundidad deseada.

Muestras muy buenas pueden tener pérdidas de resistencia de hasta el 50% Fuente: (Ladd y Lambe 1964; Clayton y Hight 1992).

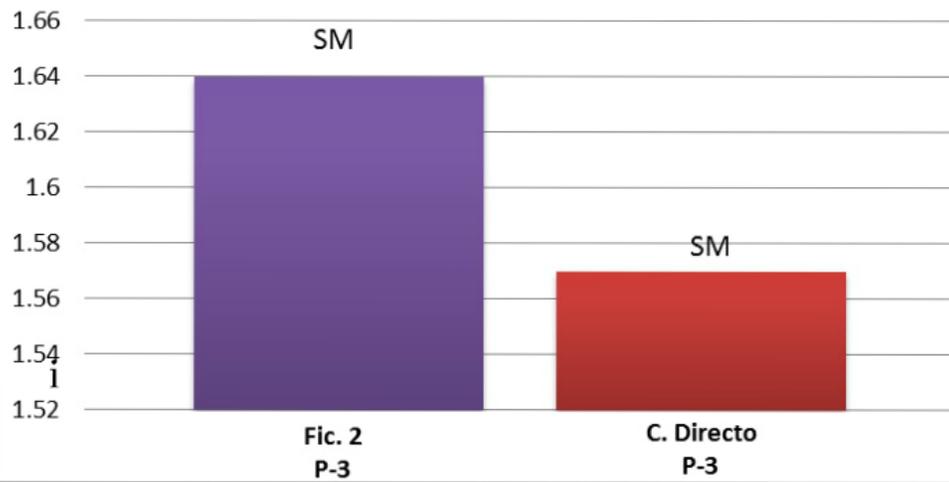
No es posible realizar las curvas de cedencia de Mohr-Coulomb, debido a que los equipos convencionales para Triaxial están calibrados para un estado de carga máximo de 7 kg/cm²

En la presente tesis se incluyó como dato adicional para comparar con los ensayos de ficómetro, la toma de muestras en los sitios de investigación para ensayo de corte directo.

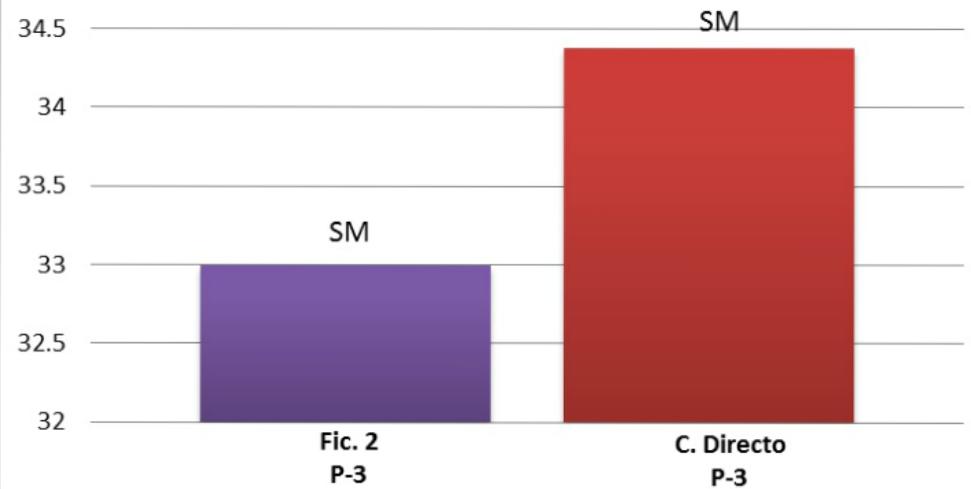
Se obtienen las siguientes conclusiones de los sitios de investigación:



