



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ESTUDIO DE UN SUELO EXPANSIVO DE CORO, VENEZUELA

POR

FREDDY EDILIO SANCHEZ NAVEDA

T E S I S

Que presenta como parte de los
requisitos para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERIA

Mecánica de Suelos



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.

T. UNAM

1979

SAN

G.2



DEPA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

MECANICA DE SUELOS

Por la presente se autoriza al ingeniero FREDDY EDILIO SANCHEZ NAVEDA para que desarrolle la tesis intitulada "Estudio de un Suelo Expansivo de Coro, Venezuela", bajo la supervisión del profesor doctor Leonardo Zeevaert W, como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Mecánica de Suelos.

Dicha tesis deberá desarrollarse en forma continua en un plazo no mayor de un año, contado a partir de la fecha de la presente; cualquier interrupción deberá comunicarse por escrito al Jefe de esta Sección.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd Universitaria, 5 de julio de 1978
EL JEFE DE LA SECCION,

M EN I J. ABRAHAM DIAZ RODRIGUEZ

JADR/roo

A mi esposa Doris Graciela,
a mis hijos Freddy José,
María Gabriela y Doris Indhira
como testimonio de amor.
Sus cuotas de sacrificios y apoyo
resultan imponderables.

A mis Padres
y a todos mis hermanos.

Al Ing. Gabriel Moreno Pecero,
agradeciéndole siempre
sus generosas atenciones.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones, por la valiosa colaboración prestada en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Leonardo Zeevaert Wiechers, Director de Tesis, cuyos valiosos consejos y recomendaciones me guiaron durante la ejecución. - La ayuda recibida de su Despacho para realizar allí parte del trabajo experimental fue muy importante.

Al Maestro Abraham Díaz Rodríguez, Jefe de la Sección de Mecánica de Suelos de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, por su actitud diligente y orientadora.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Venezuela, por su respaldo económico el cual ha hecho posible la realización de estos Estudios de Maestría.

Al Instituto Universitario de Tecnología de Coro, Venezuela, por su gran apoyo y estímulo.

A los compañeros y personal de la Sección de Mecánica de Suelos por su amplia colaboración.

A todos aquellos que han estimulado y alentado en mí el logro de este objetivo.

C O N T E N I D O

	PAG.
CAPITULO I. INTRODUCCION	1
CAPITULO II. FUNDAMENTOS TEORICOS	5
II.1 Arcilla, Origen y Composición	5
II.2 Propiedades Índice en los Suelos Expansivos	9
II.3 Propiedades Mecánicas	10
II.3.1 Expansión	10
II.3.2 Compresibilidad	11
II.3.3 Resistencia al Corte	11
II.4 Reconocimiento de Suelos Expansivos	
II.4.1 Métodos de laboratorio	11
II.4.2 Observaciones de campo	12
CAPITULO III. ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION DE LABORATORIO	19
III.1 Clasificación del Material Utilizado	20
III.1.1 Características del lugar de procedencia	20
III.1.1.1 Condiciones ambientales	21
III.1.2 Muestras del suelo utilizado	22
III.1.3 Determinación de las propiedades índice	22
III.2 Pruebas de Expansión y Compresibilidad	
III.2.1 Equipo utilizado	23

III.2.2	Labrado de probetas	24
III.2.3	Análisis de carga	27
III.2.4	Procedimiento seguido en pruebas de expansión y compresibilidad	28
III.2.4.i	Pruebas de potencial expansivo a carga constante	28
III.2.4.i.i.	Pruebas de potencial expansivo a volumen constante	30
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
IV.1	Pruebas de Potencial de Expansión a Volumen Constante	45
IV.2	Pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante	45
IV.2.1	Análisis de la expansión	46
IV.2.2	Análisis de las curvas de compresibilidad	47
IV.2.3	Ley fenomenológica de la expansión	49
IV. 3.	Recomendaciones	53
APENDICE A.	CRITICA TENTATIVA DE PROCEDIMIENTOS MECANICOS REALIZADOS POR DIFERENTES AUTORES	59
APENDICE B.	REGISTROS DE OBSERVACIONES DE LABORATORIO	71
B.1	Pruebas de Potencial de Expansión a Volumen Constante	78
B.2	Pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante.	90

APENDICE C.	RESULTADOS EXPERIMENTALES	
	TABLAS Y GRAFICAS	146
C.1.	Pruebas de Potencial de Expansión a Volumen Constante.	
	Gráficas de la Fuerza de expansión vs. tiempo.	149
	Tablas y Gráficas de la variación del Potencial de Expansión con el esfuerzo vertical bajo el cual se inició la saturación del material	157
C.2.	Pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante.	
	Gráficas expansión vs. tiempo	165
	Gráficas y Tablas de la variación del grado de expansión con el tiempo	175
	Curvas de compresibilidad del proceso compresión - expansión - consolidación	202
	Tabla y Gráficas de variación de la ex- pansión volumétrica debida a la satura- ción con el esfuerzo de confinamiento vertical bajo el cual se expande el ma- terial	204
APENDICE D.	EJEMPLO NUMERICO	207
REFERENCIAS		231

Lista de Símbolos

Los símbolos que se incluyen en esta lista son definidos en el contenido de este trabajo.

A	Area
a	Parámetro
B	Dimensión lineal, mitad del lado de una zapata
d	Espesor de estrato
e	Relación de vacíos
G_w	Grado de saturación
H	Altura
I	Coefficiente de influencia
I_p	Indice de plasticidad
K	Constante
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
M	Módulo secante de deformación unitaria
m_v	Módulo de compresibilidad volumétrica unitaria.
N_c, N_q, N_γ	Factores de capacidad de carga
Q	Carga
q_u	Resistencia a la compresión simple; consistencia natural
Ss	Gravedad específica
t	Tiempo
t_o	Tiempo de ajuste
V	Volumen
W	Contenido de agua

w_s	Peso de los sólidos
α	Coefficientes de forma de la cimentación
γ	Peso específico
d_e	Hinchamiento o expansión
d_n	Asentamiento
$\Delta\sigma_{exc.}$	Incremento de esfuerzo efectivo vertical debido a la excavación.
$\Delta\sigma_z$	Incremento de esfuerzo efectivo vertical debido a la cimentación.
$\epsilon_{m\acute{a}x}$	Expansión volumétrica máxima debida a la saturación
ϵ_v	Deformación volumétrica unitaria debida a la saturación.
ϵ_t	Deformación volumétrica unitaria para un tiempo t, debida a la saturación.
ϵ_f	Deformación volumétrica unitaria final debida a la saturación.
ν	Relación de Poisson
β_e	Grado de expansión
σ_i	Esfuerzo efectivo después del alivio por excavación
$\sigma_{crit.}$	Esfuerzo crítico o esfuerzo de equilibrio
σ_0	Esfuerzo efectivo vertical al cual corresponde la expansión volumétrica unitaria máxima por saturación
σ_{0i}	Esfuerzo efectivo inicial
σ_v	Esfuerzo efectivo vertical de confinamiento bajo el cual se satura el suelo y se produce la expansión.
χ	Número de Fröhlich

CAPITULO I. INTRODUCCION

La literatura técnica referente al tópicó del presente trabajo contiene numerosas referencias a los problemas ocasionados en el comportamiento de construcciones cimentadas sobre suelos arcillosos denominados expansivos. Suelos que presentan fenómenos de movimientos diferenciales motivados por hinchamientos y/o contracciones como resultado de cambios en su contenido de agua, independientemente de las cargas externas.

