

VIII Seminario de Geotecnia. Caracas 1984

INSTRUMENTACION Y ANALISIS NUMERICO PARA UN PILOTE EMPOTRADO EN ROCA
Y CARGADO HORIZONTALMENTE:

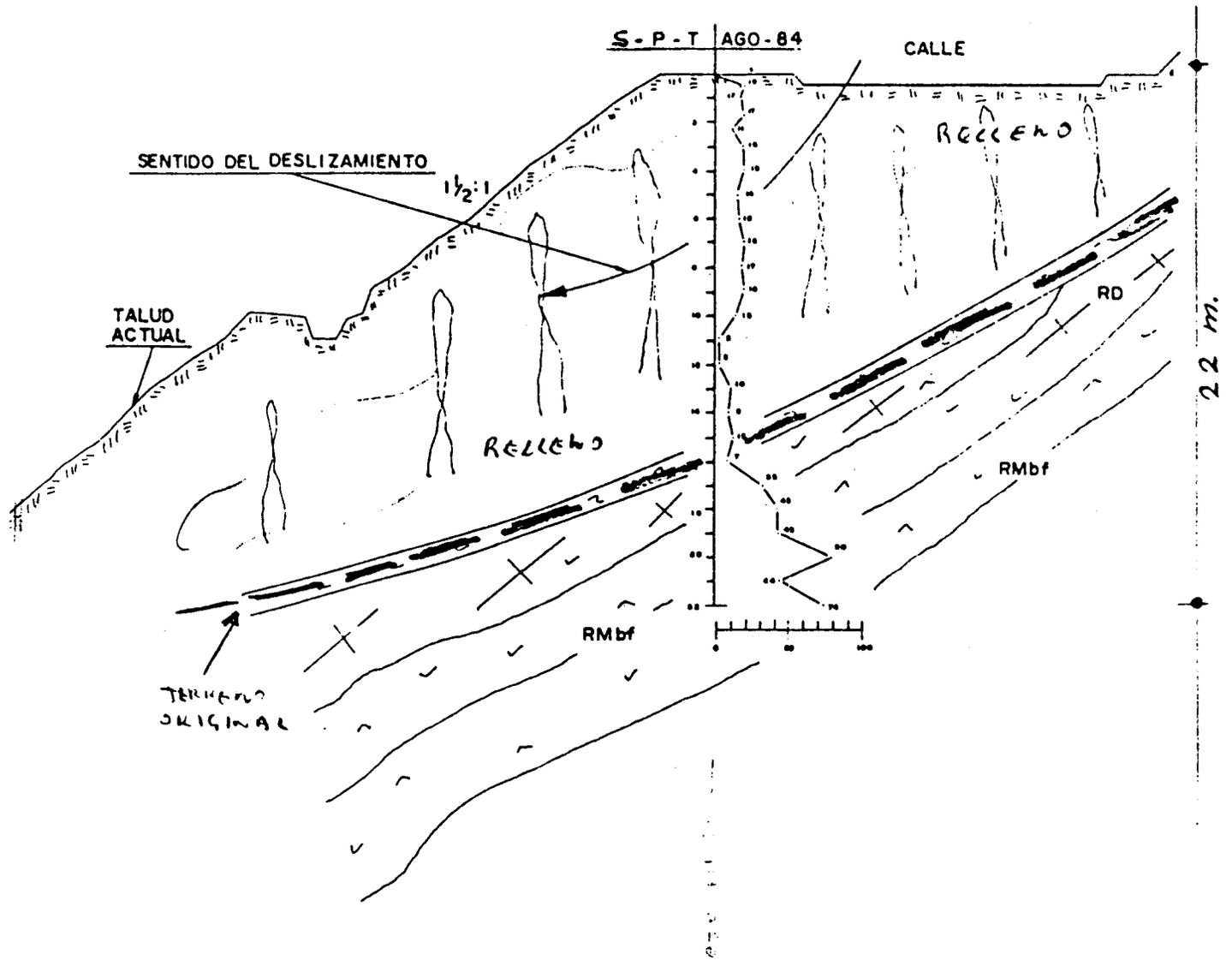
Ingos. Carlos Rodríguez, Gianfranco Perri,
Carmen Delgado y Juan C. Mendez.

Introducción:

Utilizando la información disponible, obtenida de una larga campaña de mediciones inclinométricas ejecutadas en el eje de un pilote excavado y vaciado en sitio, de 100 cm de diámetro, 27 m de longitud, 1% de acero y ubicado en la cresta de un talud conformado por un espesor de 16 m de relleno artificial sobre una base natural inclinada, se procedió mediante análisis numérico por elementos finitos a la alimentación de un modelo de cálculo que reprodujera la situación real, con el objeto de: 1) evaluar las solicitaciones estructurales en el cuerpo del pilote, y 2) evaluar la acción transversal ejercida por el relleno, evidentemente inestable, sobre el pilote mismo. Para una fiel caracterización del relleno artificial y del macizo rocoso en que se empotraba el pilote, se ejecutaron ensayos en sitio de penetración estandar SPT y de deformación con presiómetro de Menard.