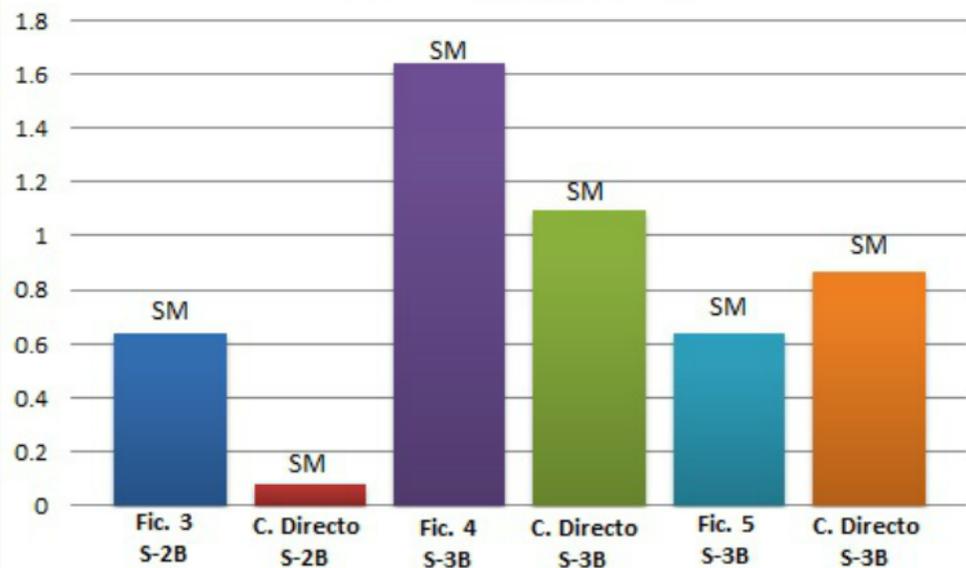
Cohesión (kg/cm²)



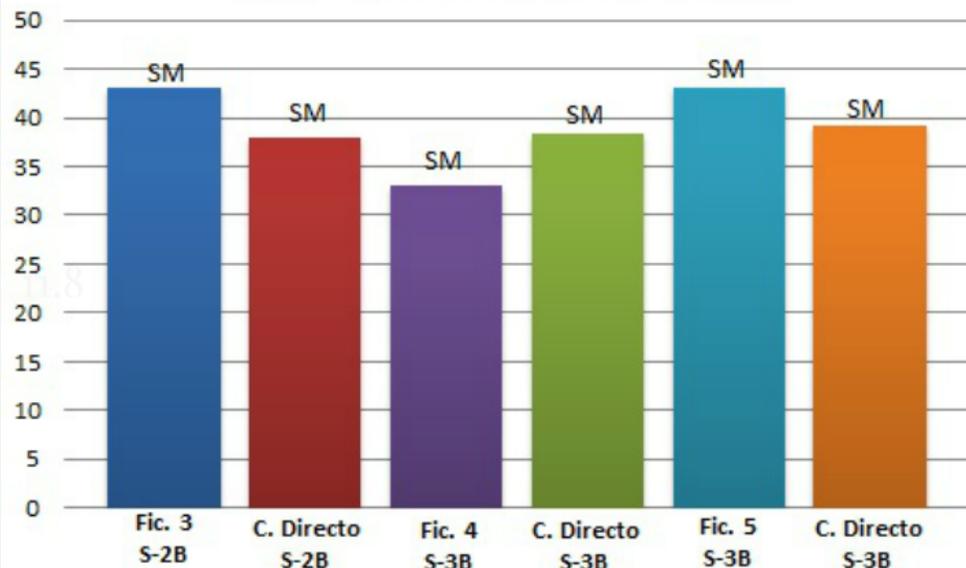
Ángulo de Fricción Interna (°)