Los daños producidos por las arcillas expansivas afectan viviendas, edificios comerciales, carreteras, aeropuertos, revestimiento de canales y otros tipos de estructuras ligeras.

De acuerdo a estimaciones de Jones y Holtz, reportadas en la ASCE (1973) los daños causados por los suelos expansivos exceden al promedio anual de los daños originados por huracanes, inundaciones, terremotos considerados conjuntamente [1].

En los últimos 20 años se han realizado progresos considerables para entender la naturaleza de los suelos expansivos. Dentro del campo de las investigaciones realizadas está el aspecto relacionado con la práctica de la ingeniería, la cual enfatiza en los criterios de diseño y precauciones de construcción de estructuras cimentadas sobre estos suelos.

Desafortunadamente, hasta la presente fecha, los conocimientos sobre los suelos expansivos no han llegado a un estado de solución racional y económica. Es difícil entender en la profesión de ingeniería civil, porque los investigadores de suelos no han sido capaces de ofrecer soluciones accesibles a aplicaciones prácticas.

Los materiales que se clasifican como expansivos pueden ser encontrados principalmente en regiones donde existen rocas ígneas, o rocas altamente micáceas, debido a que los depósitos de suelo van a contener minerales activos compuestos de silicatos aluminicos hidratados.

Se presentan estos materiales principalmente en colores amarillo ocre, aunque también en colores rojizos debido a la hemátita.

Sin embargo, habrá que tener presente que las condiciones ambientales son determinantes. El fenómeno de expansión ocurre en regiones de climas áridos o semiáridos, cuando existe una combinación de un perfil arcilloso producto de suelos residuales y un nivel freático bajo.

Hay dos formas principales en las cuales se manifiesta el fenómeno:

- a) Por penetración directa del agua en el suelo, lo cual viene de lluvias, riego de jardines, rotura de conductos de agua.
- b) Por migración de vapor de agua. Cuando la evaporación supera a la precipitación, existe una deficiencia permanente de humedad; al colocar una edificación sobre el terreno se interrumpe la evaporación produciendo migración del vapor de agua hacia la zona cubierta, lo cual aumenta la humedad, generándose hinchamiento.

La pérdida de humedad provoca un estado de succión en el suelo. Este término de succión también a veces es tomado por el de *potencia capilar*, considerando que el suelo se comporta como un sistema de conductos capilares. Los cambios en las presiones de succión se convierten en deformaciones volumétricas debido a la compresibilidad de la matriz arcillosa del suelo. Cuando el grado de saturación es bajo, el color del suelo es claro, lo cual indica que las presiones de succión han aumentado considerablemente. El alcance de este trabajo no abordará la determinación del parámetro de succión.

La presente investigación va dirigida hacia el análisis del comportamiento mecánico del fenómeno expansivo, es decir, hacia los hechos físicos de la presentación del fenómeno, puesto que se desea conjugar el aspecto académico con la utilización práctica de los resultados en los problemas de la profesión.

El objetivo de esta investigación es obtener a través del laboratorio e interpretación práctica de los resultados experimentales, un método que conduzca a la predicción del hinchamiento en función del potencial expansivo del suelo, cuando éste se encuentre en un estado de esfuerzos determinado, y se satura totalmente a partir de su humedad natural. La realización de este objetivo busca contribuir al diseño racional de las cimentaciones sobre terrenos expansivos.

La programación del trabajo experimental, en términos generales es de la siguiente forma:

- a) Se desarrollarán pruebas denominadas de potencial expansivo a carga constante, ejecutándolas en consolidómetros de brazo de semicircular y
- b) Pruebas de potencial expansivo a volumen constante en un consolidómetro de palanca lineal. Estos instrumentos se describen en detalle en el capítulo III.

CAPITULO II. FUNDAMENTOS TEORICOS

II.1 Arcilla, Origen y Composición

Es de importancia para la Mecánica de Suelos conocer las características y proceso geológico de formación de los depósitos que constituyen los materiales del subsuelo, para visualizar el comportamiento de las masas en el campo.

De las rocas se producen los suelos en el lugar mismo por dos acciones:

- 1) La desintegración mecánica y
- 2) Los procesos de transformación físico-químico producidos por el intemperismo o meteorización.

La desintegración mecánica produce fragmentos de roca, grava, arena y limo, es decir, divide la roca madre en sus fragmentos litológicos. La acción mecánica puede ser el resultado de movimientos terrestres, acción del hielo, viento, agua.

La transformación química de los minerales que forman la roca, produce nuevas componentes mineralógicas que vienen a constituir desde materiales muy finos hasta coloides.

Para una cierta región se pueden agrupar los depósitos de suelos expansivos en distintas formaciones dependiendo de sus características geológicas más distintivas. Luego se podrán a su vez subdividir localmente en facies que reflejen las características locales o más detalladas dentro de un cierto depósito. Las formaciones que presentan características de expansión con frecuencia cubren zonas de varios miles de kilómetros cuadrados.

Se denominan arcillas aquellas partículas de suelo cuyas dimensiones son menores de 2 micras. En una masa de arcilla un alto porcentaje de granos entre diámetros de 2 y 0.2 micras, son minerales de arcillas. Estos son el producto de la descomposición química de los componentes menos estables de las rocas. Así pues, los minerales de arcilla son principalmente silicatos alumínicos hidratados en los que frecuentemente la alúmina es reemplazada por hierro y magnesio o cantidades pequeñas de álcalis. También se presentan dentro del tamaño correspondiente a la fracción de arcilla, pequeñas cantidades de cuarzo y minerales ferromagnesianos [2].

Los minerales de arcilla ocurren en placas planas. Sin embargo, en algunos casos los granos son tubulares o fibrosos. En general, los minerales de arcilla, dependiendo del mineral que los constituye, tienen ciertas propiedades importantes como la acti

vidad superficial, que se refiere a los fenómenos físico-químicos producidos por la carga superficial de cada partícula, dependiendo éstos de la intensidad de esa carga superficial, que para algunos minerales es mayor que en otros. La fuerza de atracción molecular, produce en la periferia de los granos, capas de agua adherida. Por tanto, una arcilla de una actividad superficial mayor tendrá la propiedad de que sus granos atraen fuertemente películas de agua más gruesas que otros minerales de arcilla de actividad superficial menor.