Descripción de la situación:

En la figura 1 se presenta el perfil geotécnico correspondiente a la sección analizada en el que puede observarse la presencia de un espesor de 15.50 m de relleno, una capa vegetal y luego el esquisto meteorizado. También se presentan en la figura 2 los resultados de SPT, de presión límite y módulo presiométrico para el mismo perfil, obtenidos con ensayos de Menard desde la superficie y hasta 2.20 m de profundidad.



PERFIL - PRUEBA

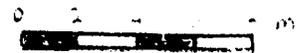


FIG. - 1-

Resultados de la instrumentación:

En las tres láminas de las figuras 3, 4 y 5 se resumen los resultados de la campaña de mediciones llevada a cabo durante aproximadamente 2 años, en tres inclinómetros ubicados respectivamente: 1) en el eje del pilote, 2) en el terreno inmediatamente adyacente al pilote y 3) en la media ladera del talud, aguas abajo y en la misma sección transversal que el pilote.

Del análisis de estos resultados, puede observarse la existencia de un marcado fenómeno de inestabilidad en la cuña del relleno, lo que ha dado lugar a deformaciones transversales importantes del mismo los cuales han afectado consistentemente la estructura del pilote mismo.

Es interesante señalar el valor máximo de 48 mm registrado para el movimiento horizontal en el tope del pilote y el valor máximo de 56 mm para el terreno inmediatamente adyacente al mismo.

Igualmente interesante luce la observación de la diferenciación neta de los desplazamientos horizontales del relleno respecto a aquellos (prácticamente despreciables) ocurridos en el basamento rocoso; lo cual con similar intensidad se manifiesta también en correspondencia del inclinómetro colocado en el eje del pilote.

Modelo numérico para la interpretación:

Se implementó un código de cálculo numérico basado en el método de los elementos finitos y dirigido hacia el análisis de los problemas de pilotes aislados cargados horizontalmente, pudiéndose considerar la eventual presencia de componentes verticales axiales de carga.

El código esquematiza el cuerpo estructural del pilote mediante elementos finitos prismáticos que pueden transmitir en sus nodos tres componentes de sollicitación y deformación a saber: carga axial, corte y momento (figura 6.a) definido por la matriz de rigidez de la figura 7.a.

El terreno se esquematiza mediante elementos finitos prismáticos que sólo pueden transmitir en sus nodos dos componentes de sollicitación-deformación a saber: carga axial y corte (Fig. 6.b) definido por la matriz de rigidez de la figura 7.b.