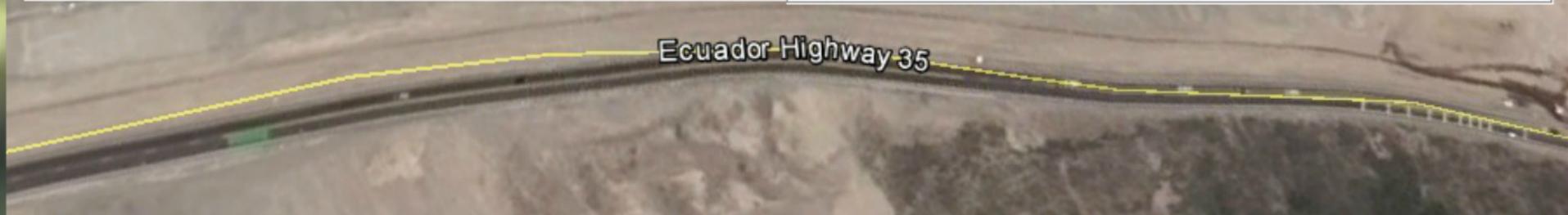
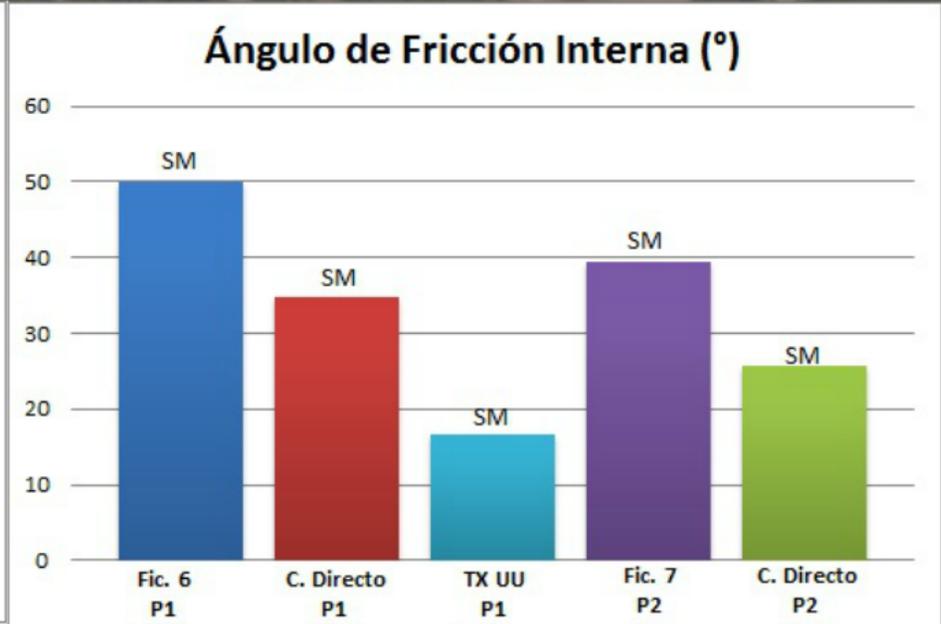
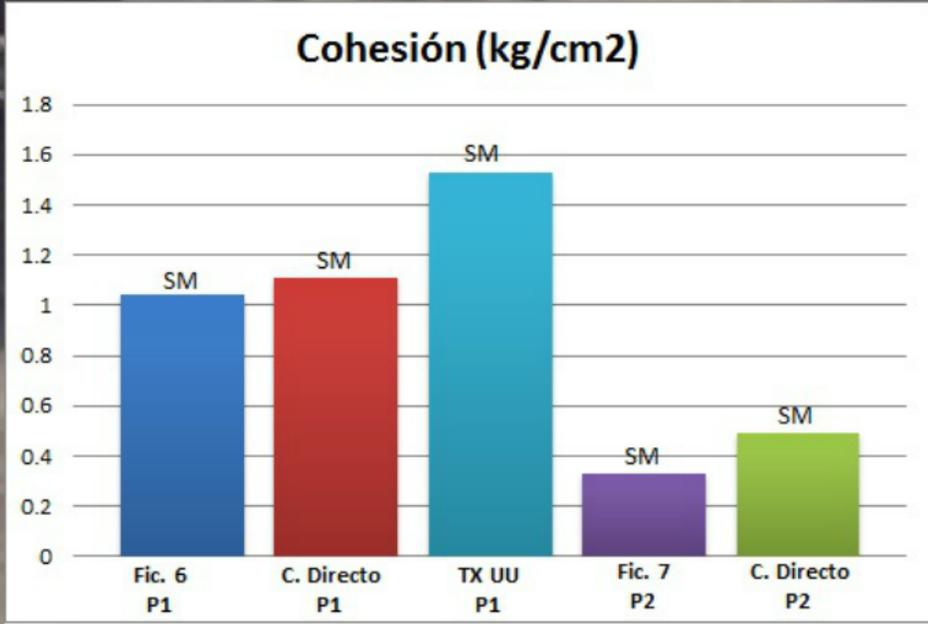