Los minerales de arcilla se dividen en tres grupos principales:

- a) Montmorilonitas
- b) Illitas
- c) Caolinitas

El grupo de las Montmorilonitas, lo constituye principalmente el mineral del mismo nombre, en donde la relación de sílice a alúmina es generalmente de 4 a 1. En este tipo de mineral de arcilla, la alúmina puede estar parcialmente reemplazada por C_a , N_a , K , M_g , F_e , Al , etc. Los minerales correspondientes a este grupo tienen la propiedad de hincharse fuertemente, es decir, de que se produzca un hinchamiento en la estructura del mineral. En general este hinchamiento es debido a la gran afinidad que tiene el mineral montmorilonita con el agua; el agua libre es adsorbida fuertemente por los granos del mineral, entrando a formar parte de la estructura molecular.

Generalmente el mineral básico de la montmorilonita se forma por la descomposición química de rocas ígneas en general. El color del mineral es amarillo ocre; sin embargo dependiendo de los óxidos y sustancias coloidales orgánicas que contenga la montmorilonita, podrán producirse otros colores como café, café rojizo y verde olivo. Una de las propiedades importantes de la montmorilonita es que por lexiviación se remueve la alúmina destruyéndose parcialmente la estructura molecular del mineral, originándose, por tanto, cambios de resistencia en la arcilla.

En el grupo de las Illitas, se le ha dado más bien el nombre al grupo que al mineral de arcilla, y el nombre corresponde idénticamente a los minerales de arcilla que son producto de la hidratación de micas blancas.

Algunos minerales de este grupo contienen sustituciones de la alúmina por hierro y magnesio. La relación de sílice a alúmina es de aproximadamente 2. Los granos tienen propiedades de adsorción mucho menos activas que en el caso de las montmorilonitas, de allí que su propiedad de hinchamiento sea menor.

En el grupo de las caolinitas, generalmente este mineral de arcilla se forma por la caolinización de las rocas ígneas feldespáticas. Su relación de sílice a alúmina es de aproximadamente 1. La actividad superficial de los minerales de caolinita es pequeña. La forma de los granos también es plana, hojosa o escamosa, pero la caolinita no adsorbe agua en su estructura molecular como lo hacen las montmorilonitas. Por tanto, los mine-

rales de caolinita no presentan la propiedad de hincharse al contacto con el agua, o fuerte contracción al secarse.

II.2 *Propiedades Índice en los Suelos Expansivos*

Estas propiedades son importantes en la clasificación de los suelos expansivos, para definir su comportamiento y relacionarlo con las propiedades mecánicas.

Estudios realizados por Grim (1962), Holtz y Gibbs (1956), Kassif (1969) y Seed (1962) han demostrado que el índice de plasticidad es función del tipo y de la cantidad de minerales arci-llosos [3].

La condición física de una arcilla en su estado natural depende principalmente de la historia de esfuerzos, del contenido de agua, la densidad y la presencia de grietas y fisuras. Un valor de densidad alta indica un alto grado de preconsolidación por desecación. El incremento en la densidad está acompañada de una disminución en el contenido de agua. De manera que, para un suelo desecado, la densidad y grado de saturación pueden ser toma-dos como representativos del comportamiento mecánico.

Las propiedades índice son útiles para calibrar un determinado tipo de material, pero al pretender correlacionarlos con materiales de otra región que tengan idénticos valores numéricos no puede garantizarse una semejanza en el comportamiento mecánico relacionado, debido primordialmente a factores influyentes como son

la historia geológica, condiciones ambientales y contenido en minerales de arcilla.

II.3 Propiedades Mecánicas

Para racionalizar el cálculo de las cimentaciones y predecir el comportamiento de las estructuras cimentadas sobre suelos expansivos, es necesario el conocimiento de la variación de las propiedades mecánicas con la humedad de estos suelos como son:

La expansión

La compresibilidad

La resistencia al corte

II.3.1 Expansión

Esta propiedad está relacionada directamente con el contenido de los minerales activos de arcilla, los cuales son afines al agua, de tal manera que al contacto con ésta se expanden fuertemente. El efecto físico-químico fue explicado anteriormente en 11.1.

Esta propiedad ha sido cuantificada por algunos investigadores con parámetros como son: a) el porcentaje de expansión y b) la presión de expansión; cuyas definiciones aparecen en el Apéndice A.

Se considerará que el término apropiado para evaluar esta propiedad es el de potencial de expansión, cuyo concepto teórico en la

presente investigación, es concebido como la energía intrínseca que posee un material expansivo, en el que manteniendo invariable su estado de esfuerzos, dicha energía se libera a medida -- que se inicia la saturación del suelo.

II.3.2 Compresibilidad

Es conocido que la compresibilidad de un suelo depende de la rigidez y oquedad de su estructura.

Estos suelos al ser sometidos a desecación se compactan, disminuyendo su oquedad. Esto es ocasionado por la tensión superficial que se origina en los poros del suelo durante el secado.

II.3.3 Resistencia al esfuerzo cortante

Cuando a estos materiales se les agrega agua se expanden debido al efecto físico-químico de los minerales activos, se produce entonces una nueva orientación en los granos de la estructura, en donde se pierde la adherencia y el suelo se desintegra sino está confinado.

Para valorizar los problemas de estabilidad, se hace necesaria la investigación de los parámetros de resistencia (C y ϕ) con el grado de saturación y confinamiento del suelo.

II.4 Reconocimiento de Suelos Expansivos

II.4.1 Métodos de laboratorio

De acuerdo a la naturaleza de las observaciones se pueden agrupar dos métodos diferentes para el reconocimiento de los suelos expansivos: a) métodos indirectos y b) métodos directos.

a) Los métodos indirectos han sido utilizados para obtener parámetros de expansión, como son el porcentaje de expansión y la presión de expansión, a partir de la correlación con las propiedades índice como, límites de consistencia, densidad, contenido de humedad y parámetros de succión.

b) Los métodos directos, los cuales se utilizarán en este trabajo, son los más satisfactorios y convenientes desde el punto de vista de la Ingeniería de las Cimentaciones para estudiar los parámetros de hinchamiento del suelo en función del concepto de potencial de expansión expresado anteriormente en las pags. 10 y 11.

Las medidas directas de la expansión se realizan en consolidómetros unidimensionales.

II.4.2 Observaciones de campo

Antes de realizar cualquier reconocimiento de campo es importante obtener información acerca de la formación geológica, origen probable y condiciones ambientales de la región donde se encuentra el material a investigar.

Para reconocer el material hay que tomar una muestra, del sitio en investigación, observando su color, la consistencia natural y su desintegración en el agua, aunque ésta última característica también puede presentarse en suelos no expansivos debido a que cuando se inunda el espécimen de suelo, pueden quedar burbujas de aire atrapadas en sus vacíos, lo cual general por el efecto capilar, tensión en la estructura del suelo desintegrándolo cuando éstas fuerzas sobrepasan la consistencia natural y el suelo no se encuentra confinado [4].