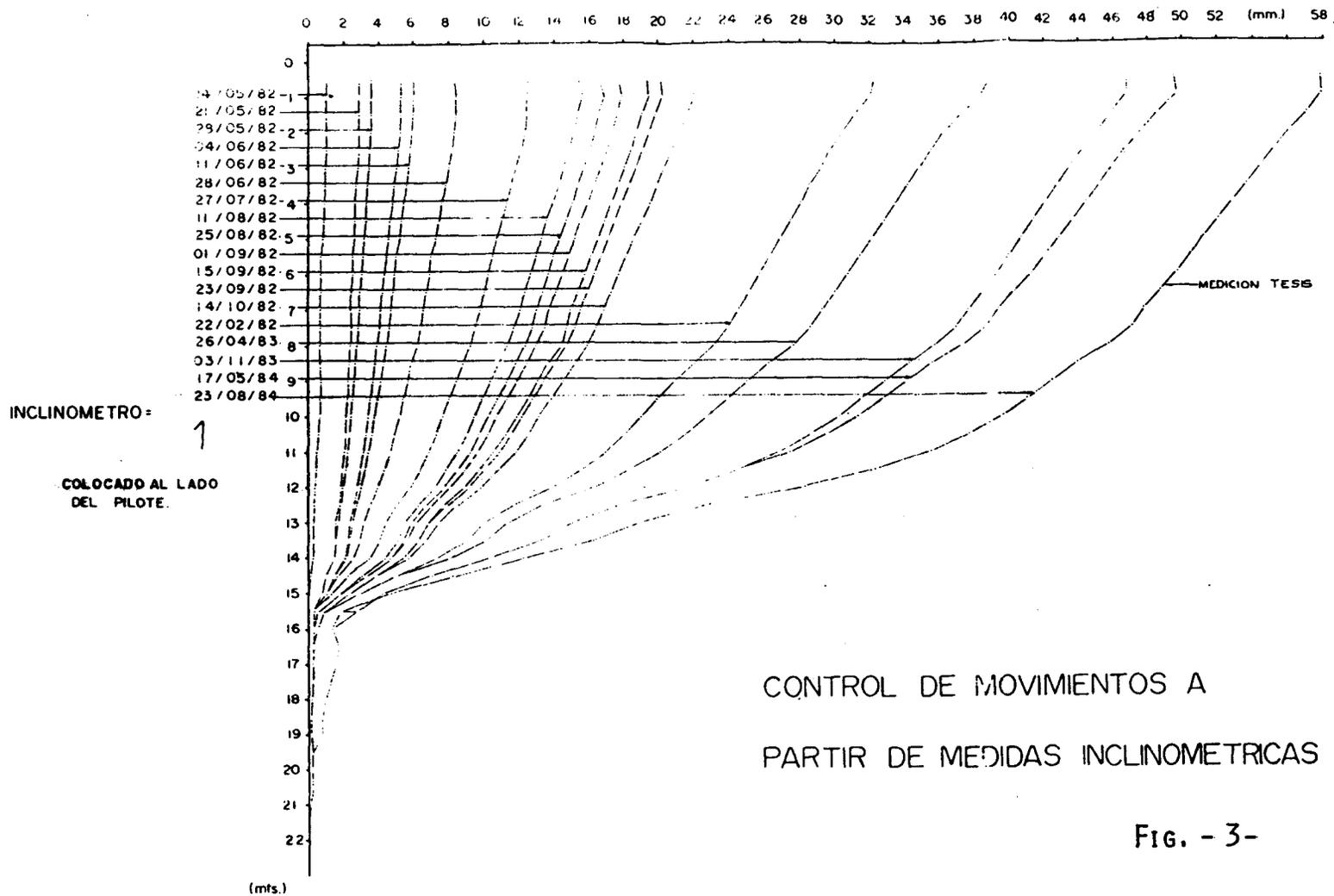


Fig. - 3-

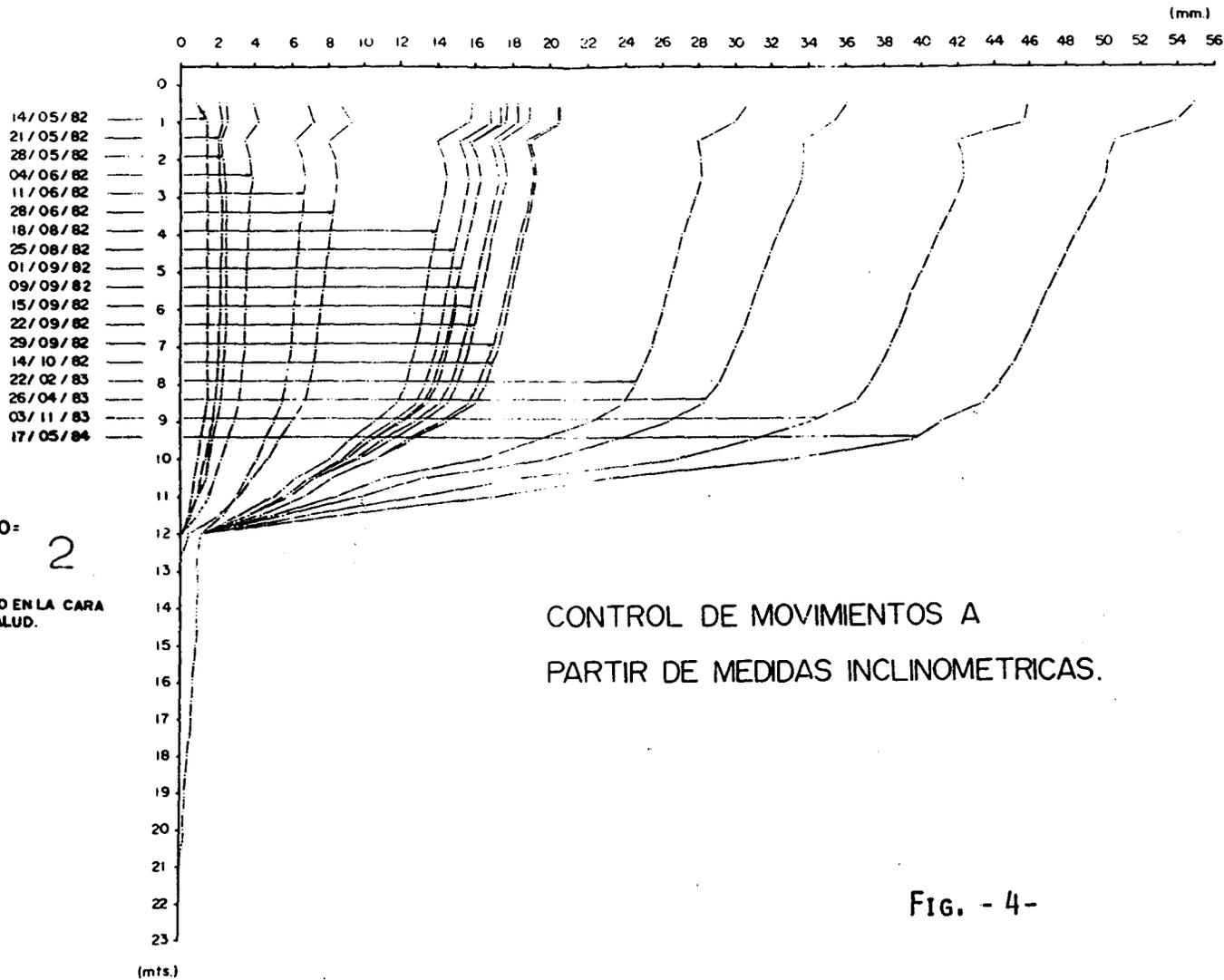


FIG. - 4-

CONTROL DE MOVIMIENTOS A PARTIR DE MEDIDAS INCLINOMETRICAS

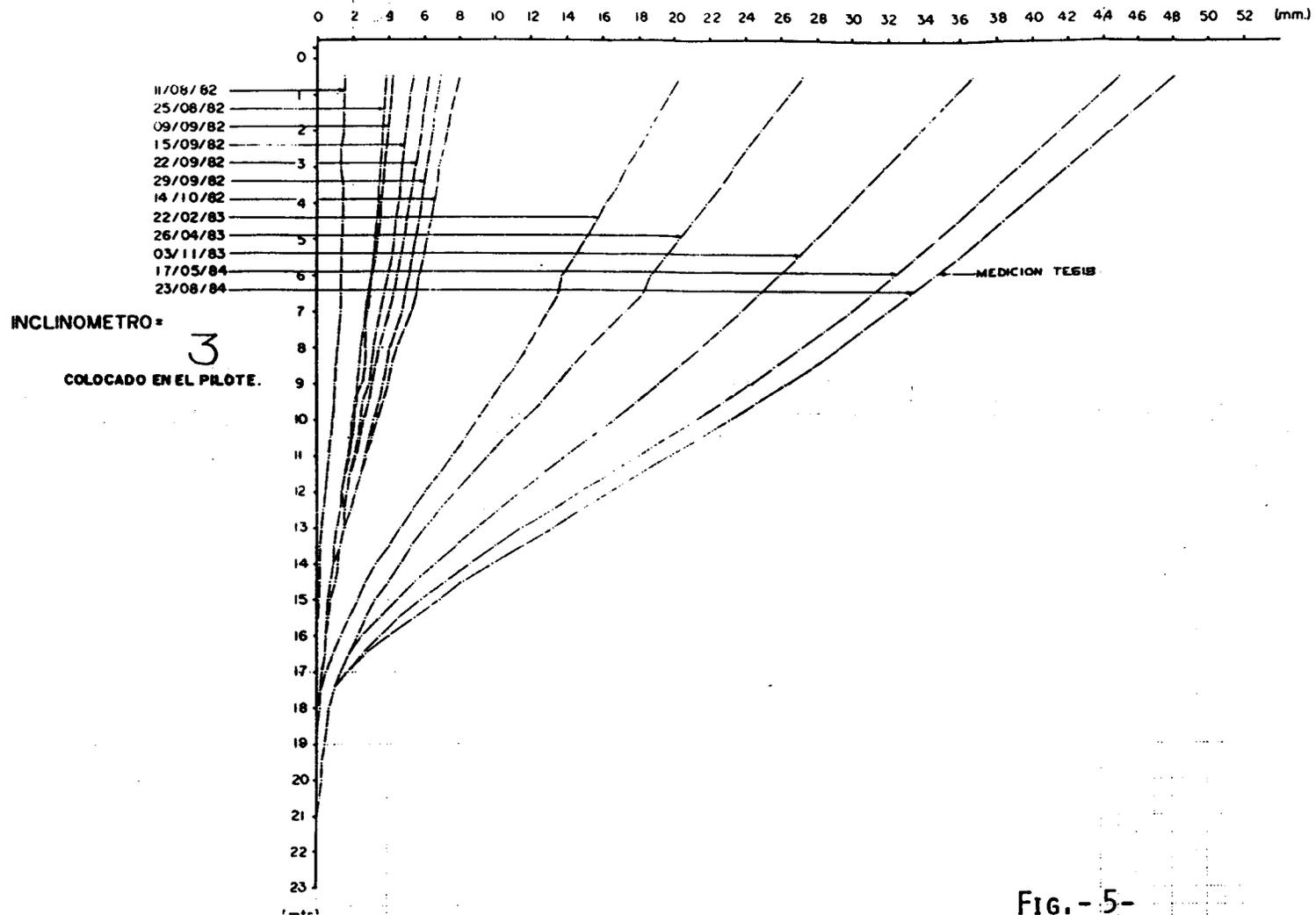


FIG. - 5-

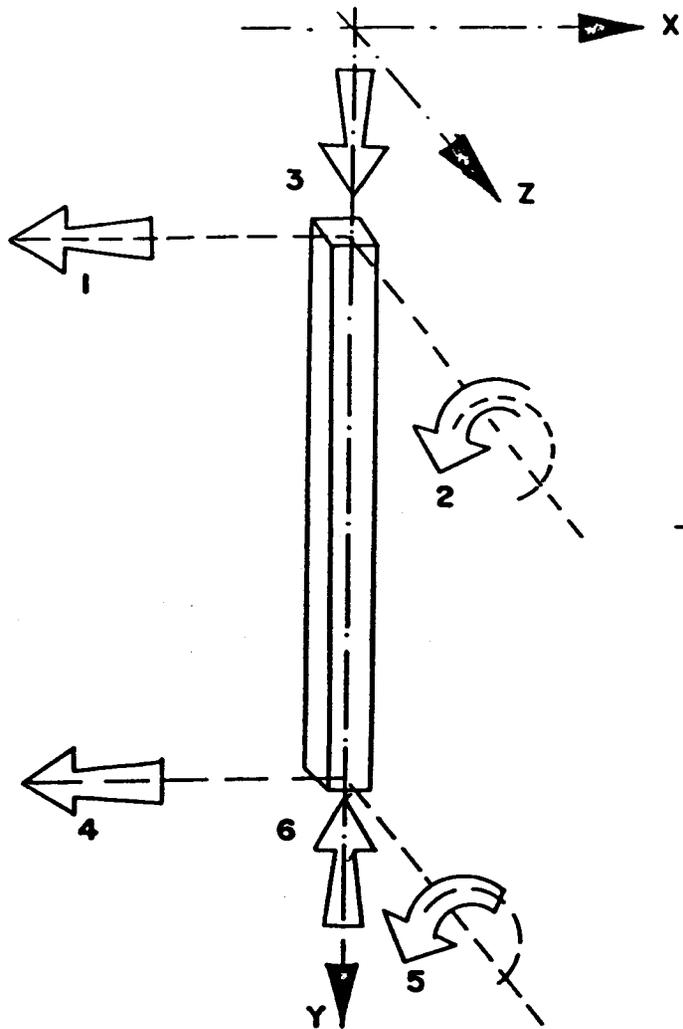


FIG. -6.A-

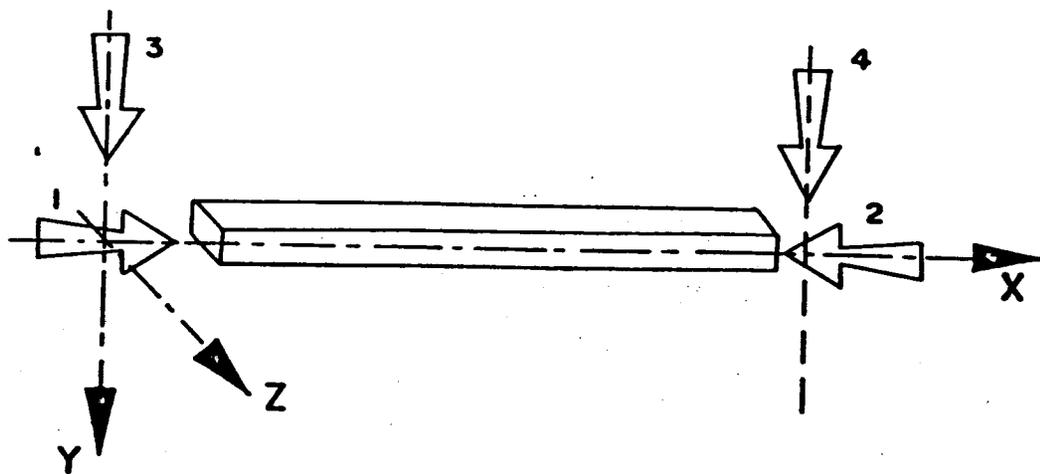


FIG. - 6.B-

$$|K| = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & \frac{12EI}{L^3} & & & & \\ 2 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & & & \\ 3 & & & \frac{AE}{L} & & \\ 4 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & & \frac{12EI}{L^3} & \\ 5 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \\ 6 & & & -\frac{AE}{L} & & \frac{AE}{L} \end{bmatrix}$$

SIMETRICA

$$|K| = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & \frac{AE}{L} & & \\ 2 & -\frac{AE}{L} & \frac{AE}{L} & \\ 3 & & & \frac{12EI}{L^3} \\ 4 & & & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{12EI}{L^3} \end{bmatrix}$$

SIMETRICA

L = LONGITUD
 E = MODULO DE ELASTICIDAD