Cohesión (kg/cm²)

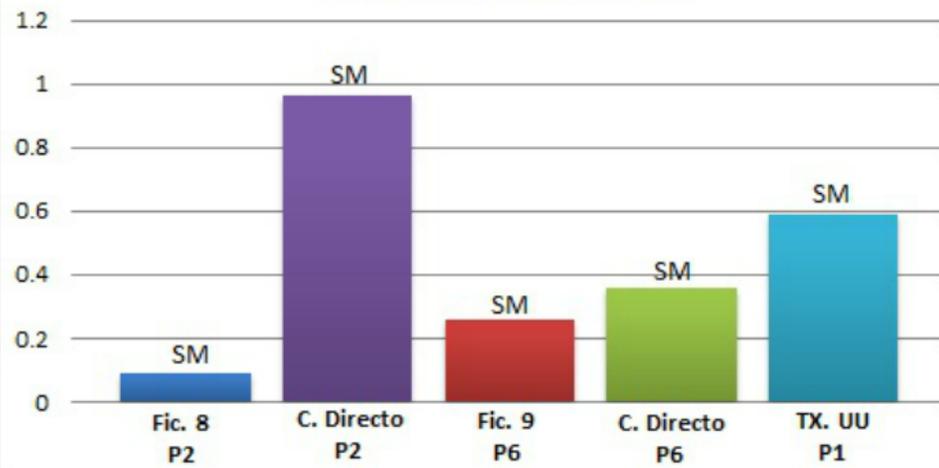


Ángulo de Fricción Interna (°)