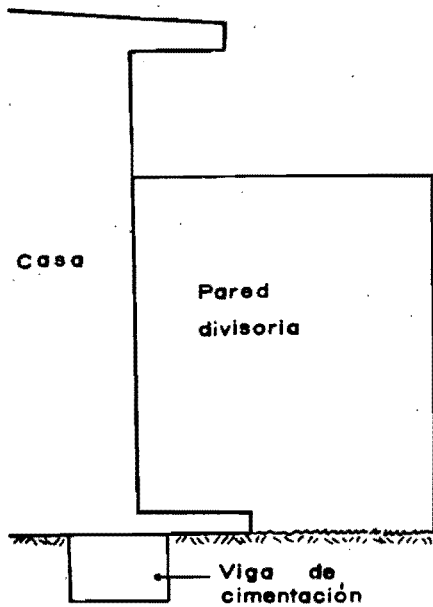
De principal importancia son los daños o movimientos inducidos en construcciones, donde se manifiestan principalmente levantamientos de pisos, grietas en paredes, pavimentos de carreteras aceras y recubrimientos de canales.

En las fotografías (1, 2, 3, 4 y 5) procedentes de Coro, Venezuela, se presentan algunos daños observados en construcciones livianas y pesadas producidos por los movimientos diferenciales inducidos por el levantamiento de los suelos expansivos. - En ellas se explica gráficamente el mecanismo del daño producido por la expansión.

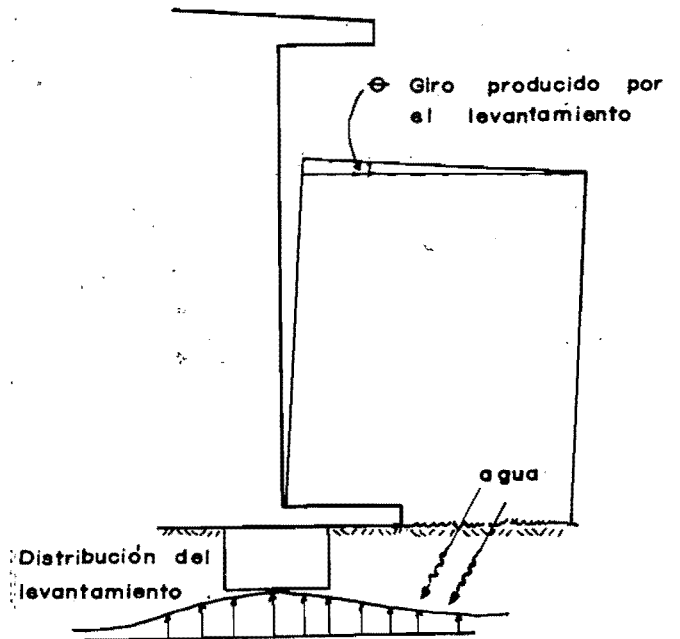
Además se debe complementar la información por la exploración de las paredes de un pozo a cielo abierto o un corte realizado en el terreno registrando fisuras, grietas finas o grietas de contracción, así como la presencia de fisuramiento prismático; que son características también de este tipo de suelos.



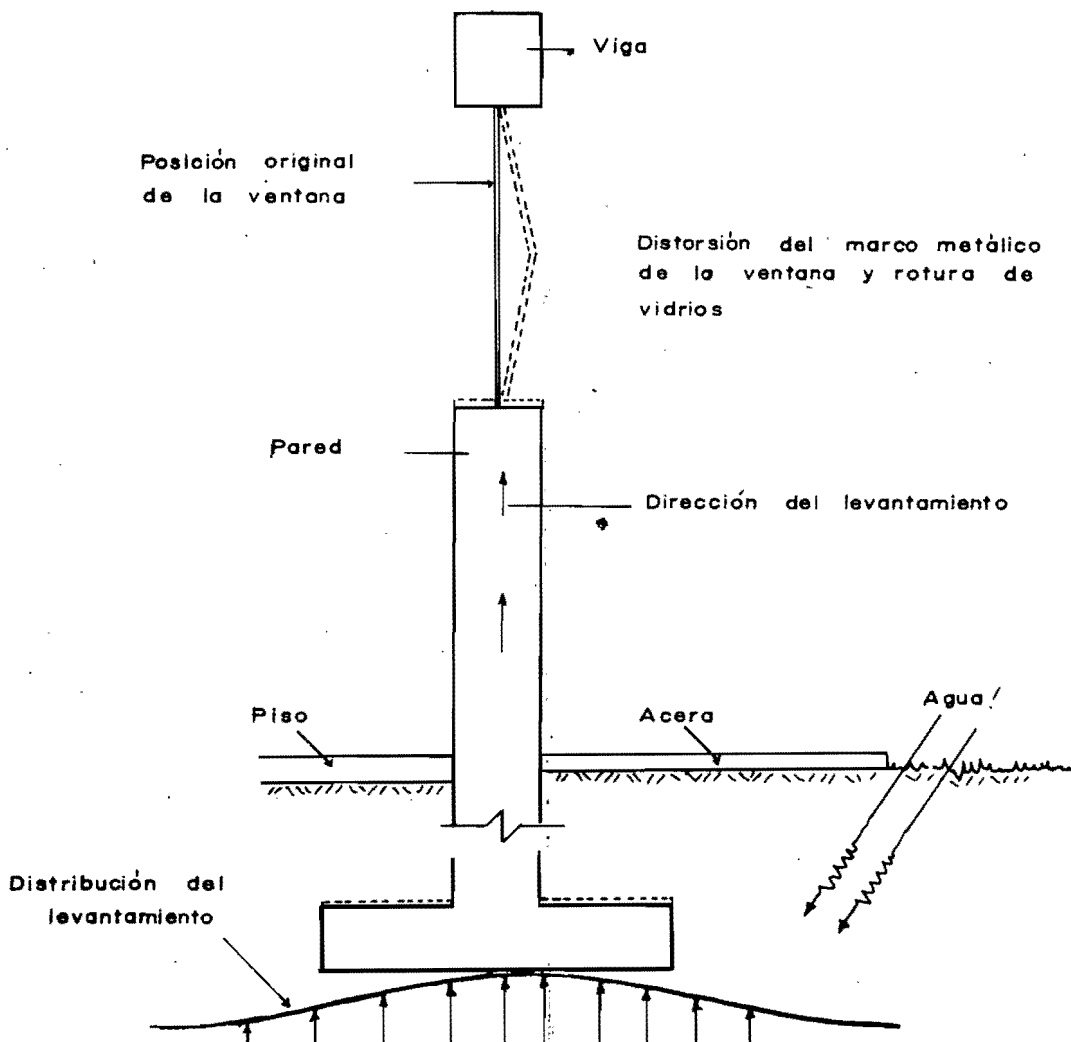
Foto 1.- Daños en pared divisoria localizado en vivienda de estructura liviana



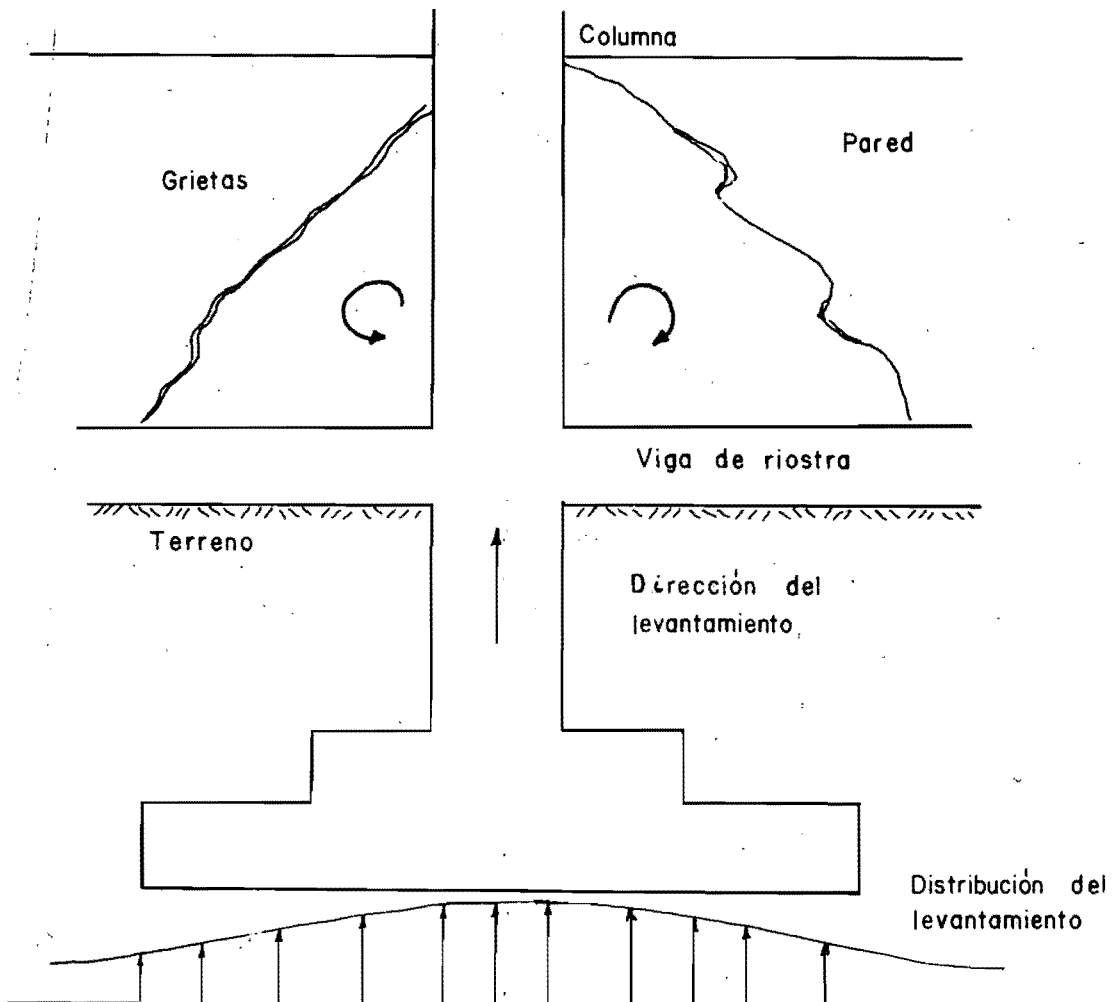
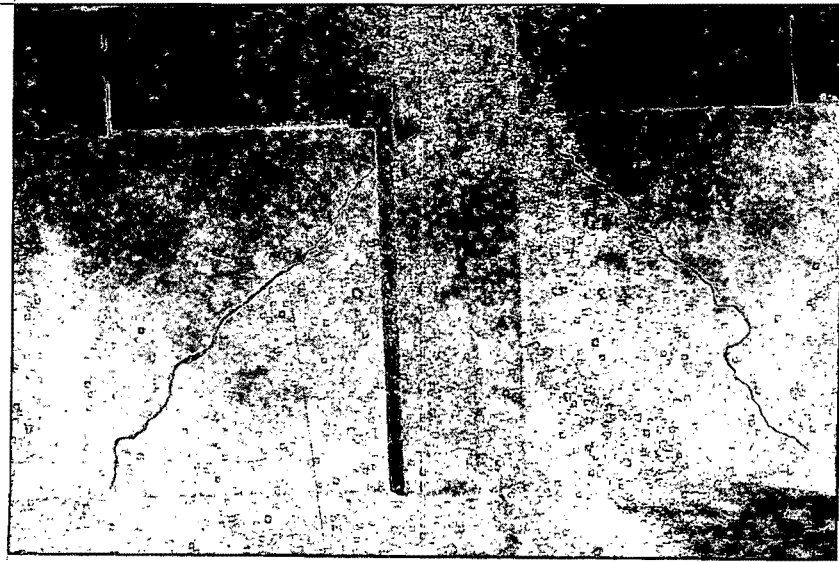
a.- Estado original



b.- Daño producido en la pared



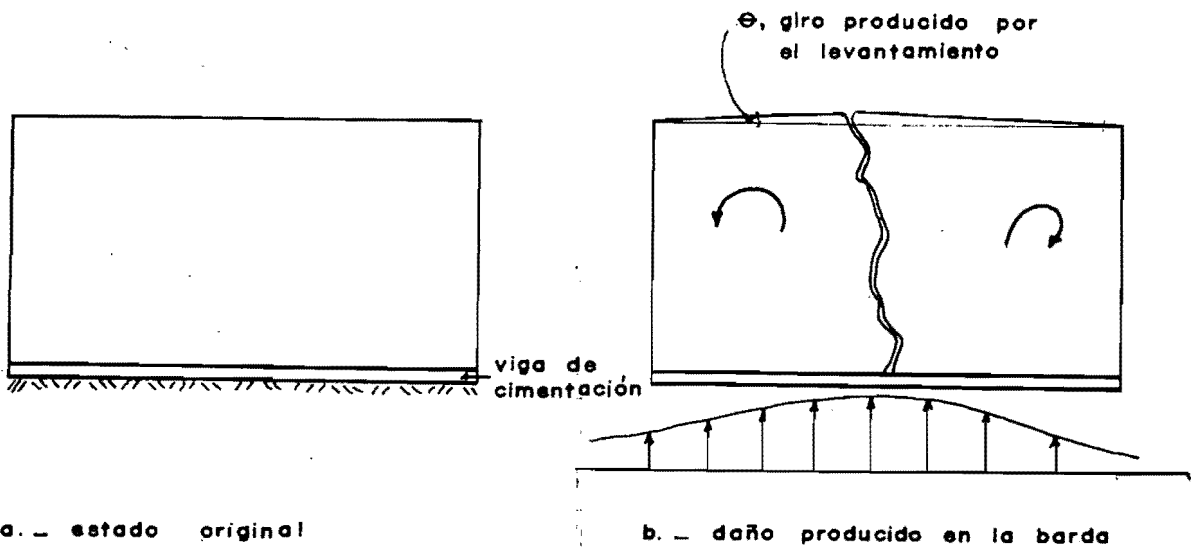
Fotografía 2.- Danos en ventanales. Localizado en edificio de 3 niveles



Fotografía 3.- Agrietamiento en paredes. Localizado en edificio de 3 niveles



Fotografía 4.- Daños en una barda





5a.- grieta en la guarnición y despegamiento de las baldosas del piso.

5b.- grieta longitudinal producida por el abombamiento del piso.

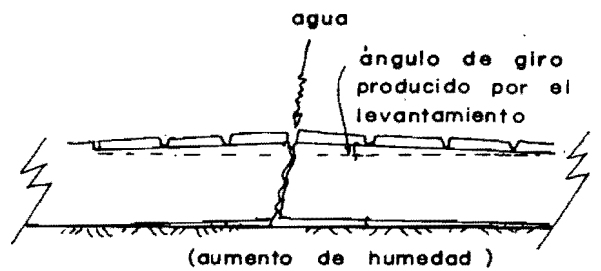


diagrama del levantamiento



a.- estado natural

b.- daño producido por la expansión

CAPITULO III. ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION DE LABORATO RIO

En esta investigación, el reconocimiento y evaluación de las propiedades expansivas se hará mediante pruebas directas. El propósito de este estudio es la interpretación de la física del problema, para ello se trata de simular lo que sucede en el campo, donde se encuentra el material con una determinada consistencia natural y confinado a un estado de esfuerzos determinado. Al ponerse en contacto con el agua, el suelo se expande cambiando las características mecánicas de su estado natural.

Interesa conocer las variaciones volumétricas, buscar la explicación física del comportamiento mecánico a través de leyes fenomenológicas. Se busca también evidenciar la energía potencial generadora del trabajo de la expansión.

III.1 Clasificación del Material Utilizado

Para la presente investigación fué de principal interés utilizar el material procedente de Coro, Venezuela, porque presenta en el campo lo discutido en II.4.2.

Este material tiene un grado de saturación en estado natural menor de 80%, un color café claro y se encuentra encalichado. Tiene una consistencia dura, su textura es jabonosa; presenta ocasionalmente grietas capilares, encontrándose además algo de fisuramiento prismático pequeño. Cuando es colocado bajo el agua, - sin confinamiento, reacciona instantáneamente, se escama, y se desintegra rápidamente con presencia de burbujas de aire (ver -- II.4.2)

III.1.1 Características del lugar de procedencia

La región de donde proviene el material estudiado es la capital del Estado Falcón; se halla al noroeste de Venezuela, limitada al Norte y Este por el Mar Caribe (ver Mapa pag. 32).

Se dan en Coro las condiciones generales reportadas como comunes para la presencia de suelos expansivos como son: subsuelo arcilloso de gran espesor, clima árido y ubicación del nivel freático a gran profundidad.

El subsuelo de Coro, en la parte más superficial lo constituyen sedimentos productos de suelos residuales, originados por materiales provenientes de la desintegración mecánica de las rocas ígneas pertenecientes a las montañas del Sistema Coriano ubicado al Sur de la ciudad, los cuales fueron erosionados por las aguas y sedimentados. Las aguas en su recorrido desde las montañas hacia su desembocadura en el Mar Caribe, inundaban la llanura donde actualmente está situada la ciudad.

En la ciudad de Coro, como ya se mencionó en párrafos anteriores, se presentan en forma notoria daños en pavimentos, edificaciones, tuberías y canales por los fenómenos de expansión.

III.1.1.i Condiciones Ambientales

- Temperatura media anual : 30°
- Precipitación media anual : 422 mm
- Humedad relativa media anual : 70 %
- Insolación : el número medio de horas de insolación anual es de 3,000; ésta insolación y la falta de vegetación motivan un fuerte recalentamiento de los suelos, lo cual repercute en la evaporación.
- Evaporación media anual teórica : 1,878 mm
- Nivel freático : a 25 metros de profundidad

Estos datos fueron tomados de la referencia [5].

III.1.2 Muestras del suelo utilizado

Se utilizaron muestras inalteradas obtenidas de un pozo a cielo abierto, a la profundidad de 2.00 m, verificando que se tratara de un material del horizonte B, en términos de definición edafológica.

El tamaño de las muestras cúbicas fue de 22 cm de arista, las cuales fueron adecuadamente protegidas, para evitar pérdidas de humedad, y acomodadas en cajones de madera, de forma tal que la manipulación durante el transporte no afectara el estado original de las mismas.

III.1.3 Determinación de las propiedades índice

Las propiedades índice que fueron determinadas:

- a) contenido de humedad (%)
- b) grado de saturación (%)
- c) relación de vacíos (e)
- d) gravedad específica (S_g)
- e) peso específico (γ_m)
- f) límites de consistencia (LL, LP)
- g) consistencia natural

Estos ensayos fueron realizados en laboratorio siguiendo las instrucciones dadas en [6].

La Tabla 2 B correspondiente al resultado de los ensayos se presenta en la pag. 75 del Apéndice B.

III.2 Pruebas de Expansión y Compresibilidad

III.2.1 Equipo utilizado

- a) En la prueba de potencial expansivo bajo carga constante se utilizó el siguiente equipo:
- consolidómetro de brazo semicircular (fig 1.III)
 - micrómetros de 0.01 mm de apreciación
 - cronómetros
 - vernier
 - balanza, horno, serruchos, hojas de siqueta, cuchillos, navajas, prensa de madera, recipientes varios
- b) En la prueba de potencial de expansión bajo volumen constante, se utilizó:
- consolidómetro de brazo rectilíneo (fig 2.III)
 - anillo calibrado para cargas
 - micrómetro de 0.001 mm de precisión
 - vernier
 - balanza, horno, serruchos, hojas de sequeta, nacuchillos, navajas, prensa de madera, recipientes varios

El consolidómetro está diseñado para interrumpir y continuar la prueba. Tiene adaptado un mecanismo de control que permite el registro de la fuerza de expansión del material durante la realización de la prueba.

III.2.2 Labrado de probetas

Para la obtención de este material en el campo hay que tomar precauciones debido a la consistencia natural muy dura ($q_u=8 \text{ km/cm}^2$), la presencia de grietas y la facilidad para perder humedad, justificada ésta última por la condición de clima árido y a que el material es un suelo fino. Simultáneamente al tallado *in situ* de los bloques de muestra, se van recubriendo las superficies cortadas con tela que se impregna en parafina para preservar la humedad.

Resulta importante establecer la ubicación topográfica de bloques entre sí, indicando además la parte superior y su profundidad, para facilitar la interpretación de resultados. Recomendación válida también en la operación de labrado de las probetas.

El labrado de las probetas en el laboratorio es un aspecto muy importante en cualquier tipo de ensayo, y para este caso se requiere una cuidadosa laboriosidad debido a la naturaleza de estos materiales, de consistencia dura y a la vez tan frágiles, que con un presionamiento indebido en dirección o intensidad se pueden presentar grietas y desmoronamiento.

Al no encontrar en la literatura técnica un procedimiento recomendado para un material con estas características, hubo de ensayarse varios procedimientos, creándose una secuencia de labrado que resultó la siguiente:

1) Una vez sacada la muestra del cajón donde viene se procede a cortarla cuidadosamente , con un serrucho, en cuatro porciones en forma de paralelepípedos aproximadamente iguales (fig 3.1.III). Inmediatamente a la operación de cortado se protege el material separado con papel celofán adherible, para evitar la pérdida de humedad.

Efectuado el primer corte en el bloque de muestra se observa si aparece grietas o fisuras muy marcadas, en caso tal es preferible continuar los cortes con hoja de segueta para evitar que las vibraciones que se generan durante el corte aumenten la abertura de las mismas.

2) Se toma una de las porciones cortadas anteriormente y se mide en dirección vertical una distancia de vez y media el espesor del anillo de consolidación (fig 3.2.III); de esta manera se define el volumen de material donde se va a labrar la pastilla de prueba. Se procede entonces a separar el volumen señalado a través de las líneas demarcatorias que lo definen, utilizando para el corte una hoja de segueta.

3) Se coloca el anillo que va a confinar lateralmente la muestra, encima de la pieza de material separada anteriormente y se marca el contorno interno del anillo sobre el material (fig 3.3.III). A continuación se procede a cortar las aristas y a redondear de una manera burda la pastilla de prueba (fig 3.4.III). También en esta operación es aconsejable utilizar la hoja de segueta.

4) Se coloca el material sobre un vidrio plano y se comienza a labrar circularmente el contorno de la pastilla (fig 3.5.III), utilizando navajas afiladas o bisturí que garanticen un corte pequeño y parejo. Tanto en esta operación como en las demás es necesario proteger la muestra, de la pérdida de humedad, ya que en estos suelos finos la evaporación es rápida y produce un agrietamiento perjudicial para el labrado.

5) Una vez que el avance del labrado circular garantice un espesor que pueda sostener el anillo de confinamiento, se coloca éste sin presionar fuertemente sobre la muestra (fig 3.6.III). Se continúa el labrado pero ahora invirtiendo la posición de manera que ahora quede la muestra sobre el anillo y éste apoyándose en el vidrio plano. (Fig 3.7.III)

6) Cuando el material haya penetrado lo suficiente dentro del anillo, se coloca debajo un anillo adicional de las mismas características, para que el avance de la pastilla no se detenga (fig 3.8.III), puesto que generalmente cuando se ejecuta el paso No. 2, las caras no quedan bien niveladas.

7) Se cortan las partes salientes del anillo ayudándose de una hoja de segueta o un cuchillo y se procede al enrase cuidadoso de las caras. Se utiliza un enrasador rígido que garantice cortes parejos con los bordes del anillo.

8) En caso de que se presenten pequeñas cavidades en las caras de la probeta, deberán ser rellenadas con parafina.

Cuando se realicen los pasos (1) y (2) es recomendable colocar el material en una prensa de madera, sin presionar, fijando de esta manera la muestra y ofreciendo mejor comodidad y seguridad para el cortado.

Las probetas fueron labradas fuera de la cámara húmeda en una temperatura ambiente promedio de 24°, teniendo siempre cuidado de proteger las muestras de la pérdida de humedad. Se empleó un tiempo de 4 a 5 horas para el labrado de cada probeta.

III.2.3 Análisis de carga

Para la programación de las cargas verticales sobre las probetas se realizaron previamente dos pruebas, una de compresibilidad en su humedad natural y otra de compresibilidad del material saturado, el cual se dejó expandir bajo una carga vertical pequeña -- (0.10 k/cm²). De la intersección de las dos curvas de compresibilidad se estableció el rango de selección de los esfuerzos verticales utilizados para estudiar el comportamiento del material (fig. 4. III).

III.2.4 Procedimiento seguido en pruebas de expansión y compresibilidad

III.2.4.i Pruebas de potencial expansivo a carga constante

Como se ha mencionado anteriormente estas pruebas se realizaron en un consolidómetro de brazo circular.

La fig. 5. III, muestra en forma cualitativa el resultado e indica el procedimiento de estas pruebas. La curva (A) representa la curva de compresibilidad efectuada en una probeta de material en su estado de humedad natural, y la curva (B) muestra la compresibilidad del mismo material si antes de efectuar la prueba éste se satura [7].

Por medio de estas dos curvas podrá determinarse la expansión del material bajo un esfuerzo dado. La expansión máxima se verifica cuando el material se encuentra cargado con una carga inicial muy pequeña. Si una probeta de material en su estado de humedad natural se lleva a un esfuerzo σ_2 , punto b_1 , sobre la curva (A), y enseguida se permite la saturación, el material sufre una expansión pasando de la relación de vacíos e_1 a e_2 , lo mismo sucederá para cualquier esfuerzo a la izquierda del punto 0, que no sufre ni expansión ni contracción al saturar el material. En estas condiciones, el cambio en la deformación unitaria provocado por la saturación valdrá:

$$\Delta \varepsilon = \frac{e_2 - e_1}{1 + e_1}$$

Controles de esta prueba:

En la secuencia de los incrementos de carga utilizados para el estudio del comportamiento de esta prueba, se utilizaron los controles siguientes:

1) Cuando se está determinando la curva de compresibilidad del material en su estado de humedad natural, el tiempo empleado por cada incremento de esfuerzos viene dado a partir de la curva de compresión cuyo comportamiento típico en el caso de estos materiales puede verse en la Fig. 6.III.. Se encontró que generalmente 20 horas es suficiente para terminar las deformaciones importantes en el material.

2) La etapa de expansión se grafica, con respecto al tiempo - fig. 7.III. El tiempo de estabilización depende de la forma de saturación y de la carga vertical sobre la probeta; como referencia se puede anotar que se tuvieron tiempos mínimo de 31 horas y máximo de 141 horas. Después de lograda la estabilización se procede a la consolidación de la muestra en estado saturado.

3) En la continuación, con el proceso de compresibilidad en el material saturado, el tiempo empleado para cada incremento viene a ser determinado cuando en la curva de consolidación aparece definido el comportamiento de viscosidad intergranular - [7] (fig. 8.III).

La curva de compresibilidad del material saturado se lleva hasta que intercepte la curva de compresibilidad determinada sobre el material en estado de humedad natural.

En estas pruebas la saturación del material se hizo de dos formas:

a) Saturación rápida.- Se colocó agua a nivel del borde supe--

rior del anillo.

- b) Saturación lenta.- Se colocó agua a nivel del borde inferior de la piedra porosa.

De esta manera se evaluó la influencia de la saturación. Se supone que al saturar las muestras rápidamente, no alcanza a salir el aire en los vacíos del suelo afectándose el potencial de expansión.

En la realidad, los aumentos de humedad bajo la mayoría de las construcciones tiene lugar lentamente a lo largo de varios años.