 A = SECCION TRANSVERSAL
 I = INERCIA RESPECTO A "Z"

De esta manera el modelo que deriva (Fig. 8) permite tomar en cuenta los principales aspectos de la interacción definiéndose un comportamiento elástico lineal para el pilote y un comportamiento elásto-plástico no lineal para el terreno, sea en el sentido de la sollicitación axial, como en la de corte (contacto terreno-pilote).

Resultados numéricos y conclusiones:

Así como se mencionó al principio, los objetivos del análisis numérico fueron dos: estimar las cargas horizontales sobre el pilote y evaluar las sollicitaciones estructurales en el mismo.

Para tal efecto, se procedió a la simulación de distintas condiciones de carga entre las que con mayor probabilidad estaban actuando sobre el pilote, concentrándose finalmente en cuatro (4) de aquellas correspondientes a los rangos entre empuje activo y reposo para el relleno y a un área de influencia por efecto arco entre 1.5 y 2.0 veces el diámetro del pilote - (figura 9).

El procedimiento de aproximaciones sucesivas consistió en la confrontación, para cada condición de carga asumida, entre los desplazamientos obtenidos por el código de cálculo numérico y los desplazamientos realmente ocurridos y medidos con el inclinómetro.

En la figura 10 se ponen a comparación gráfica estos datos, de la observación de los cuales es posible traer las primeras importantes conclusiones requeridas por los objetivos del trabajo: el orden de magnitud de las cargas horizontales actuantes.

En cuanto a las sollicitaciones actuantes en la estructura del pilote, éstas se obtienen directamente del cálculo numérico para cada condición de carga supuesta.

En la figura 11, se ilustran los diagramas de momentos correspondientes a las cuatro condiciones de carga resultadas ser las más probables y en los mismos gráficos se indican también el diagrama de momento resultante de la integración directa de los datos de los desplazamientos medidos directamente con los inclinómetros.