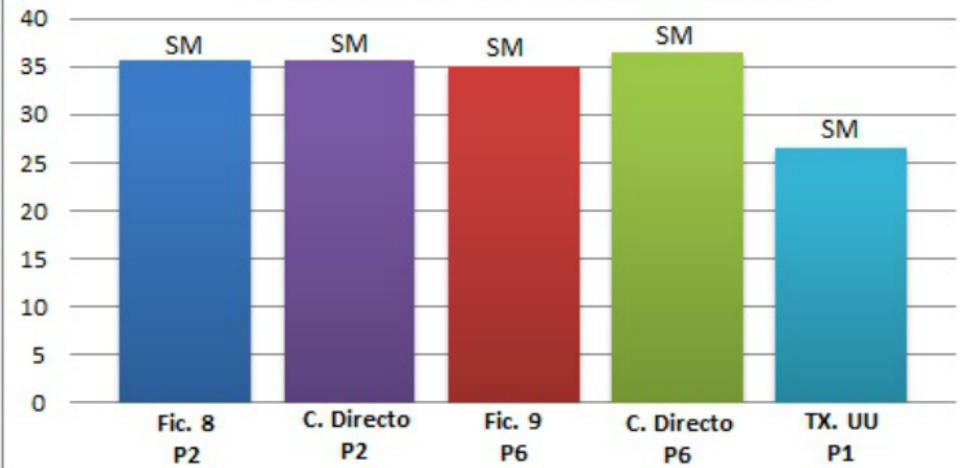




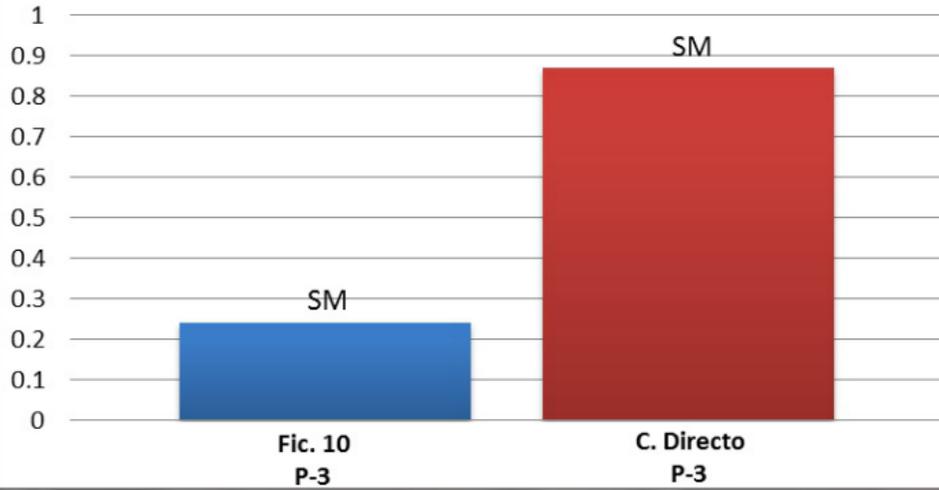
Cohesión (kg/cm²)



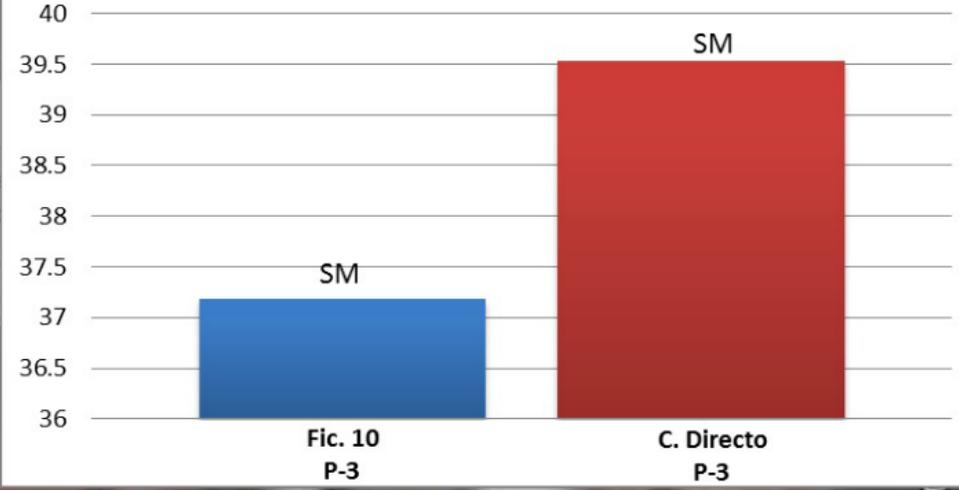
Ángulo de Fricción Interna (°)



Cohesión (kg/cm²)



Ángulo de Fricción Interna (°)



Los ensayos de corte directo se realizó a una profundidad de 2m. en todos los sitios de investigación, los resultados obtenidos entre la prueba de ficómetro y el ensayo de corte directo, presentan una varianza alta y baja, esta diferencia se debe a un proceso llamado Intemperismo o meteorización que es la disgregación o descomposición de los materiales expuestos al aire, la humedad, la temperatura y al efecto de la materia orgánica que se dio en la toma de muestras para el corte directo.

Mediante la investigación realizada, se concluye que las pruebas de laboratorio comparables con los resultados del ficómetro para los suelos estudiados son las pruebas de corte directo.

RECOMENDACIONES

Continuar con las investigaciones de los parámetros de corte de los suelos en la ciudad de Quito comparando los resultados de triaxial CC, CD y pruebas tradicionales para determinar la cohesión y el ángulo de fricción interna con el ficómetro.

Realizar los ensayos a la misma profundidad para determinar los parámetros de corte del suelo y así tener resultados más concretos.

Realizar clasificación SUCS, ensayo de penetración estándar y métodos convencionales en área de influencia del ensayo del ficómetro

Para obtener una comparación de resultados como la curva de cedencia de Mohr-Coulomb del ensayo ficómetro con corte directo y triaxial se deben tener equipos más especializados, debido a que la capacidad que tienen es muy baja.

La operación del ficómetro debe ser realizada por personal especialista en el funcionamiento del equipo y con conocimientos de geotécnica para la toma de decisiones en campo e interpretación de los resultados.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN