

T-335

S
DES

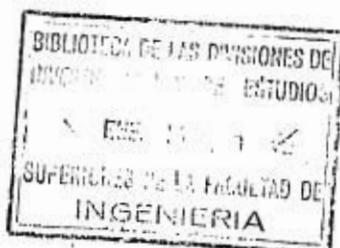
f 2

131



FACULTAD DE INGENIERIA U N A M
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

DESARROLLO DE UNA VELETA PARA MEDICION DE LA RESISTENCIA DE SUELOS BLANDOS



T E S I S

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERIA (Mec. de suelos)
p r e s e n t a
ENRIQUE SANTOYO VILLA

México, D.F. 1968

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

01149

PERFORADO

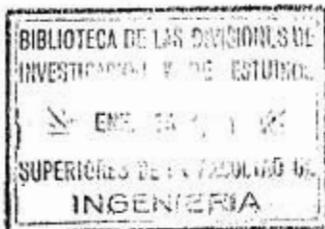
137



FACULTAD DE INGENIERIA U N A M
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

DESARROLLO DE UNA VELETA PARA MEDICION DE LA RESISTENCIA DE SUELOS BLANDOS

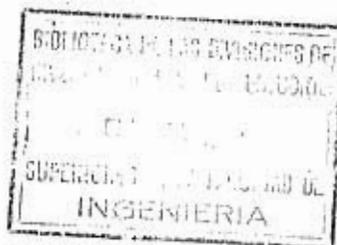
T E S I S



Enrique Santoyo Villa

México, D.F. 1968

1. ANTECEDENTES	1
2. DESCRIPCION DEL APARATO	2
3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCION DE LAS PRUEBAS	3
4. INTERPRETACION Y CONFIABILIDAD DE LAS PRUEBAS DE VELETA	6
5. ALGUNOS ESTUDIOS REALIZADOS CON ESTA VELETA	10
6. CONCLUSIONES	15
7. RECONOCIMIENTO	16
8. REFERENCIAS	17
FIGURAS	



1. ANTECEDENTES

La determinación in situ de la resistencia al corte de los suelos puede hacerse empleando la veleta. Es un procedimiento que tiene limitaciones pero que puede ser de utilidad en algunos problemas. Se han desarrollado numerosos tipos de veletas, cuyas diferencias fundamentales radican en el procedimiento para determinar el momento transmitido al suelo por la veleta y la forma en que se elimina la fricción producida en la columna de barras con que se opera el aparato (refs 1 y 2).

En algunos estudios del subsuelo de la Ciudad de México se han realizado pruebas de veleta a partir de 1953, empleando una veleta instrumentada con celdas eléctricas de deformación que miden el momento actuante cerca de la veleta eliminando así la influencia de la fricción en las barras (ref 3).

Se presenta en esta tesis una veleta en que se han integrado las ventajas de otros diseños, buscando que la operación sea muy simple para aumentar la eficiencia y convertirla en una herramienta más útil. Este aparato se diseñó y construyó para facilitar los estudios de campo del proyecto Texcoco; en los que fue necesario realizar un gran número de pruebas de resistencia en un tiempo reducido. Se presentan también algunos de los sondeos realizados, que demostraron la facilidad de operación del aparato, y su confiabilidad.

2. DESCRIPCION DEL APARATO

Los elementos que integran este aparato son: veleta, elemento sensible, columna de barras, cable conductor blindado, mecanismo de giro y aparato indicador de rotaciones; la forma en que se disponen se muestra en la fig 1.

El aparato que se propone en esta tesis tiene un elemento sensible de dimensiones reducidas que facilita la operación de la veleta, y está situado en el extremo inferior de la columna de barras para eliminar los errores provocados por la fricción de las mismas. Los detalles constructivos del elemento sensible se muestran en la fig 2. La pieza (B) de duraluminio, aleación 625-T6 está instrumentada con celdas eléctricas de deformación SR-4 (marca BIH Tipo FAE-125-12513, cementadas con adhesivo EPY 150); el eje de las celdas forma un ángulo de 45° con la pieza de duraluminio, y

el circuito eléctrico que las une es sensible sólo a esfuerzos de torsión (ref 4). El extremo inferior de la pieza de duraluminio se enrosca a la camisa protectora de acero inoxidable (A) que se une a la barra de extensión (V), y esta a su vez, a las barras de perforación EW; el otro extremo de la celda se une a la flecha (C) alojada en el interior de la pieza sensible (B) a la cual va unida con una junta cuadrada que solo puede transmitir esfuerzos de torsión, evitando la posibilidad de que la celda de duraluminio sufra esfuerzos de tensión durante el hincado de la veleta, la flecha (C) está montada en rodamientos axiales y radiales para reducir la fricción dentro del elemento sensible. En la parte exterior de la flecha se enrosca un vástago de 60 cm de longitud, en cuyo extremo están empotradas las aspas de la veleta.

En todas las juntas por las que puede entrar agua al interior de la camisa de acero se han colocado empaques de neopreno del tipo aro-sello, debe hacerse notar que los empaques denominados O2 en la figura, producen durante la operación de la veleta fricciones cuyo efecto queda incluido en las calibraciones del aparato.

3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCION DE LAS PRUEBAS

En las pruebas realizadas hasta ahora se ha usado ademe metálico NX de 8.9 cm de diámetro interior o ademe BX de 7.2 cm. Sin embargo parece factible realizar las pruebas dentro de perforaciones estabilizadas con lodos ben-

toníticos para evitar la necesidad de ademe metálico.

El sondeo con veleta se inicia colocando un tramo corto de ademe NX en una perforación e introduciendo la veleta dentro del ademe hasta dejarla suspendida sin tocar el fondo. A continuación, se fija el mecanismo de giro en la boca del ademe y se une firmemente con tensores a la máquina de perforación con la que se realiza el trabajo. Enseguida, se unen las terminales del cable al aparato indicador, y se lee estando aún la veleta suspendida. Hecho esto, se hinca la veleta 60 cm y se toma la lectura del aparato indicador; ambas lecturas deben coincidir, a menos que ocurran esfuerzos de torsión durante el hincado. Hecho lo anterior, se dan vueltas a la manivela del mecanismo de giro que está provisto de un transportador que permite verificar la velocidad angular de la veleta (fig. 3). Una vez iniciada la deformación, se anotan las lecturas del aparato indicador cada 15 seg hasta lograr la falla del suelo. Terminada la prueba, se levanta la columna de barras y se toma la lectura del indicador con la veleta suspendida. Para continuar el sondeo, se penetra el ademe hasta quedar 60 cm arriba del sitio en que se hará la siguiente prueba, se lava el interior del ademe con agua a presión y se introduce la veleta de nuevo para continuar en la forma ya descrita. En caso de que se utilice lodo bentonítico, solo se usa un tramo de ademe NX para emboquillar la perforación.

En las pruebas hasta ahora realizadas la velo

cidad de deformación medida con el transportador se fijó arbitrariamente en cuatro grados por minuto. La veleta gira con una velocidad poco menor debido a la deformación de la columna de barras, y a giros entre las uniones. Por esta razón se ha hecho la representación gráfica de la resistencia al corte contra el tiempo (fig 4).

La duración de cada prueba está condicionada, principalmente, por el tiempo que toma definir la resistencia remanente. En pruebas realizadas anteriormente la duración llegaba hasta 50 min (ref 3). Con el propósito de hacer en menor tiempo las pruebas y disminuir el efecto de consolidación, se modificó el procedimiento de ejecución del modo siguiente: 15 seg después de la falla se produce una deformación de más de 200 grados durante un minuto y se reanuda la prueba con una velocidad de 4 grados por minuto. En la fig 4 se aprecia un importante decremento en la resistencia debido al remoldeo del suelo, y una recuperación cuando la velocidad de deformación vuelve a ser de 4 grados por minuto; posteriormente, en un lapso de 6 min se define la resistencia remanente. En algunas pruebas se continuó la rotación otros 15 min y no se apreció cambio en la resistencia.

Algunas pruebas se hicieron sin recurrir al remoldeo a gran velocidad de deformación. La resistencia remanente quedó ligeramente arriba de la medida con el procedimiento descrito en el párrafo anterior. Acortando el tiempo transcurrido entre la falla y el comienzo del remoldeo se lo

gró reducir más aún el tiempo de duración de cada prueba. De esta forma se logró un máximo de 10 y un promedio de 8 pruebas por día en sondeos hasta de 20 m de profundidad.

4. INTERPRETACION Y CONFIABILIDAD DE LAS PRUEBAS DE VELETA

La información obtenida de una prueba podrá emplearse en aquellos problemas en que la resistencia no drenada sea representativa del comportamiento de los suelos. Hay dos hipótesis posibles para el cálculo de las pruebas: suponer una distribución uniforme de esfuerzos en la superficie cilíndrica que cortan las aspas de la veleta, o suponer que los esfuerzos en la superficie lateral del cilindro son iguales y que en las caras horizontales del cilindro se tiene una distribución triangular de esfuerzos cortantes con valor nulo en el eje de la veleta. En ambos casos, se supone que no ocurre falla progresiva en el suelo (ref 5).

La influencia de la relación diámetro-altura de la veleta es importante cuando el suelo no es homogéneo e isotrópico (ref 6).

Para las dos hipótesis posibles de cálculo se pueden obtener las siguientes expresiones:

a. Distribución uniforme

$$s = 0.273 \frac{M_A}{D^3}$$

De la calibración de la veleta se tiene que:

$$M_A = \frac{\Delta L}{10} 1.78$$

entonces

$$s = 0.486 \frac{\Delta L}{D^3}$$

b. Distribución triangular

$$s = 0.506 \frac{\Delta L}{D^3}$$

en que:

s : Resistencia al corte del suelo en kg/cm^2

M_A : Momento actuante en la veleta en kg/cm

D : Diámetro de la veleta ($H = 2D$) en cm

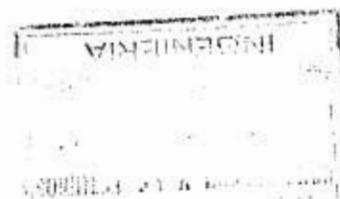
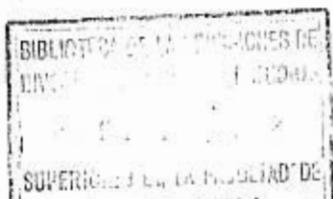
ΔL : Diferencia de lecturas en el aparato indicador (micro-pulgadas/pulg)

La sensibilidad del aparato es función del inverso del cubo del diámetro de la veleta. Por ello, en suelos muy blandos, conviene utilizar veletas grandes.

De la calibración del elemento sensible se aprecia que la desviación entre carga y descarga es de 25 unidades (ver fig 5). Esto conduce a errores de la siguiente magnitud:

Para la distribución triangular

$$E = 0.506 \frac{25}{D^3}$$



Si la veleta tiene $D = 10$ cm y $H = 20$ cm

$$E = 0.506 \frac{25}{800} = 0.016 \text{ kg/cm}^2$$

Otro error, más difícil de determinar, se debe a la fricción entre el suelo y el vástago de la veleta. Una forma aproximada de valuar esta fricción consiste en realizar, a varias profundidades del sondeo, pruebas con un vástago sin aspas y determinar el valor de la corrección. En las pruebas realizadas se encontró que este error es de aproximadamente 2 a 3 por ciento de la resistencia.

Para evitar errores por cambios en las fricciones interiores o en la respuesta de las celdas SR-4, es conveniente realizar calibraciones frecuentes del aparato.

La medición que se hace de la rotación de la veleta es poco confiable, pues como se realiza en la superficie, está afectada por las deformaciones de la columna de barras y por giros que pueden ocurrir en sus uniones. Parece factible desarrollar un dispositivo para medir las deformaciones dentro de la perforación, evitando así los errores mencionados.

La capacidad máxima del aparato está determinada por la de la celda sensible; pero reduciendo el tamaño de las veletas pueden hacerse pruebas en suelos de mayor resistencia. Hasta ahora se han hecho pruebas en materiales de resistencia máxima de 1 kg/cm^2 .

La información obtenida con la veleta será más confiable si se tienen correlaciones entre la resistencia al corte medida en pruebas de laboratorio y con la veleta, o entre esta última y la desarrollada en fallas de campo (refs 5 y 6). Por supuesto que estas correlaciones serán válidas sólo para los suelos en que se han realizado y servirán como una guía para otros casos.

En las arcillas del Lago de Texcoco se hicieron dos sondeos cercanos realizando pruebas de veleta en uno de ellos y obteniendo en el otro muestras inalteradas que se ensayaron en el laboratorio. En las figs 6 y 7 aparece un corte de este sondeo; los suelos encontrados corresponden a la denominada formación arcillosa superior (ref 4), que en el sitio estudiado tiene un espesor aproximado de 32 m.

Con las muestras inalteradas se determinó la variación de la resistencia al corte en pruebas de compresión simple y en pruebas no consolidadas-no drenadas (Q). En la fig 8 se presentan los resultados obtenidos, incluyendo los valores determinados en las pruebas de veleta. La compresión simple proporciona los valores más bajos, debido a la presencia de fisuras en las muestras.

Las pruebas Q se hicieron con presiones de confinamiento iguales al esfuerzo efectivo vertical in situ. La variación de la resistencia con la profundidad en estas pruebas es semejante a la obtenida en las de veleta, con una

diferencia casi constante de 50 gr/cm^2 . Asignando a la resistencia al corte medida con veleta el 100 por ciento, a las pruebas no drenadas corresponde el 80 por ciento y a las de compresión simple el 50 por ciento.