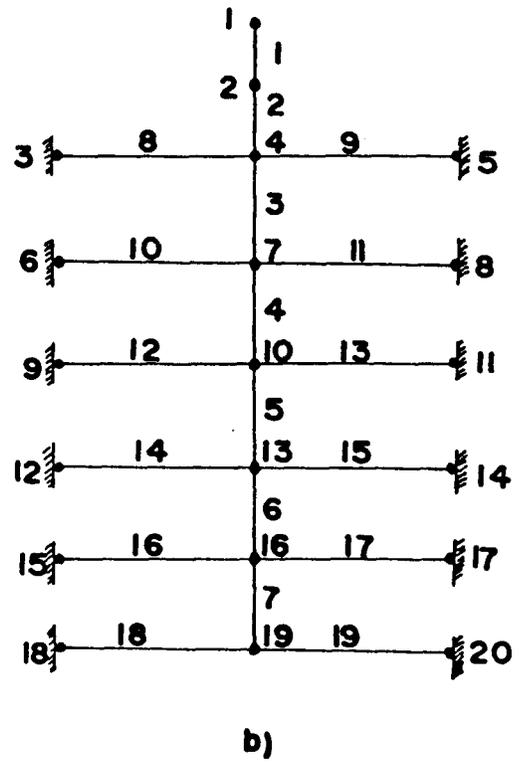
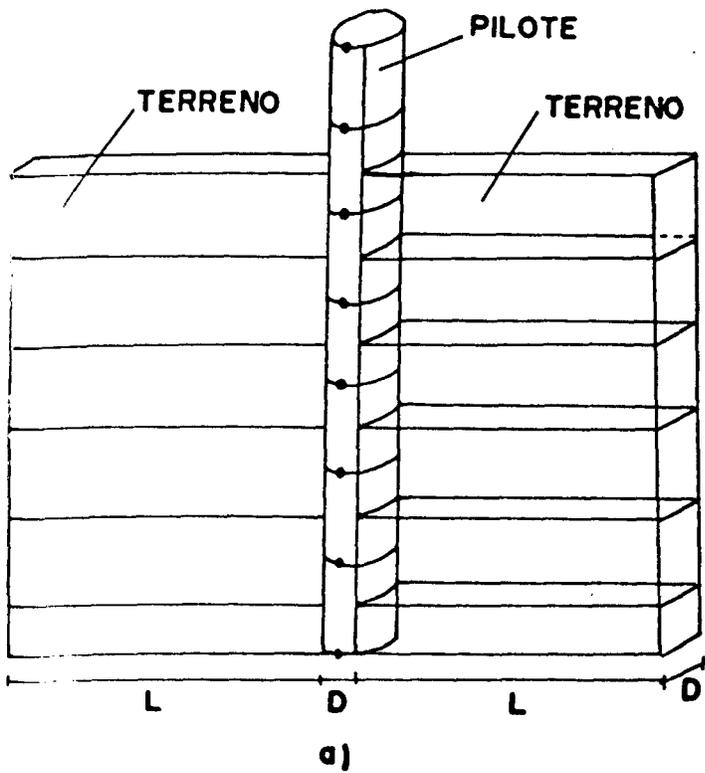
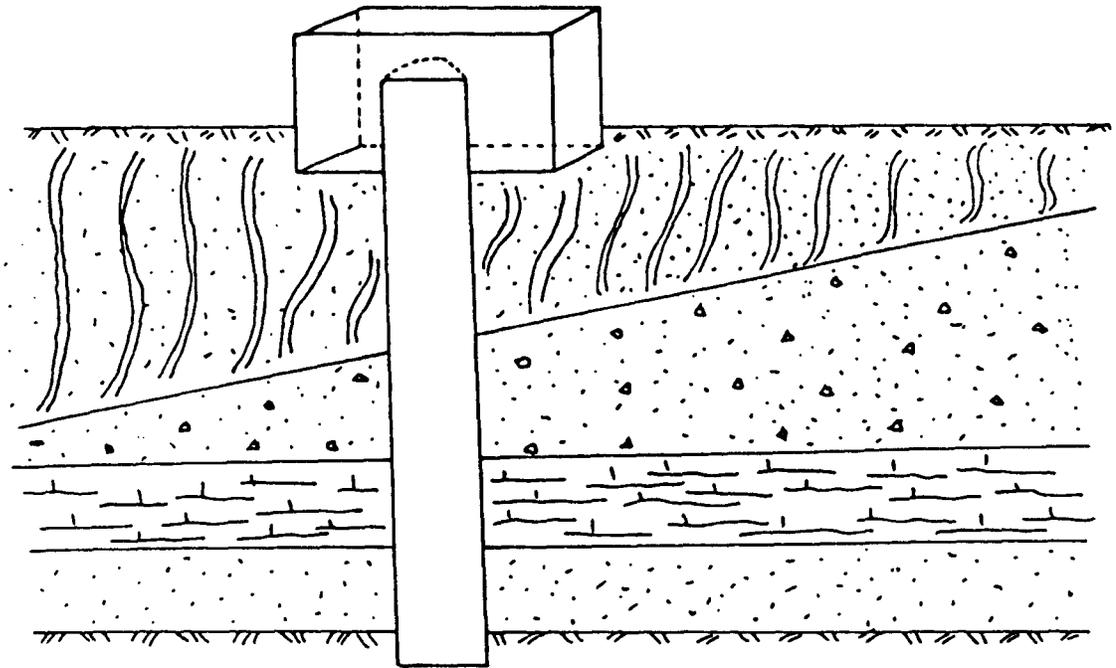
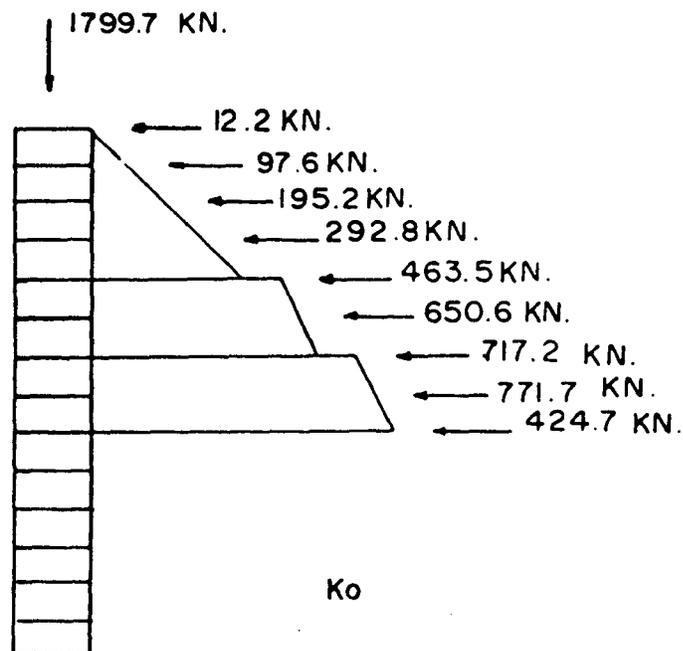
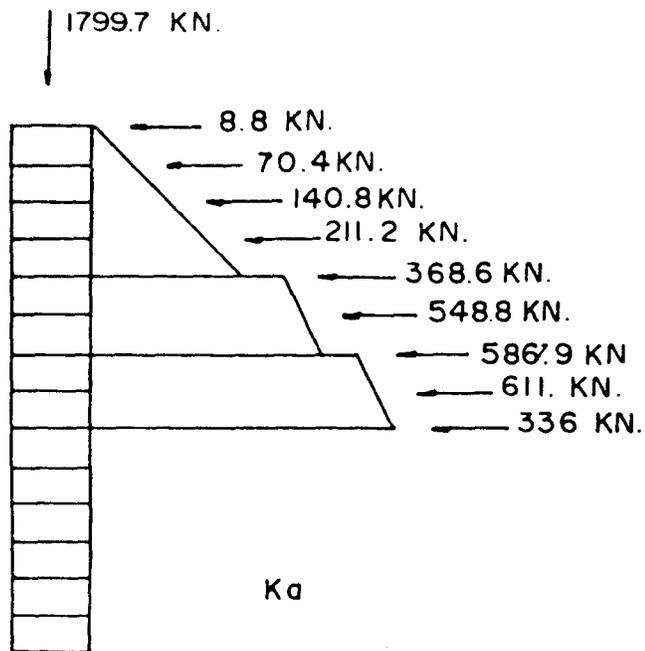


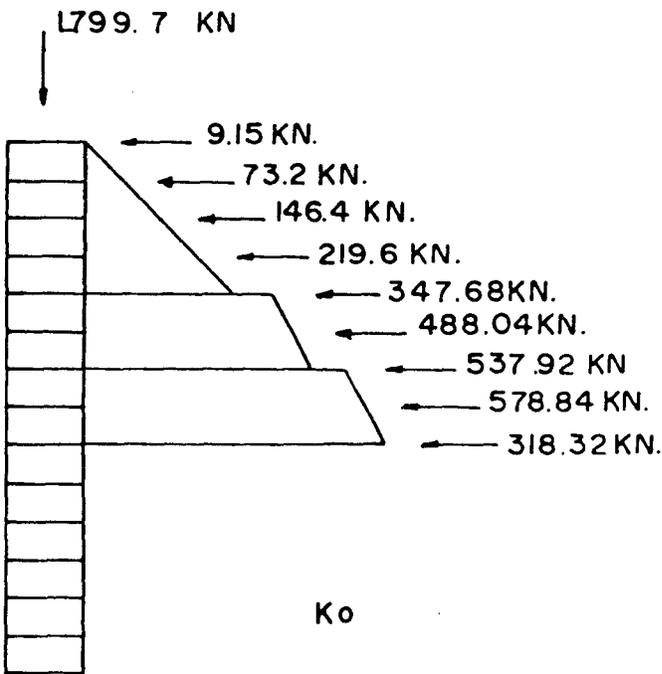
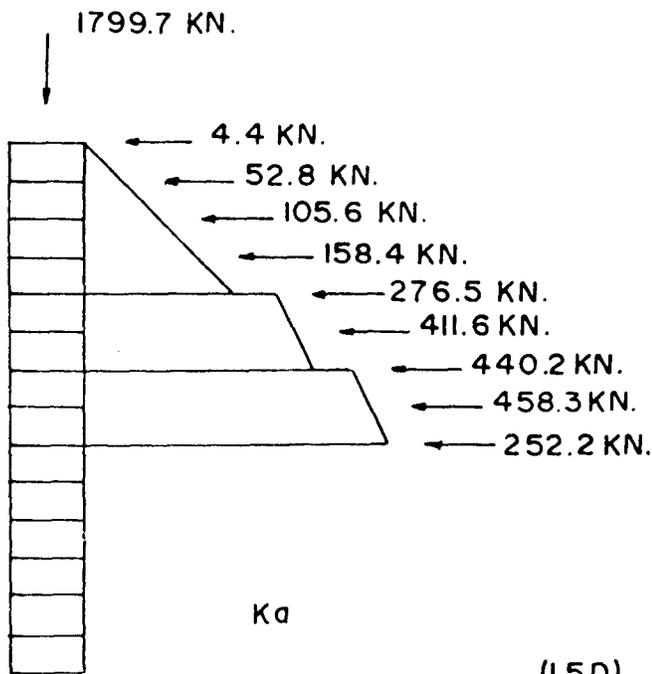
FIG. -8-



(2D)

a)

b)



(1.5D)

c)

d)

FIG. - 9 -

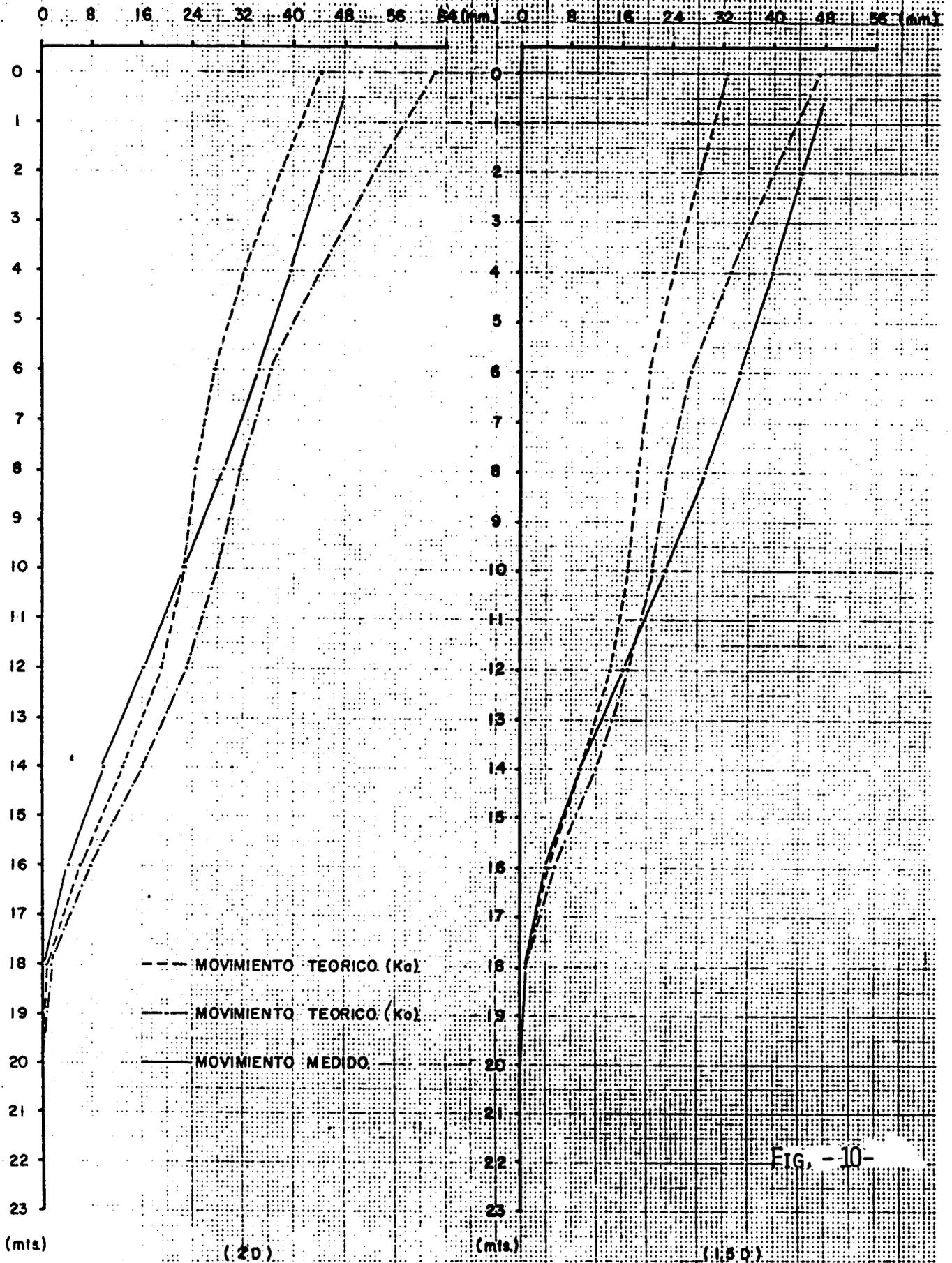


FIG. -10-