Se intentó encontrar una correlación entre los valores de la resistencia al corte y el contenido de agua de los suelos. En la fig 9 se aprecia más dispersión en los puntos correspondientes a la prueba de compresión simple que en los de las pruebas Q y de veleta. Los contenidos de agua se obtuvieron del sondeo inalterado, interpolando el valor correspondiente a la profundidad en que se hizo cada prueba de veleta.

Se sabe que en arcillas normalmente consolidadas del mismo tipo, la relación entre la resistencia no drenada y el esfuerzo vertical efectivo ($\frac{c}{p}$) es aproximadamente constante. Los valores de resistencia con veleta son los más congruentes con esa condición (fig 10), pues su desviación estándar es la menor.

5. ALGUNOS ESTUDIOS REALIZADOS CON ESTA VELETA

Hasta ahora esta veleta se ha empleado principalmente en la zona del Lago de Texcoco, en los estudios de campo para el Proyecto Texcoco. Se presentan a continuación algunos de los sondeos realizados para el análisis de tres problemas:

a. Determinación del incremento de resistencia al corte debido a la consolidación de las arcillas (ref 7)

b. Determinación de la superficie de falla del talud de una excavación (ref 8).

c. Disminución de la resistencia al corte de las arcillas provocada por una explosión (ref 9).

a. Incremento de resistencia de las arcillas debida a su consolidación. Para determinar el incremento de resistencia al corte producido por la consolidación de las arcillas provocada por una prueba de bombeo intensivo realizada en el vaso de Texcoco, se hicieron tres sondeos con veleta en el sitio de la prueba hasta 55 m de profundidad donde se encontraron resistencias muy altas. Los lugares en que se efectuaron los tres sondeos se escogieron con las siguientes características. Uno de los sondeos (ZPS-1) quedó donde el efecto de consolidación ha sido más intenso, o sea, en un punto de la zona de asentamientos máximos. Otro sondeo (ZPS-2) se efectuó fuera de la zona de influencia del bombeo y el tercero (ZPS-3) en un punto de hundimiento medio.

Las resistencias máximas y remanentes en los tres sondeos se presentan en la fig 11. Para la resistencia máxima se pueden distinguir tres zonas con materiales de diferente comportamiento: las dos primeras zonas corresponden a la formación arcillosa superior, y la tercera zona a la formación arcillosa inferior.

La primera zona se localiza entre los 2 y 16 m de profundidad, y se compone de arcillas blandas con lentes de arena que hacen más rápida la consolidación. La resistencia aumenta con la profundidad. En el sondeo localizado fuera de la zona de influencia del bombeo, el incremento de la resistencia es de aproximadamente $10 \text{ gr/cm}^2/\text{metro}$. Comparando las curvas de resistencia máxima de los tres sondeos, se tiene que los valores de la resistencia del sondeo ZPS-3 quedan comprendidos entre los obtenidos en los sondeos ZPS-2 y ZPS-1. En el sondeo ZPS-2 el valor medio de la resistencia entre 2 y 16 m de profundidad es de 160 gr/cm^2 , y en el ZPS-1 es de 275 gr/cm^2 , lo que indica un incremento de la resistencia al corte de 72 por ciento causado por el bombeo.

En la segunda zona, de 16 a 37.5 m de profundidad, se encuentran arcillas blandas. La resistencia máxima medida con el sondeo fuera de la zona de influencia tiende a un valor constante de aproximadamente 300 gr/cm^2 . Comparando las resistencias máximas medidas en los tres sondeos, se pone de manifiesto la heterogeneidad de los materiales. Sin embargo, las curvas de resistencias máximas en los tres sondeos tienden a ser verticales. Por lo anterior, se puede inferir que el incremento de resistencia es pequeño y errático.

La tercera zona se localiza de 39.5 a 48 m de profundidad y está formada por arcillas duras de resistencia que varía entre 0.7 y 1.1 kg/cm^2 en el sondeo localizado fuera del área de influencia del bombeo. En esta zona la varia-

ción de la resistencia al corte por la heterogeneidad de los materiales encontrados oscurece los incrementos de resistencia que se producen por la consolidación, por lo que no puede llegarse a una conclusión basada en comparación de resistencias. Además, buen número de pruebas se suspendieron porque probablemente quedaron en lentes de arena que dieron resistencias superiores a la capacidad del equipo de medición.

b. Determinación de la superficie de falla en el talud de una excavación. Para localizar la superficie de falla en un talud se efectuaron tres sondeos de resistencia "in situ" hasta 16 m de profundidad con la veleta descrita. Los resultados de esta exploración se presentan en las figs 12 a 14. El sondeo ZD1 se hizo en una zona alejada de la falla, en la cual los inclinómetros indicaron movimientos despreciables, para determinar las condiciones que debieron existir en los taludes antes del deslizamiento. El sondeo ZD2 se hizo dentro de la zona de la falla en un punto cercano a la grieta principal. Comparando los resultados del ZD2 con los del ZD1 se observa la disminución de la resistencia en la zona de falla por el fuerte remoldeo que sufrieron las arcillas durante el movimiento de la masa de materiales superyacentes. En este sondeo se encuentra la superficie de falla entre 6.0 y 6.5 m de profundidad. En el sondeo ZD3, efectuado en un punto cercano al pie del talud, la superficie de falla se encuentra a 1.2 m.

El valor representativo de la resistencia al

corte en veleta para las arcillas encontradas entre 4 y 9 m de profundidad es de aproximadamente 190 gr/cm^2 , antes del deslizamiento.

c. Disminución de la resistencia al corte de las arcillas provocada por una explosión. Se hizo una prueba para determinar la reducción que puede provocarse en la resistencia al corte de las arcillas del Lago de Texcoco. Se detonó cierta cantidad de explosivos dentro de perforaciones de 16 m de profundidad; antes de la explosión se hicieron dos sondeos con veleta: el sondeo V1 se hizo a 2 m de una de las perforaciones y el sondeo V2 a 6 m, en ambos sondeos se midió la resistencia a cada metro, hasta 20 m de profundidad. En la fig 15 se presenta la variación de las resistencias máxima y remanente según la profundidad. La comparación de los sondeos V1 y V2 (fig 15) muestra la regularidad estratigráfica del sitio elegido para la prueba.

En ambos sondeos se aprecia que la costra desecada superficial tiene una alta resistencia; pero debajo de ella se encuentran resistencias máximas tan bajas como 170 gr/cm^2 , que aumentan con la profundidad a razón de $12 \text{ gr/cm}^2/\text{m}$, aproximadamente, hasta la profundidad de 17 m. La resistencia remanente media es de 70 gr/cm^2 hasta 8 m de profundidad y después se incrementa, especialmente en el sondeo V2 que llega hasta 150 gr/cm^2 . Dado que se trata de un suelo con contenido de agua cercano al límite líquido, de los altos valores de la resistencia remanente se desprende

que el remoldeo provocado por la rotación de la veleta es parcial.

En las figs 16 y 17 se comparan las resistencias máxima y remanente al corte. medidas antes y después de la explosión. En ambos sondeos se observa disminución de la resistencia máxima, a partir de 5 m de profundidad. En las pruebas realizadas entre 8 y 9 m no se aprecia disminución de dicha resistencia, quizá por la naturaleza arenosa de los suelos a esas profundidades. A 20 m, en ambos sondeos la resistencia máxima medida antes y después de la explosión es semejante; debajo de esta profundidad no se hicieron pruebas de veleta. La resistencia remanente en los sondeos realizados después de la explosión no muestra ninguna tendencia en los primeros 12 m, y es menor en las profundidades de 12 a 19 m.

6. CONCLUSIONES

1. La medición de la resistencia se hace dentro de la perforación para evitar la influencia de la fricción en la columna de barras

2. El diámetro del elemento sensible es de 5.5 cm, así que puede trabajar en perforaciones de pequeño diámetro

3. La eficiencia es doble que en otras veletas de sensibilidad comparable; ahora se hace una prueba en 40 min en sondeos hasta de 20 m; podrá aumentarse empleando lodos de

perforación para evitar el uso de ademe metálico

4. La sensibilidad del aparato es de 15 gr/cm^2 y puede realizar pruebas en suelos hasta de 1 kg/cm^2

5. La deformación angular medida está sujeta a errores considerables; podrá mejorarse esto diseñando un dispositivo para medir esta deformación dentro de la perforación.

7. RECONOCIMIENTO

Este trabajo se ha realizado gracias a la desinteresada ayuda del Ing. R. Graue, y de los Dres. R.J. Margal y D. Reséndiz. El desarrollo de los trabajos de campo y el análisis de la información la hizo el suscrito en colaboración con los Ings. L. Espinosa y J. Zonana. El Ing. C. Silva revisó el diseño de la veleta y realizó la instrumentación del aparato. Agradezco la ayuda del personal del Taller Mecánico, de la Sección de Dibujo, y de Mecánica de Suelos del Instituto de Ingeniería.

8. REFERENCIAS

1. Symposium on Vane Shear and Cone Penetration Resistance Testing of in-situ Soils, ASTM, STP 399, 1966
2. L. Cadling y S. Odenstad, The Vane Borer, Royal Swedish Geotechnical Institute, Proc 2, 1950
3. R.J. Marsal y M. Mazari, "El Subsuelo de la Ciudad de México", Instituto de Ingeniería, UNAM, 1962
4. W.M. Murray y P.K. Stein, Strain Gage Techniques, University at California, Sept 1960
5. E.W. Brand, The Vane Shear Test its use for Strength Measurements of Cohesive Soils, Rilem Bulletin No. 36, Sept 1967
6. K. Flaate, Factors influencing the Results of Vane Tests, Canadian Geotechnical Journal, Vol. III No. 1, Feb. 1966, pp. 18-31
7. E. Santoyo y J. Zonana, Evolución de la resistencia al corte de las arcillas por la extracción de agua en pozos someros, Informe 204c, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1968
8. E. Santoyo y J. Zonana, Comportamiento de una excavación dragada en el vaso de Texcoco, Informe 204f, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1968

9. L. Espinosa y E. Santoyo, Efectos de una explosión en la resistencia de las arcillas del Lago de Texcoco, Informe 204b, Instituto de Ingeniería, UNAM, 1968.

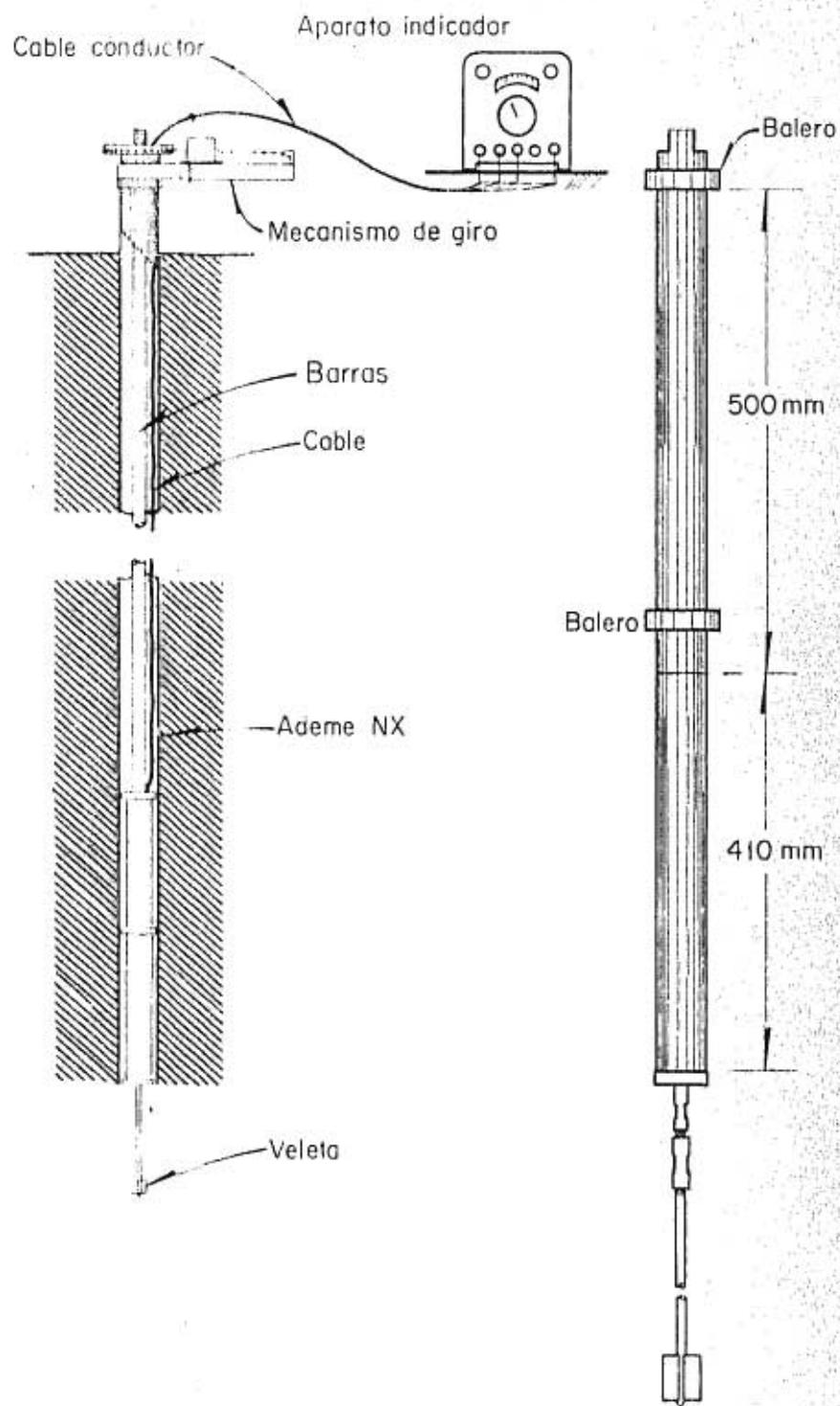
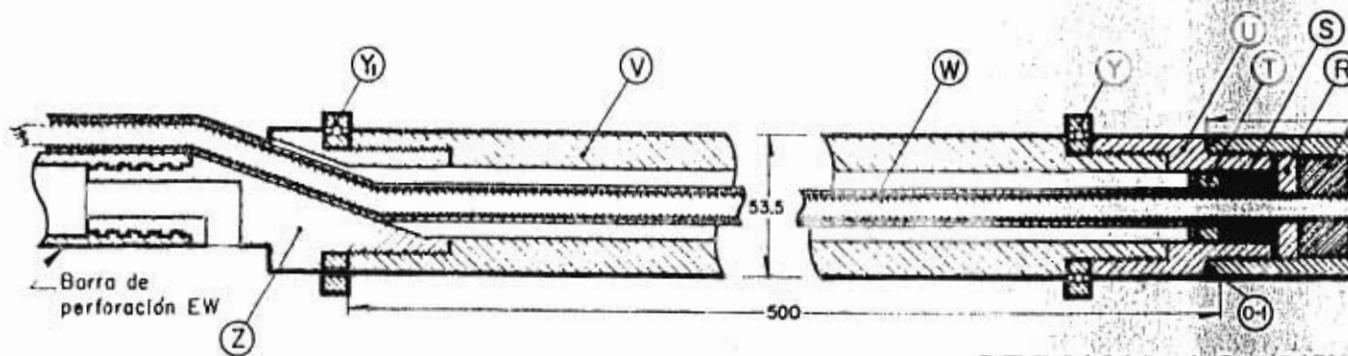


Fig 1 Conjunto y detalle del cuerpo protector del elemento sensible



SECCION LONGITUDINAL

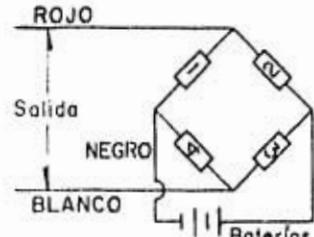
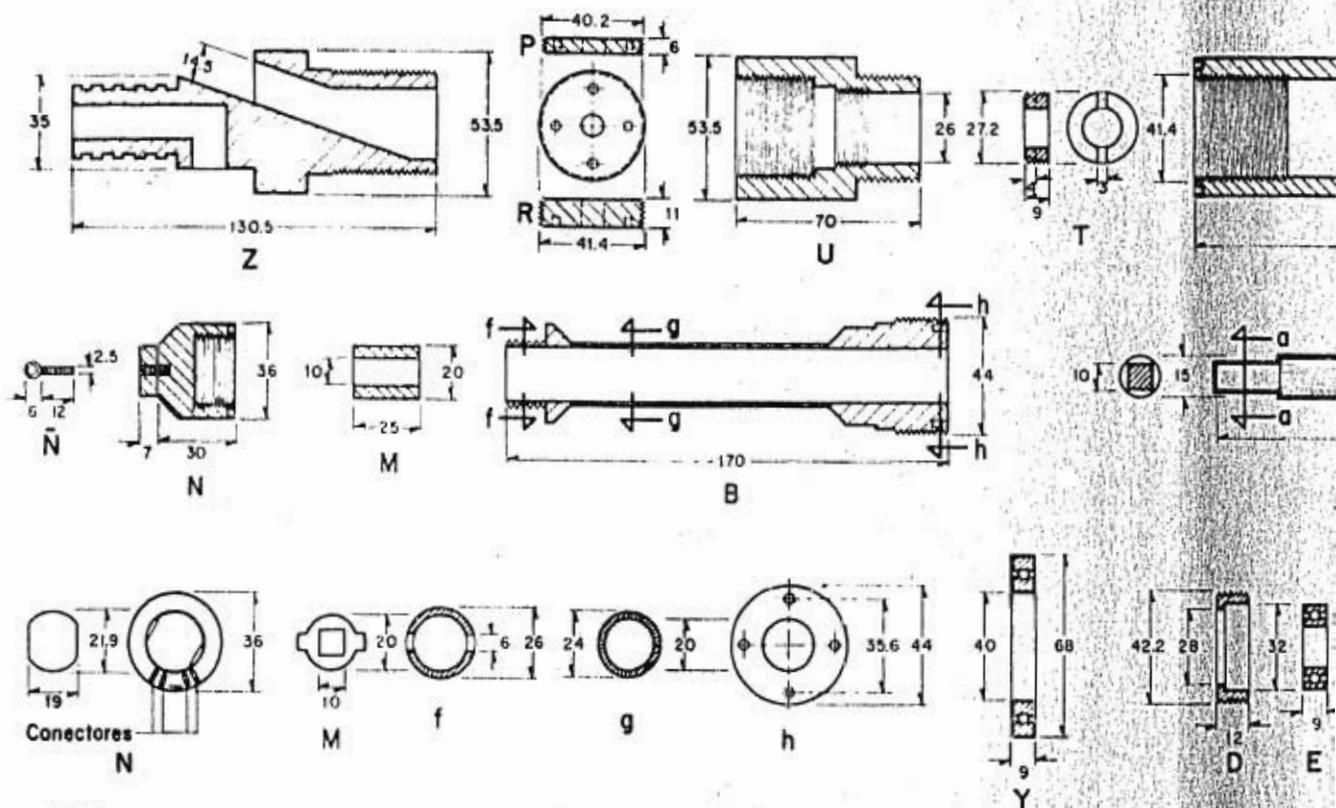
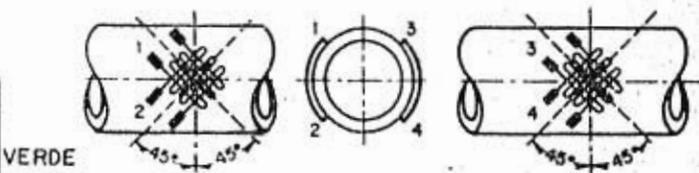
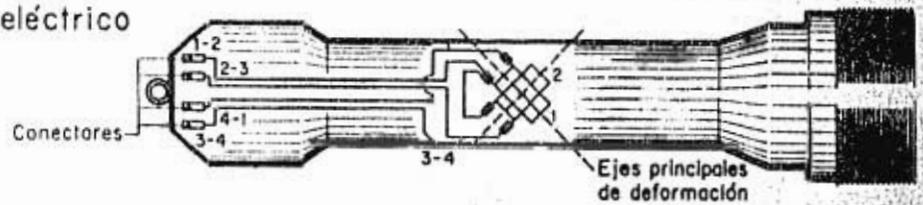


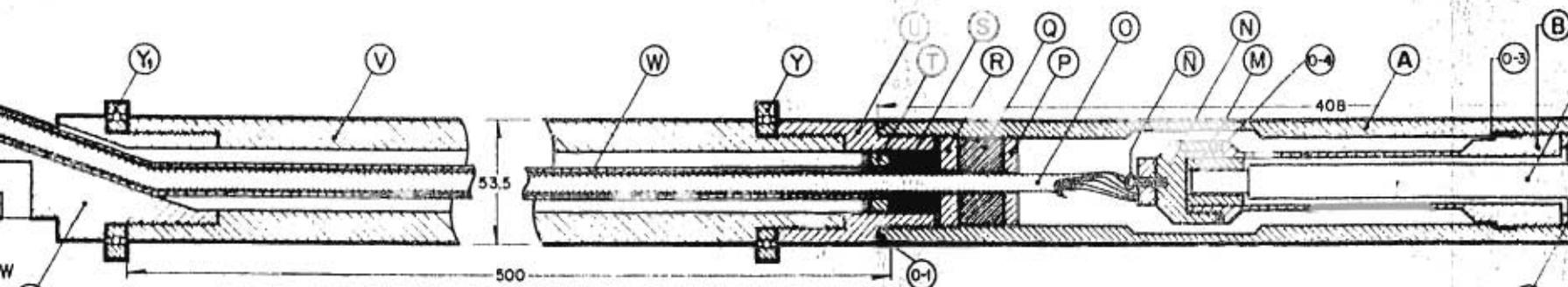
Diagrama eléctrico



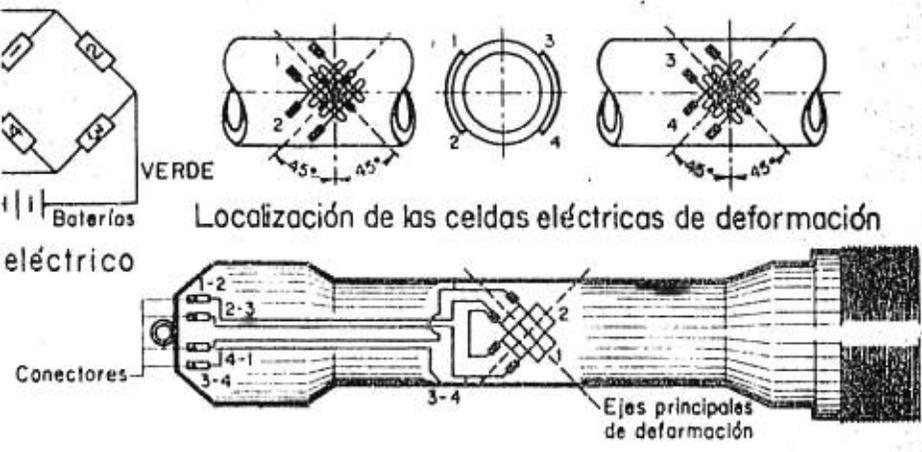
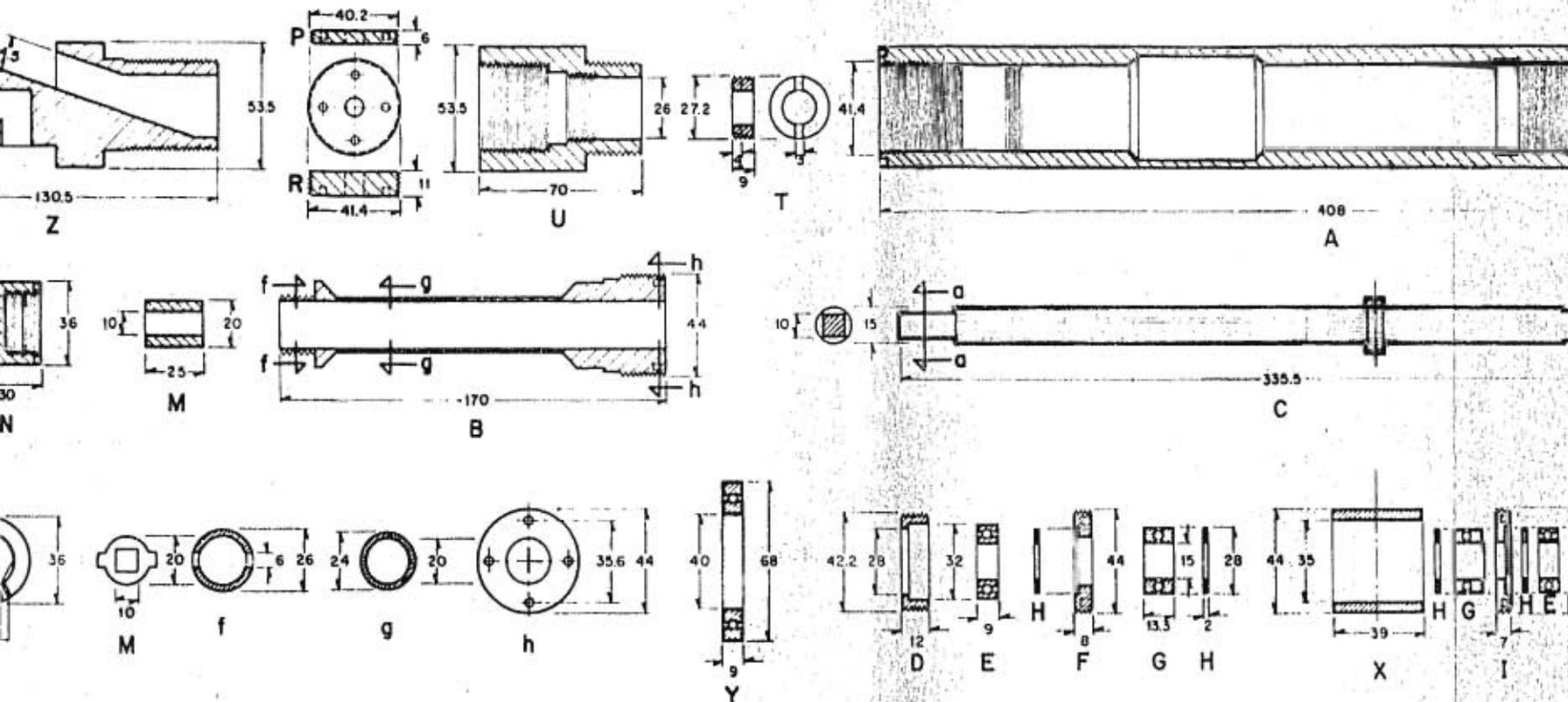
Localización de las celdas eléctricas de deformación



- Piezo
- A
 - B
 - C
 - H, K, P, R, U, T
 - L
 - LL
 - N'
 - E, G, Y
 - X
 - O
 - O, S
 - W
 - V
 - Z
 - O-1, O-2, O-3
- Celdas marcadas

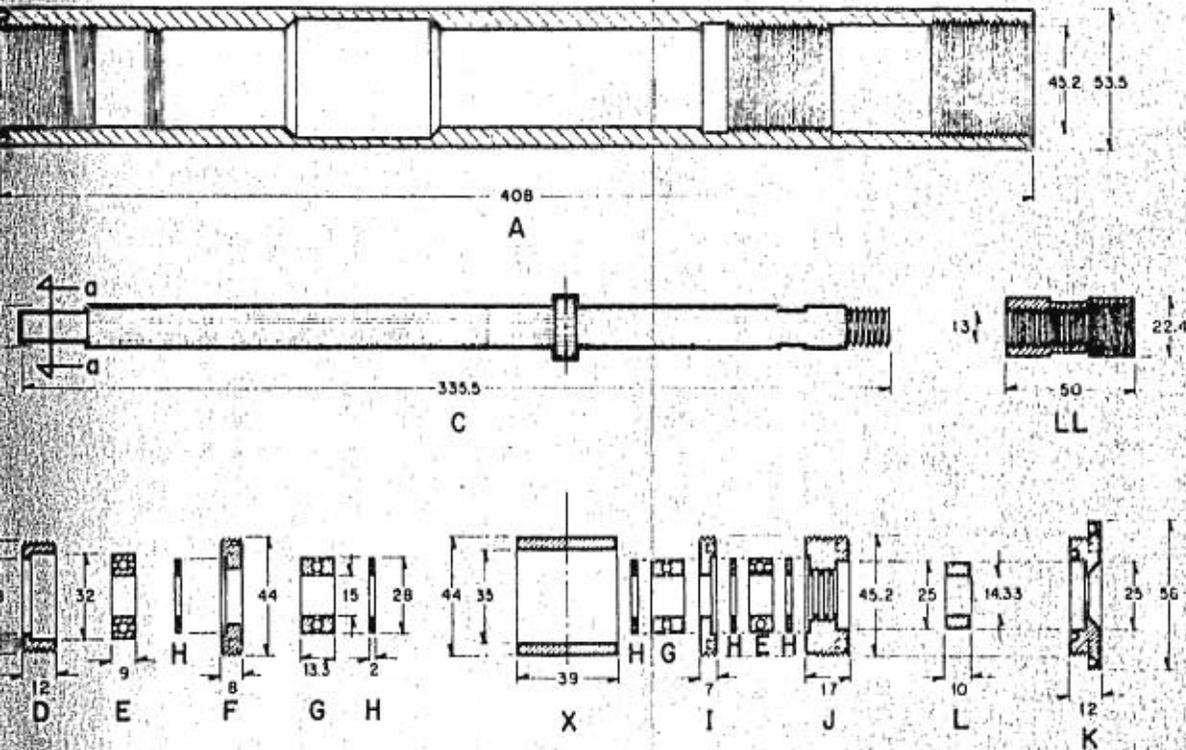
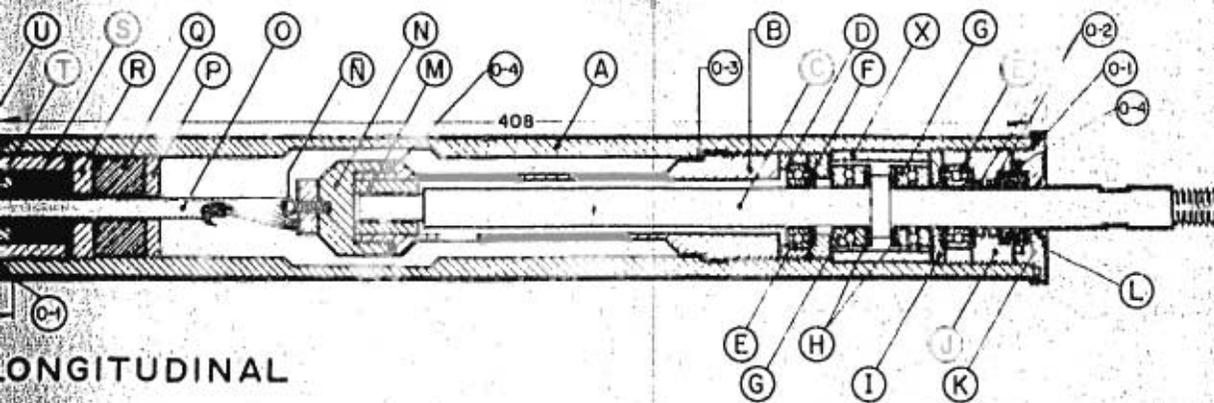


SECCION LONGITUDINAL



Pieza	Descripción
A	CAMISA. Tubo de acero inoxidable.
B	CELDA. Piezo de duraluminio 62 ST 6
C	FLECHA. Piezo de acero inoxidable.
H, K, P, R, U, T	Piezas de acero inoxidable. D, F, I, J Piezas de bronce
L	Piezas de fieltro.
LL	Cable de acero al carbón, para unir la flecha y el vástago.
N	Tornillo con rondana.
E, G, Y	Baleros SKF N° 6002-2Z, N° 53 202 y N° 6008-2Z, respectivamente.
X	Tubo de acero inoxidable.
O	Cable Belden 8424.
O, S	Empaques de neopreno.
W	Tubo flexible P.V.C., medidas: diám. ext. 14mm, diám. Int. 9,5mm
V	BARRA DE EXTENSION. Tubo de acero al carbón.
Z	COPLE ADAPTADOR EW. Piezo de acero al carbón.
O-1, O-2, O-3, O-4	O'Rings Parker seal N° 2-32, 2-15, 2-29 y 2-24, respectivamente.
Celdas marca BLH	Tipo FAE 125-12513

INSTIT
SECC
VELETA



Pieza	Descripción
A	CAMISA. Tubo de acero inoxidable.
B	CELDA. Pieza de duraluminio 62 ST 6
C	FLECHA. Pieza de acero inoxidable.
H, K, P, R, U, T	Piezas de acero inoxidable. D, F, I, J Piezas de bronce
L	Piezas de fieltro.
LL	Cople de acero al carbón, para unir la flecha y el vástago.
N	Tornillo con rondana.
E, G, Y	Boleros SKF N° 6 002-22, N° 53 202 y N° 6 00B-22, respectivamente.
X	Tubo de acero inoxidable.
O	Cable Beiden B 424.
Q, S	Empaques de neopreno.
W	Tubo flexible P.V.C., medidas: diám. ext. 14mm, diám. int. 9.5mm
V	BARRA DE EXTENSION. Tubo de acero al carbón.
Z	COPEL ADAPTADOR EW. Pieza de acero al carbón.
O-1, O-2, O-3, O-4	O'Rings Parker seal N° 2-32, 2-15, 2-29 y 2-24, respectivamente.
Celdas marca BLH	Tipo FAE 12S-12S13

Fig 2

INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM
SECCION DE MECANICA DE SUELOS

VELETA PARA SUELOS BLANDOS

ABRIL DE 1968



Fig 3 Dispositivo de giro

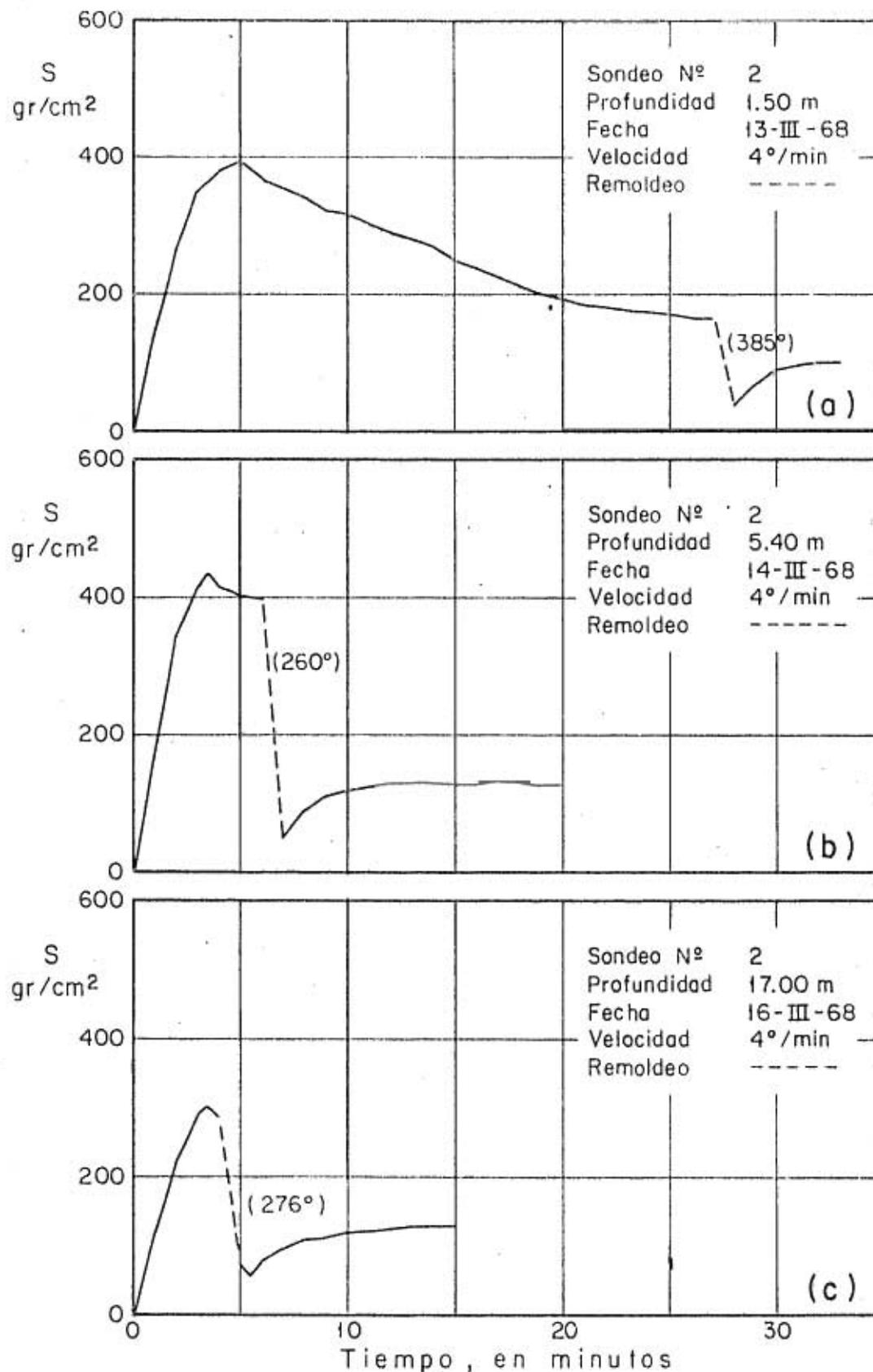


Fig 4 Forma de las gráficas obtenidas en pruebas de veleta

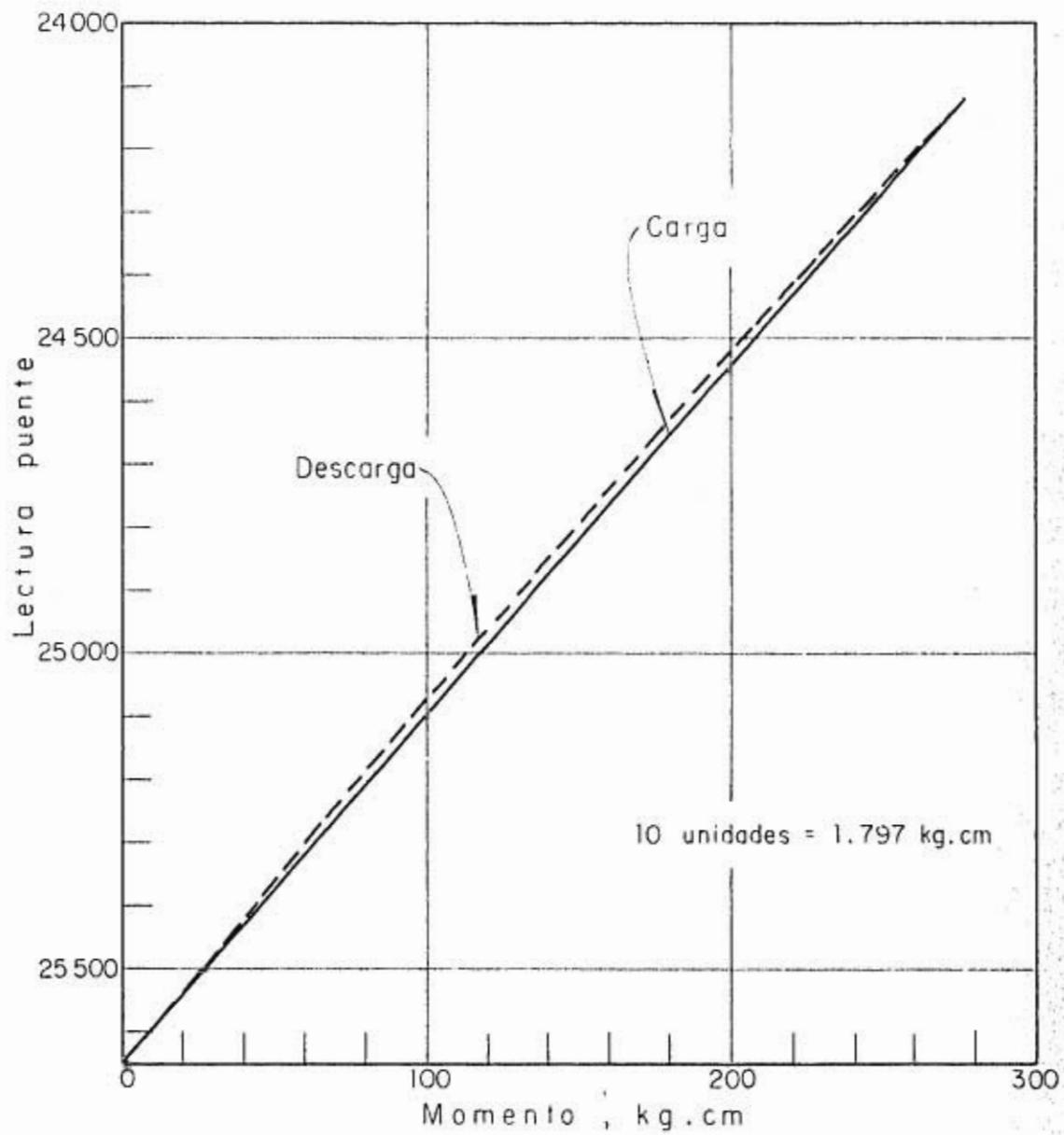


Fig 5 Calibración de la veleta

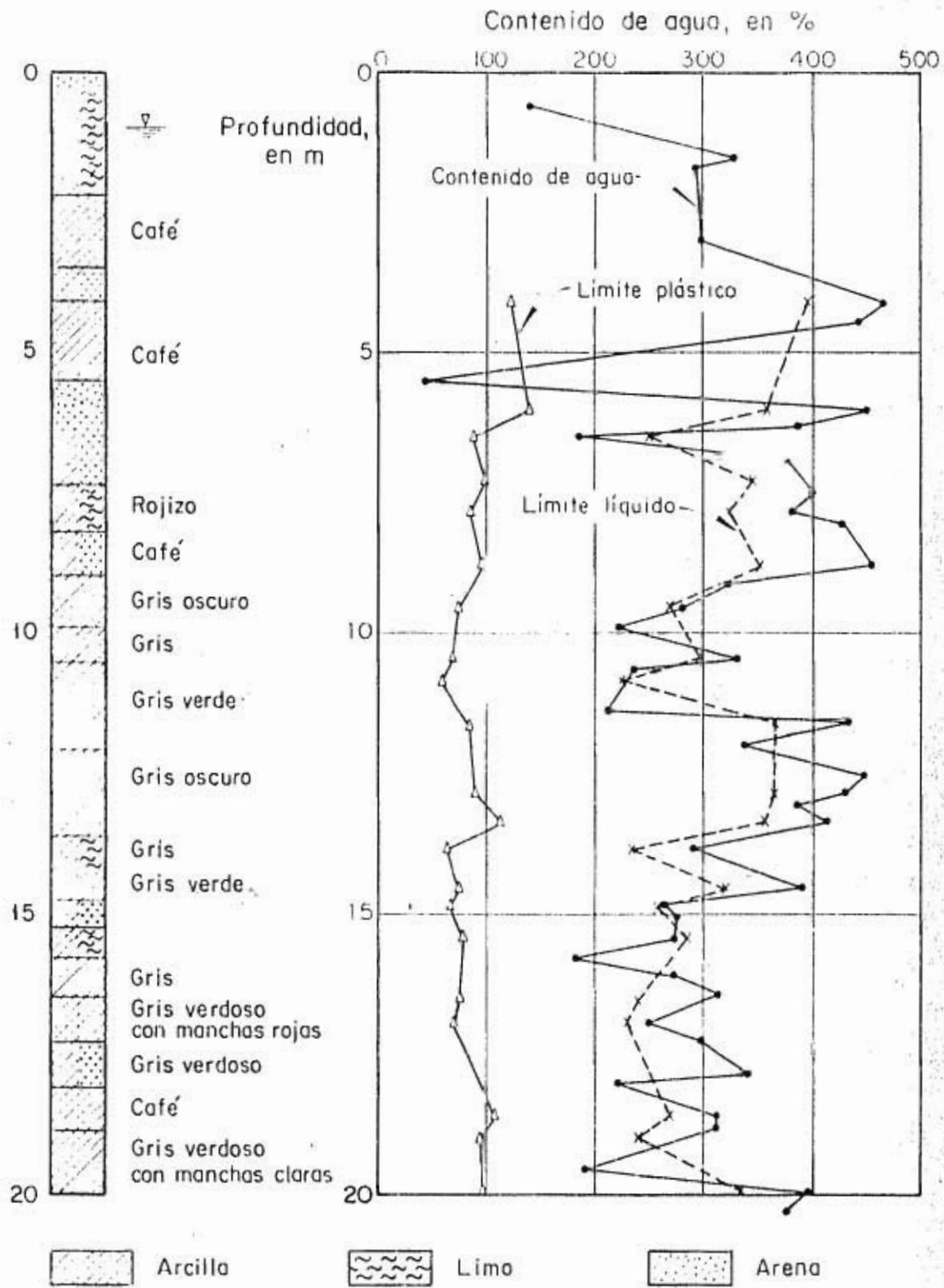


Fig 6 Corte estratigráfico Fig 7 Propiedades índices

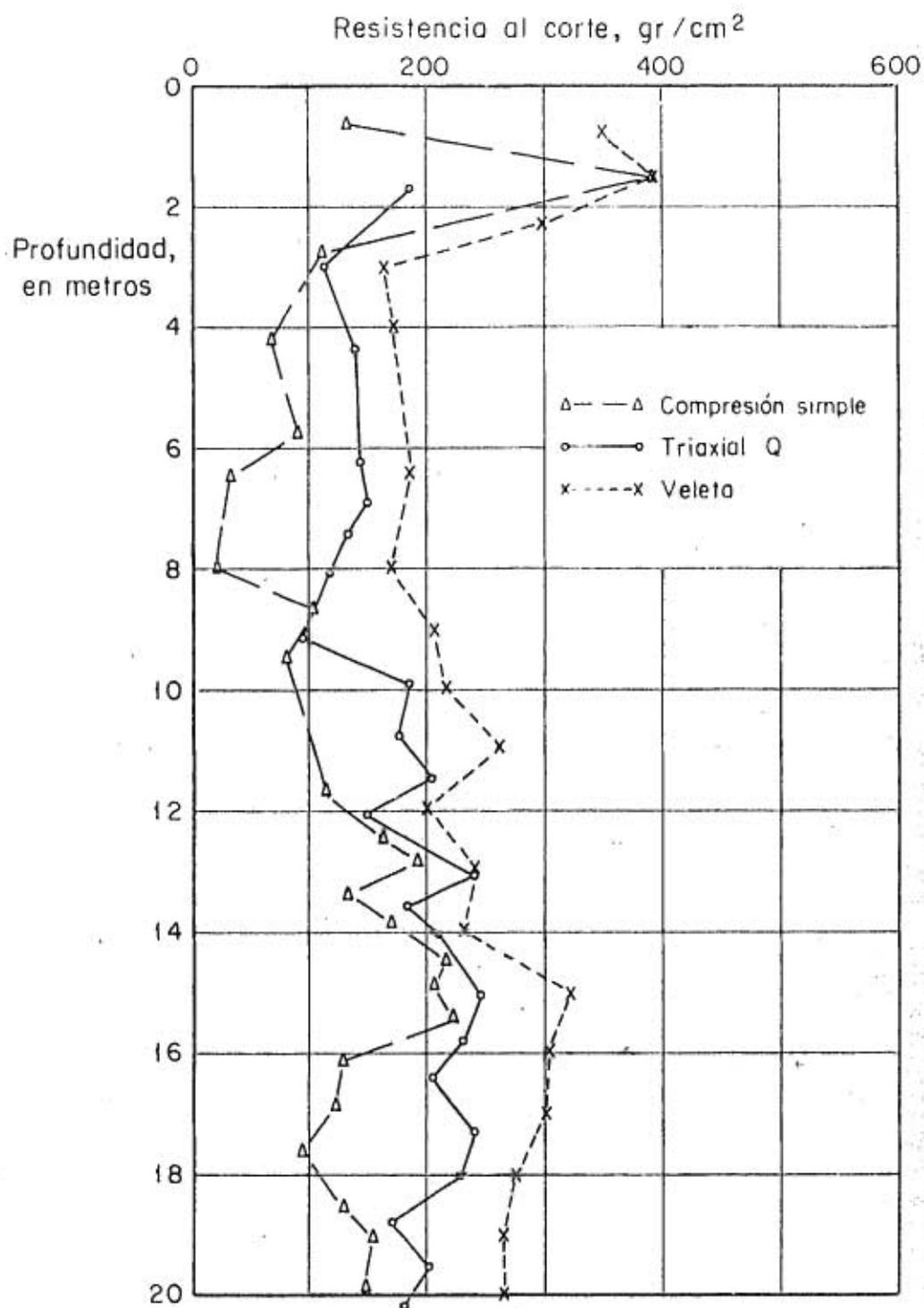


Fig 8 Resistencia al corte en pruebas de compresión simple, triaxiales Q y de veleta según la profundidad, antes de la explosión

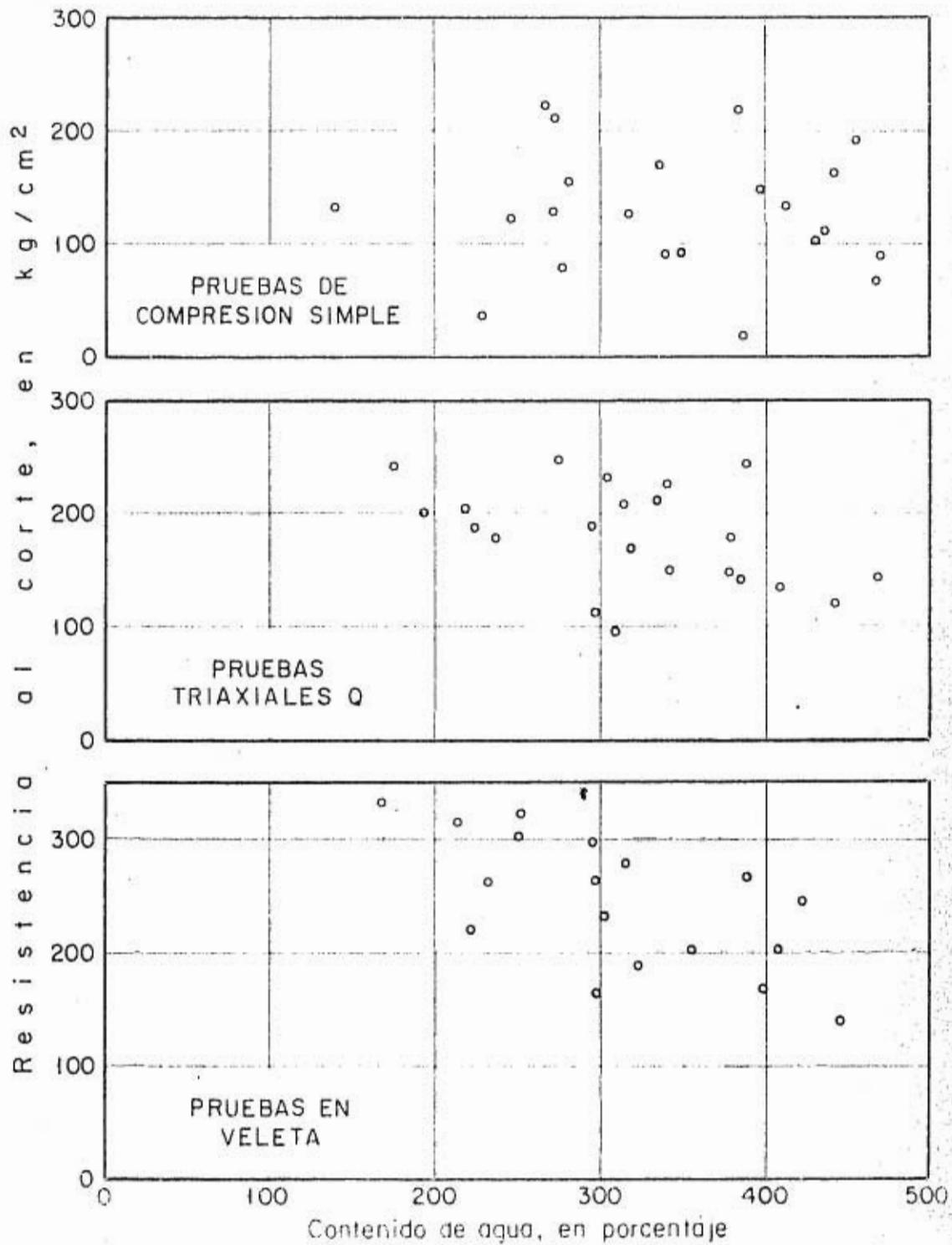


Fig 9 Resistencias al corte de diferentes pruebas según el contenido de agua

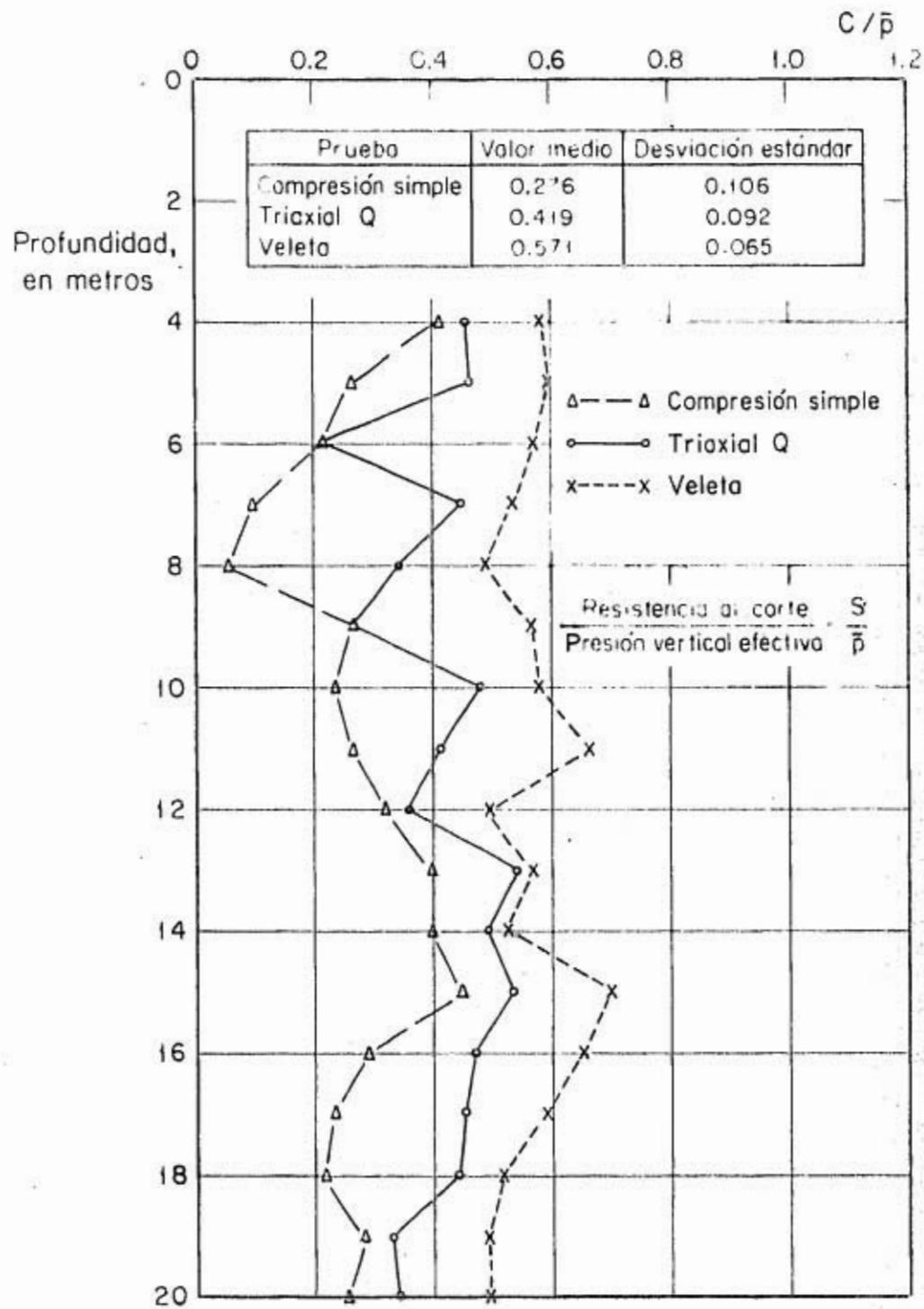
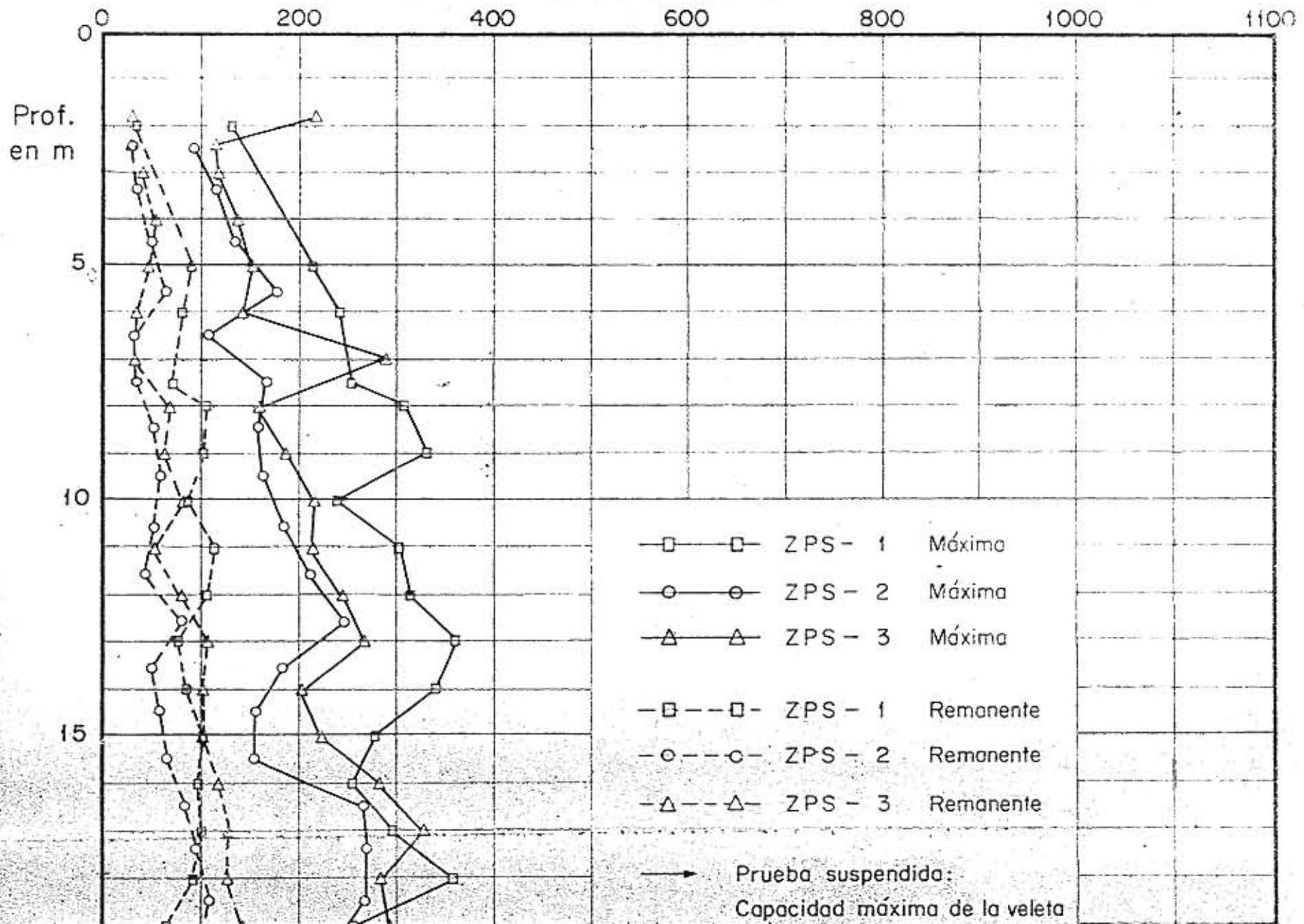
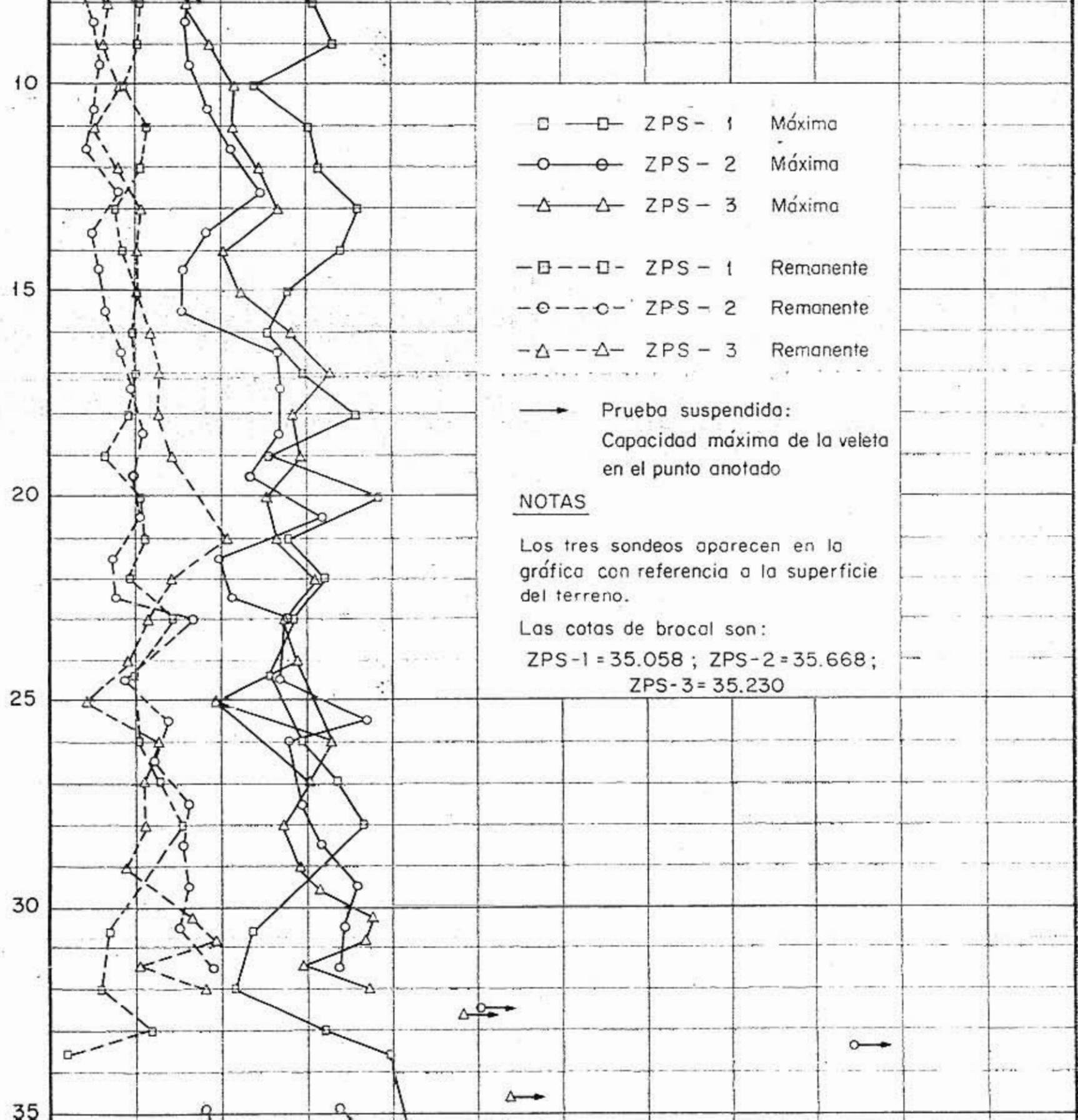


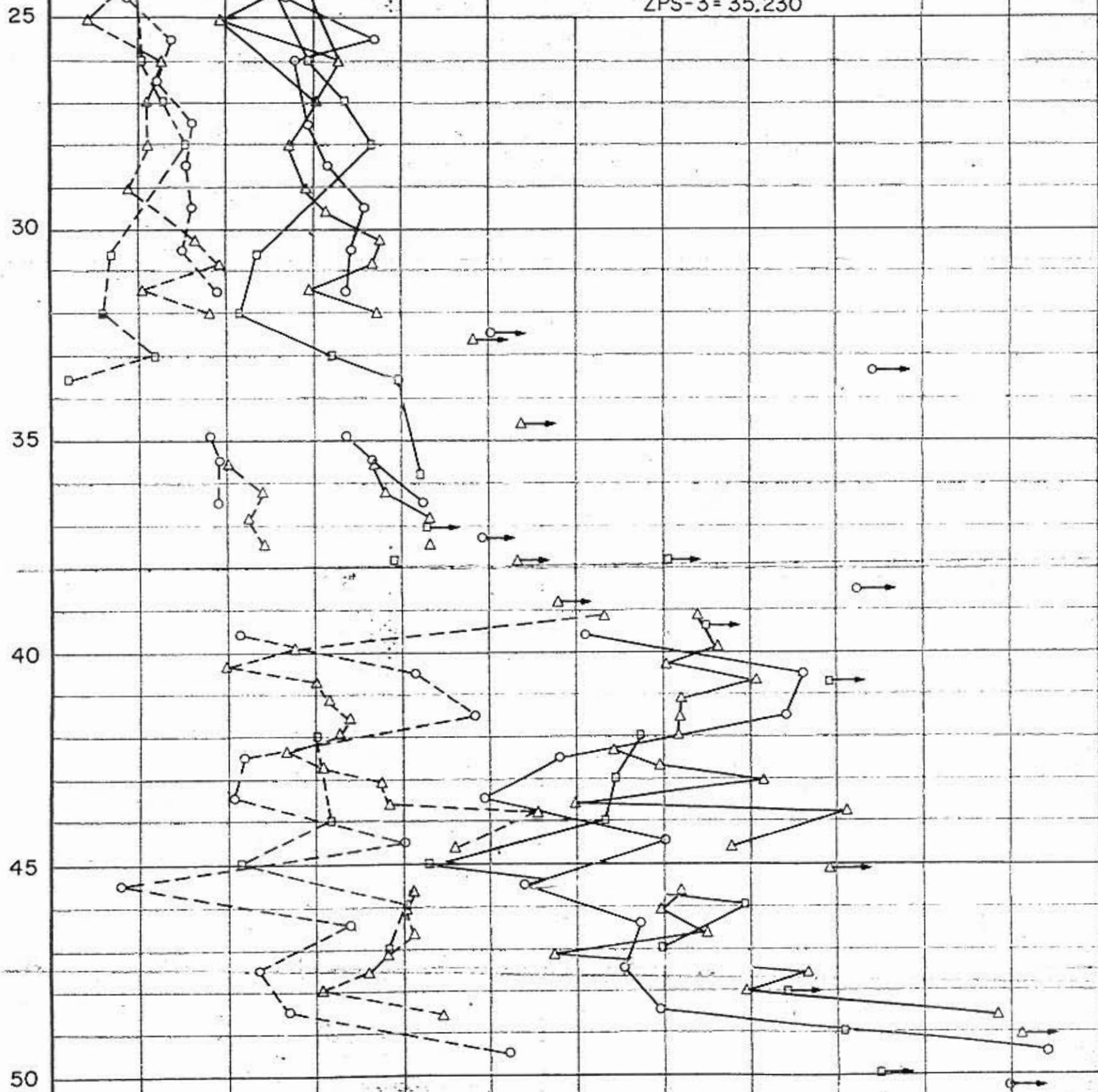
Fig 10 Variación de la relación C/\bar{p} con la profundidad

Resistencia, en gr/cm²





ZPS-1 = 35.058 ; ZPS-2 = 35.668 ;
ZPS-3 = 35.230



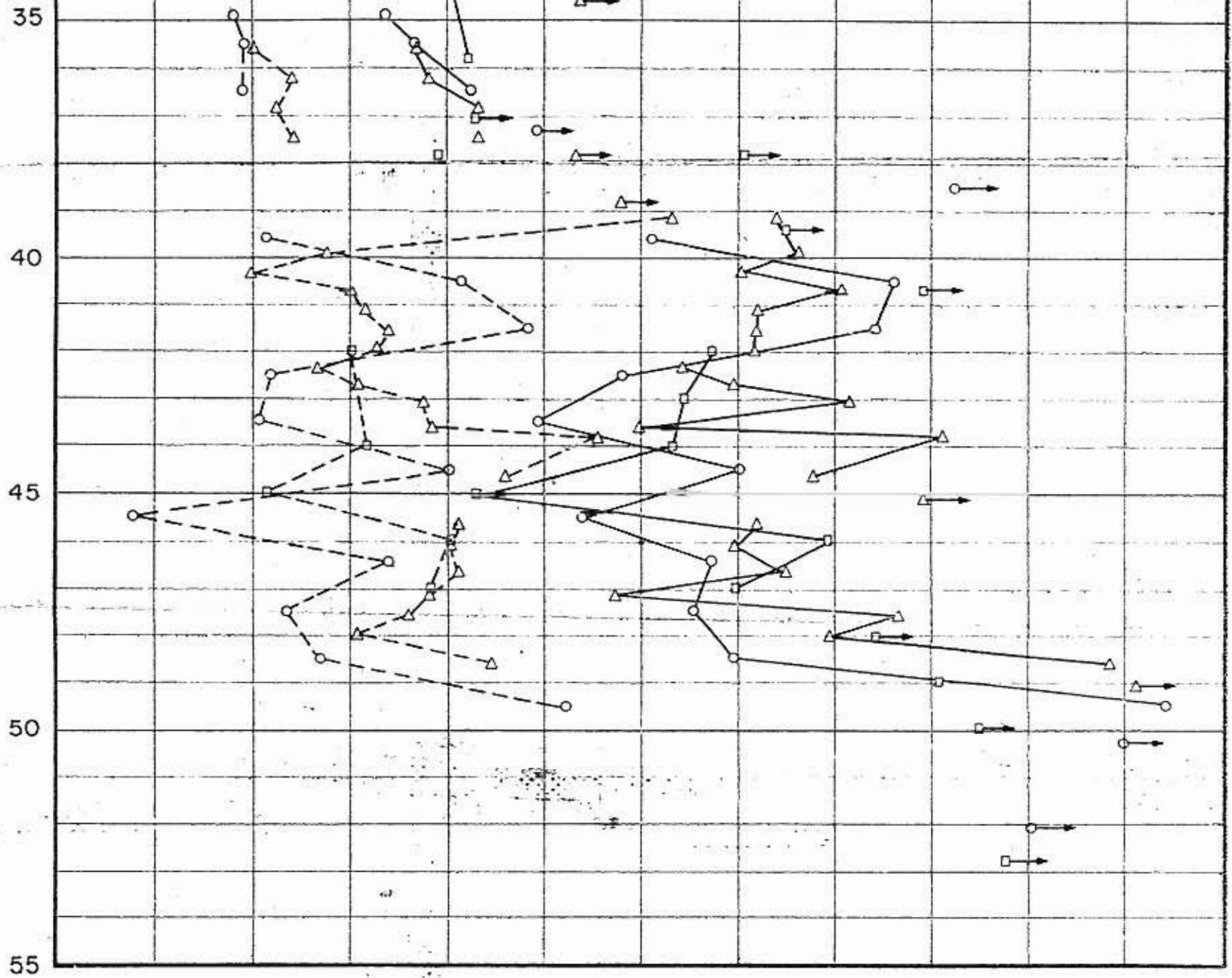


Fig. II Resistencias máximas y remanentes en pruebas de veleta

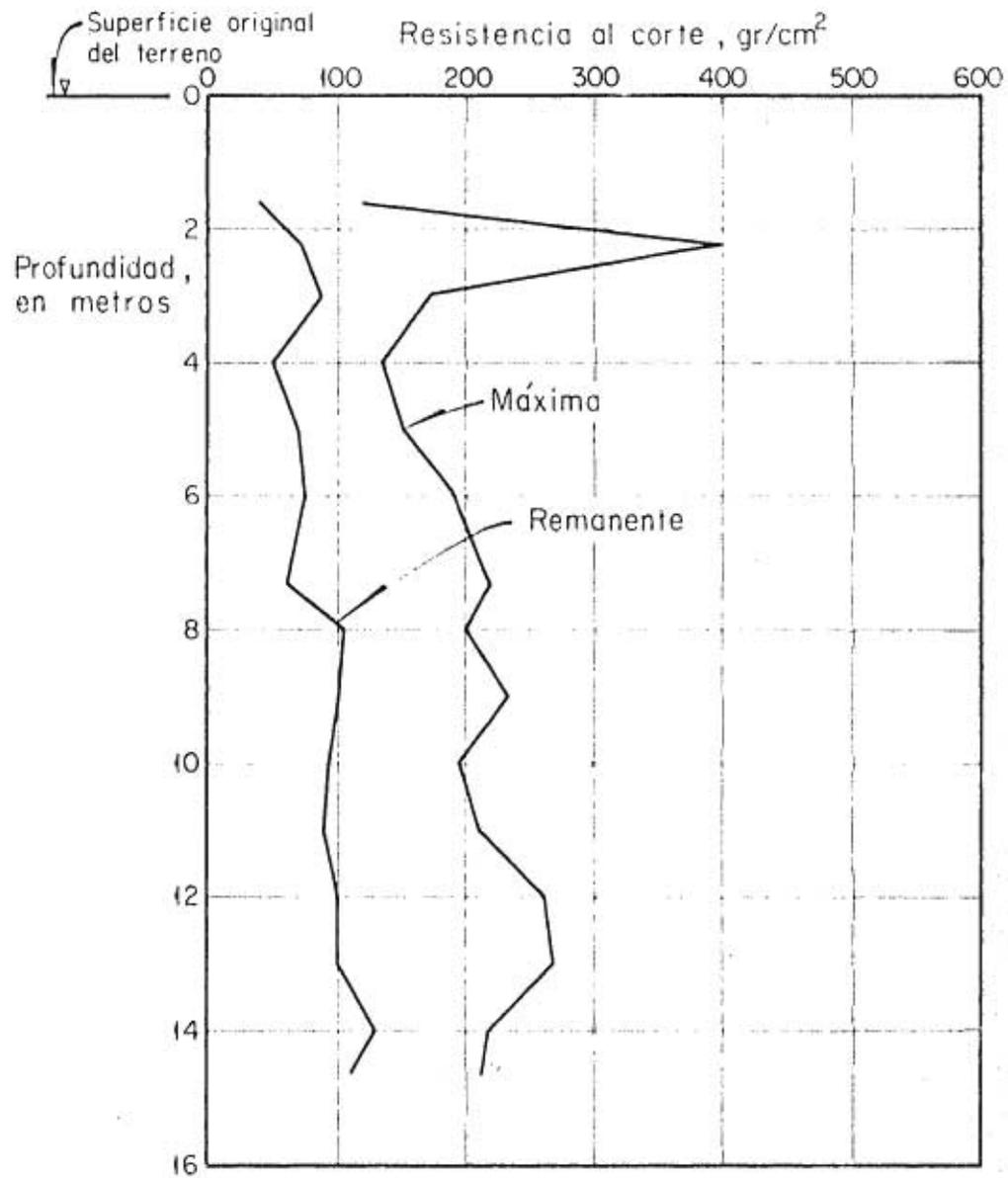


Fig 12 Gráficas de resistencia al corte con veleta en el sondeo ZDI

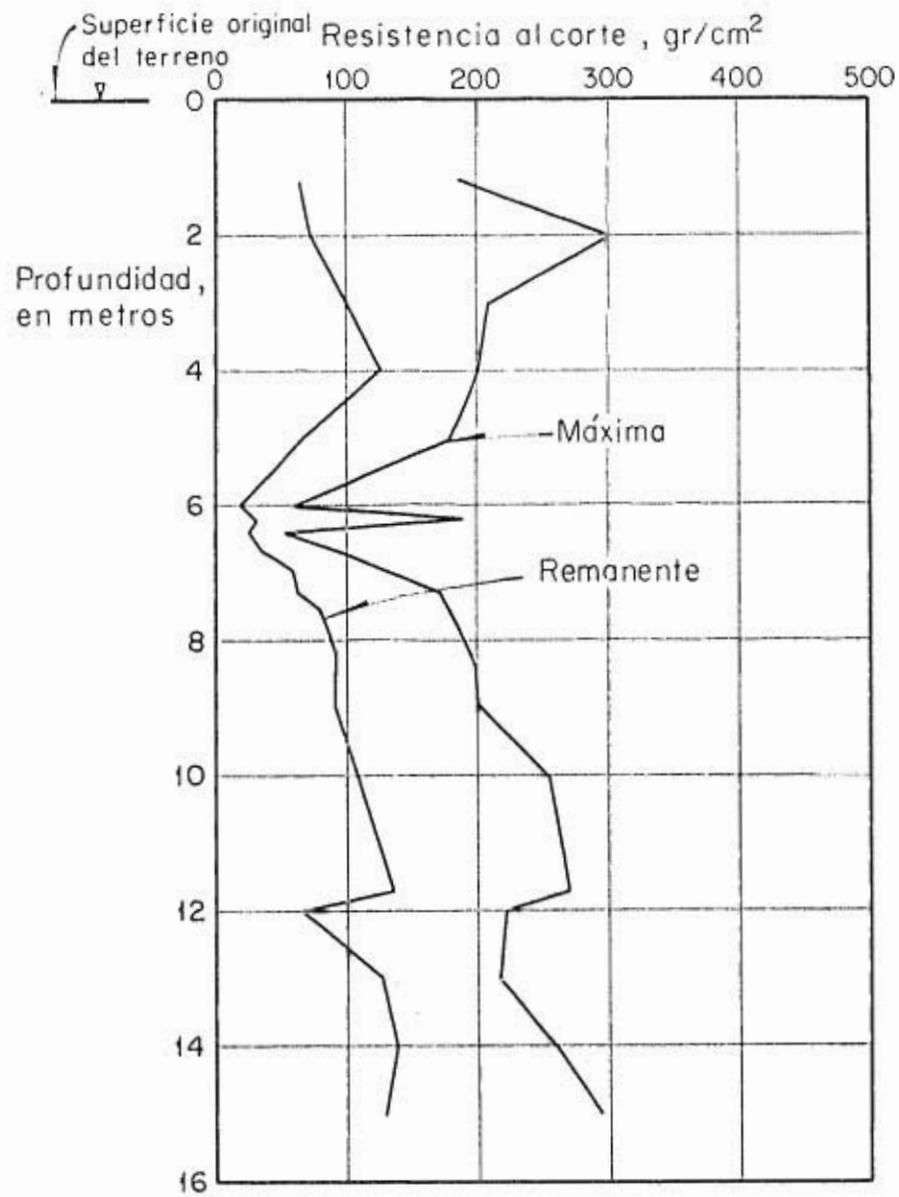


Fig 13 Gráficas de resistencia al corte con veleta en el sondeo Z D 2

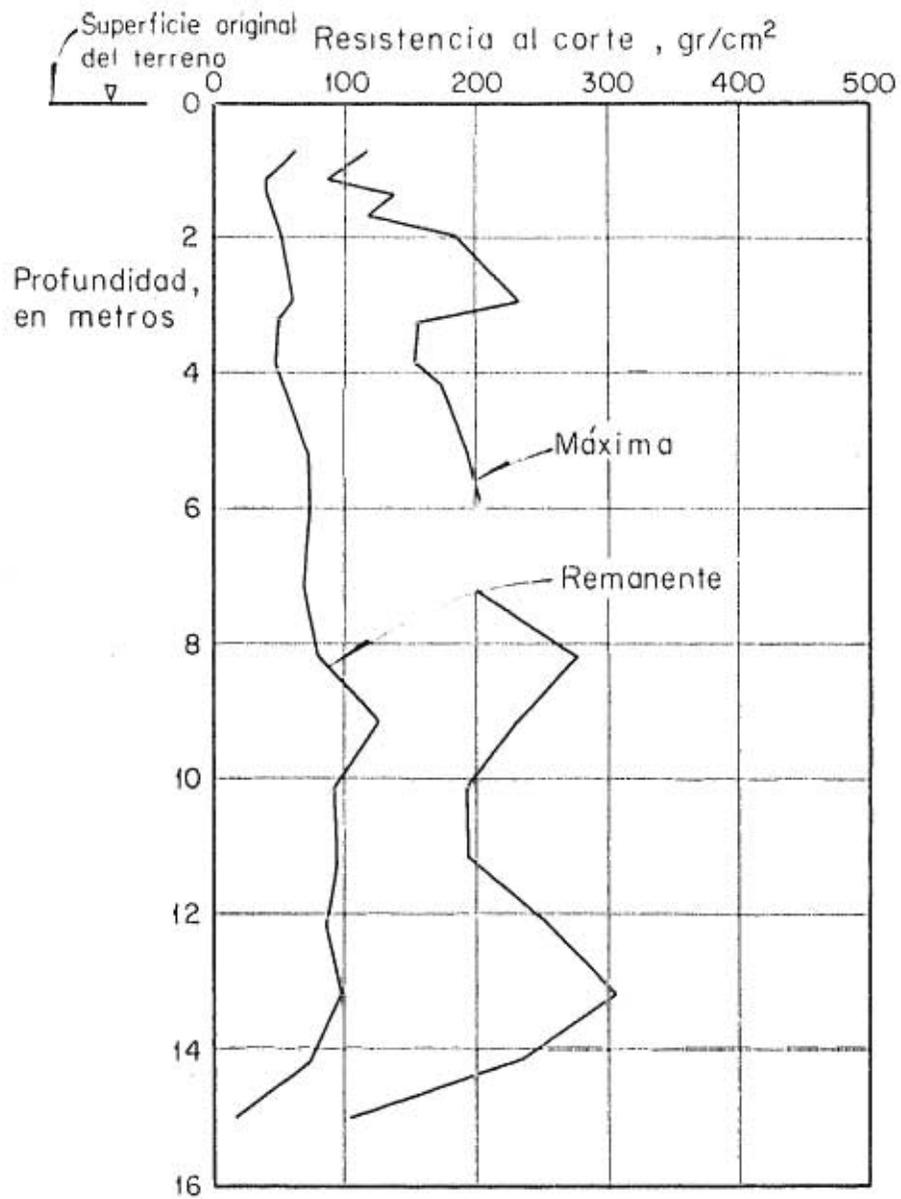


Fig 14 Gráficas de resistencia al corte con veleta en el sondeo Z D 3

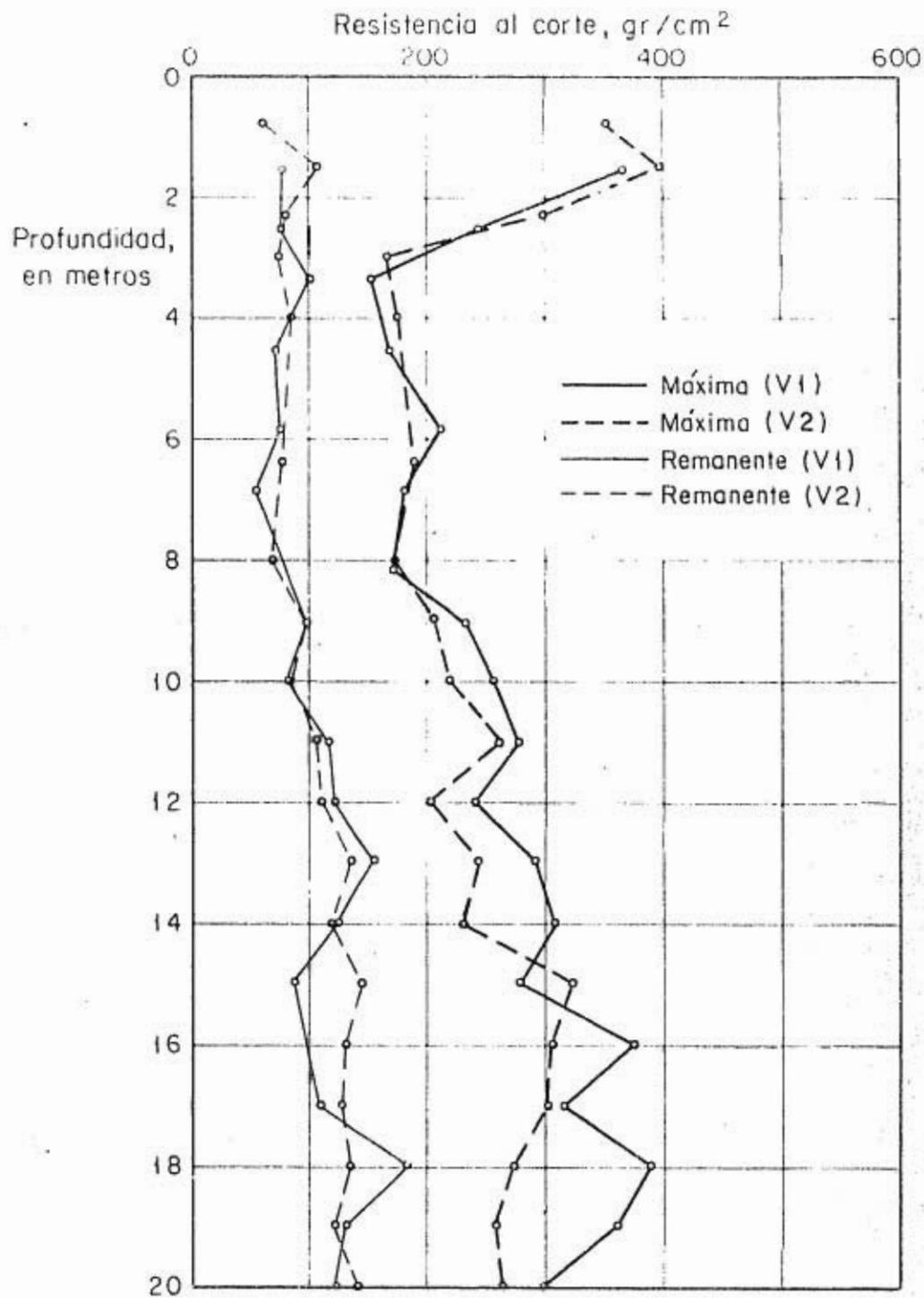


Fig 15 Resistencias al corte máxima y remanente determinadas con pruebas de veleta antes de la explosión, en los puntos V1 y V2

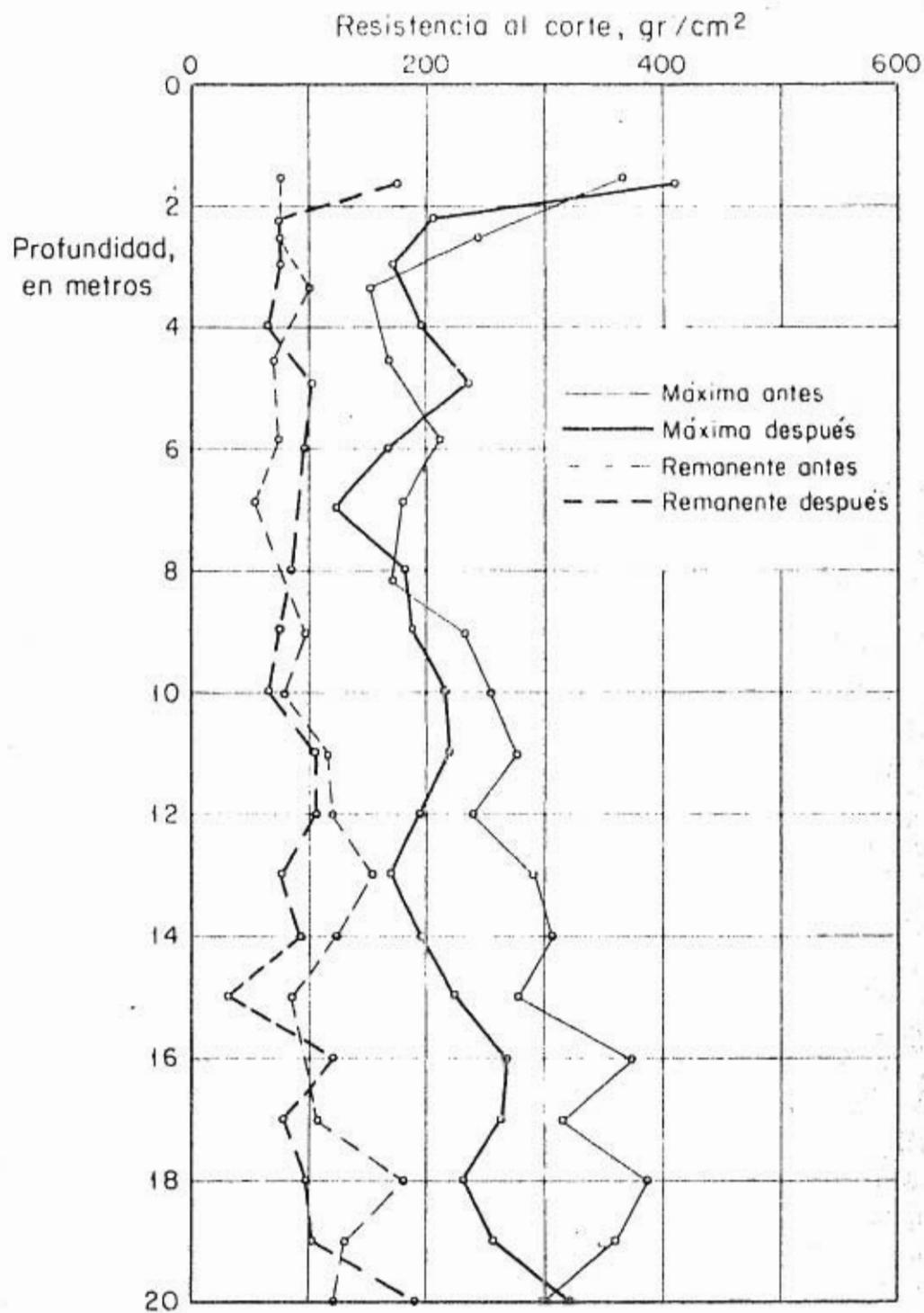


Fig 16 Resistencias al corte máxima y remanente determinadas con pruebas de vetaleta en el punto V 1 antes de la explosión y en el punto V 1' después de ella

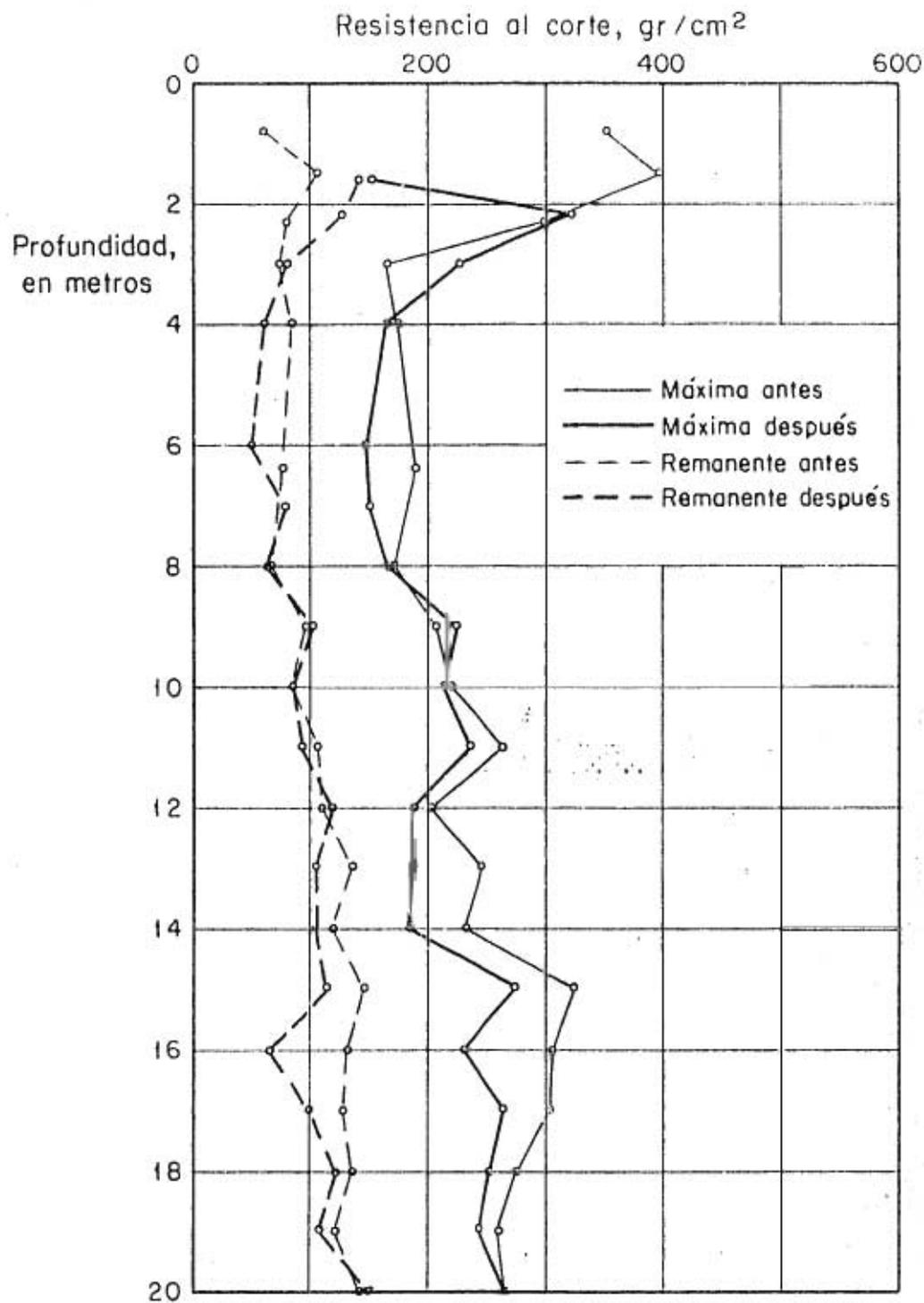


Fig 17 Resistencias al corte máxima y remanente determinadas con pruebas de veleta en el punto V 2 antes de la explosión y en los puntos V2' y V2'' después de ella