III.2.4.i.i Pruebas de potencial expansivo a volumen constante

Con esta prueba se persigue obtener la respuesta de potencial de expansión del suelo al ser sometido a diferentes esfuerzos verticales, cuando se mantiene constante el volumen de la muestra. Estas pruebas se realizaron en el consolidómetro de palanca rectilínea (fig 2. III).

El procedimiento empleado es el siguiente:

1) Con el material en su estado de humedad natural se realiza su compresibilidad hasta el esfuerzo vertical determinado para la prueba. La lectura final de este proceso se denomina δ_0 y está registrada en el micrómetro de deformación M_d .

2) Se hace una nivelación del brazo mediante un dispositivo marcado con (1) en la fig 2.III.

3) Se ajusta el tornillo (3) a tope con el anillo de cargas M_p .

La lectura δ_0 deberá fijarse con una tolerancia de $\pm 2\mu$.

4) Se anotan los registros de M_p y M_s .

5) Se inicia la saturación de la muestra de acuerdo a la forma de saturación escogida.

6) Una vez comenzada la saturación, la muestra tiende a expandirse y comienzan a registrarse nuevas lecturas en M_p . Se utiliza el tornillo (3) del aparato para mantener la muestra a volumen constante, para tal efecto, se gira este tornillo en dirección opuesta manteniendo siempre la lectura ϕ durante el proceso de saturación.

7) Se van graficando las lecturas de carga con respecto al -- tiempo, manteniendo siempre el volumen constante para observar el comportamiento, fig. 9.III.

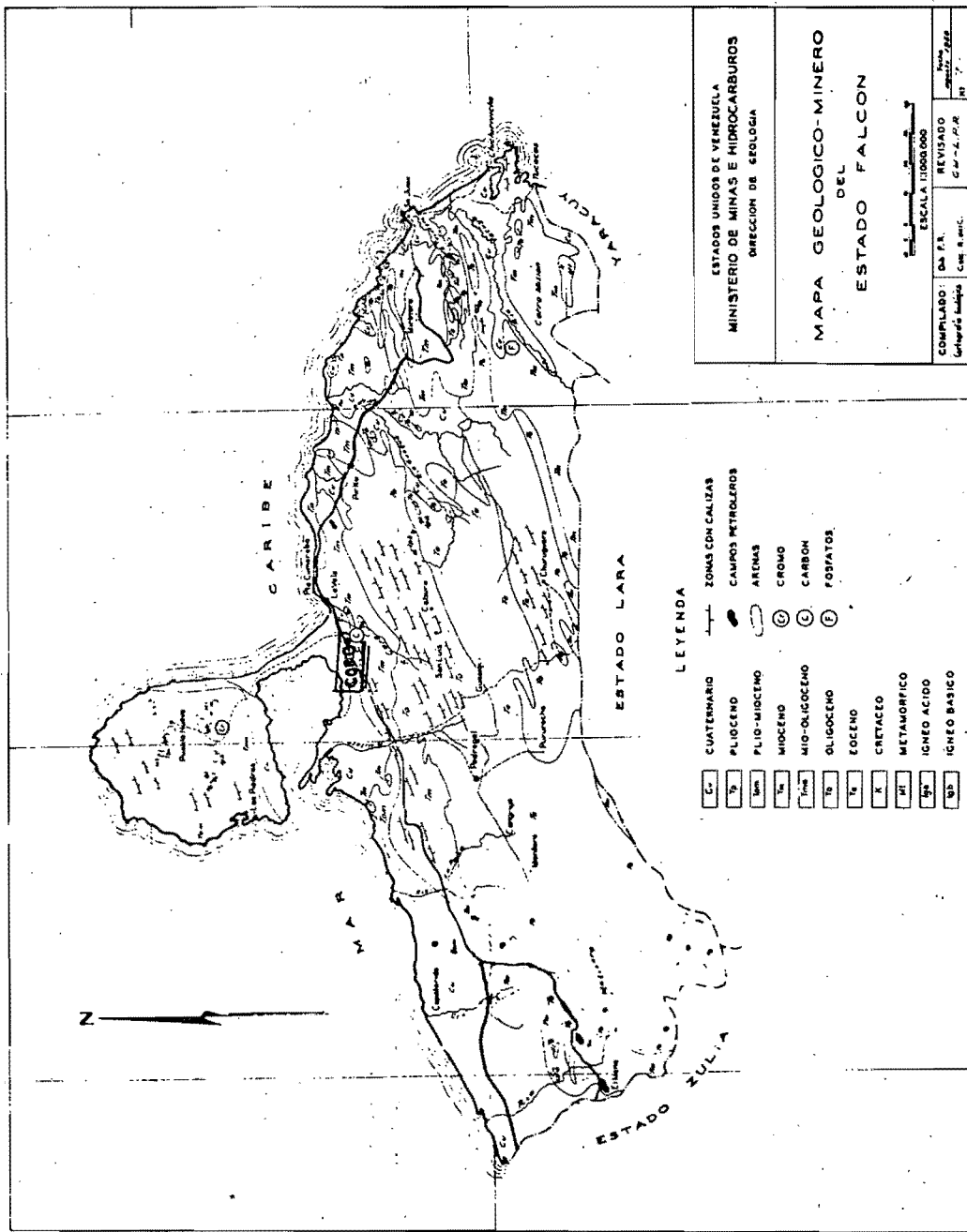
El proceso se detiene cuando se observa que comienza un relajamiento del esfuerzo de expansión, lo cual implica que se liberó toda la energía almacenada y que comienza una disminución de la resistencia.

8) Para continuar la prueba se trasmite la carga registrada en M_p al portapesas. De allí en adelante se puede continuar con la compresibilidad si se desea.

En estas pruebas la saturación del material se hizo de dos formas:

a. Saturación por inundación retardada, la cual consistió en colocar agua hasta el nivel inferior de la muestra para lograr una saturación capilar y dos horas después se inundaba.

b. Saturación por inundación instantánea, consiste en cubrir totalmente la muestra con agua desde el inicio.



ESTADOS UNIDOS DE VENEZUELA
 MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS
 DIRECCION DE GEOLOGIA

MAPA GEOLOGICO-MINERO
 DEL
 ESTADO FALCON

ESCALA 1:100,000

COMPILO: DA FA. REVISADO: J. M. S. J. R.
 Elaborado: C. M. S. C. C. M. S. C. C. M. S. C.

12 - 1 G-1800-41A

LEYENDA

- | | |
|---------------|-------------------|
| CUATERNARIO | ZONAS CON CALIZAS |
| PLIOCENO | CAMPOS PETROLEROS |
| PLIO-MIOCENO | ARENAS |
| MIOCENO | CROMO |
| MIO-OLIGOCENO | CARBON |
| OLIGOCENO | FOSFATOS |
| EOCENO | |
| CRETACEO | |
| METAMORFICO | |
| IGNEO ACIDO | |
| IGNEO BASICO | |

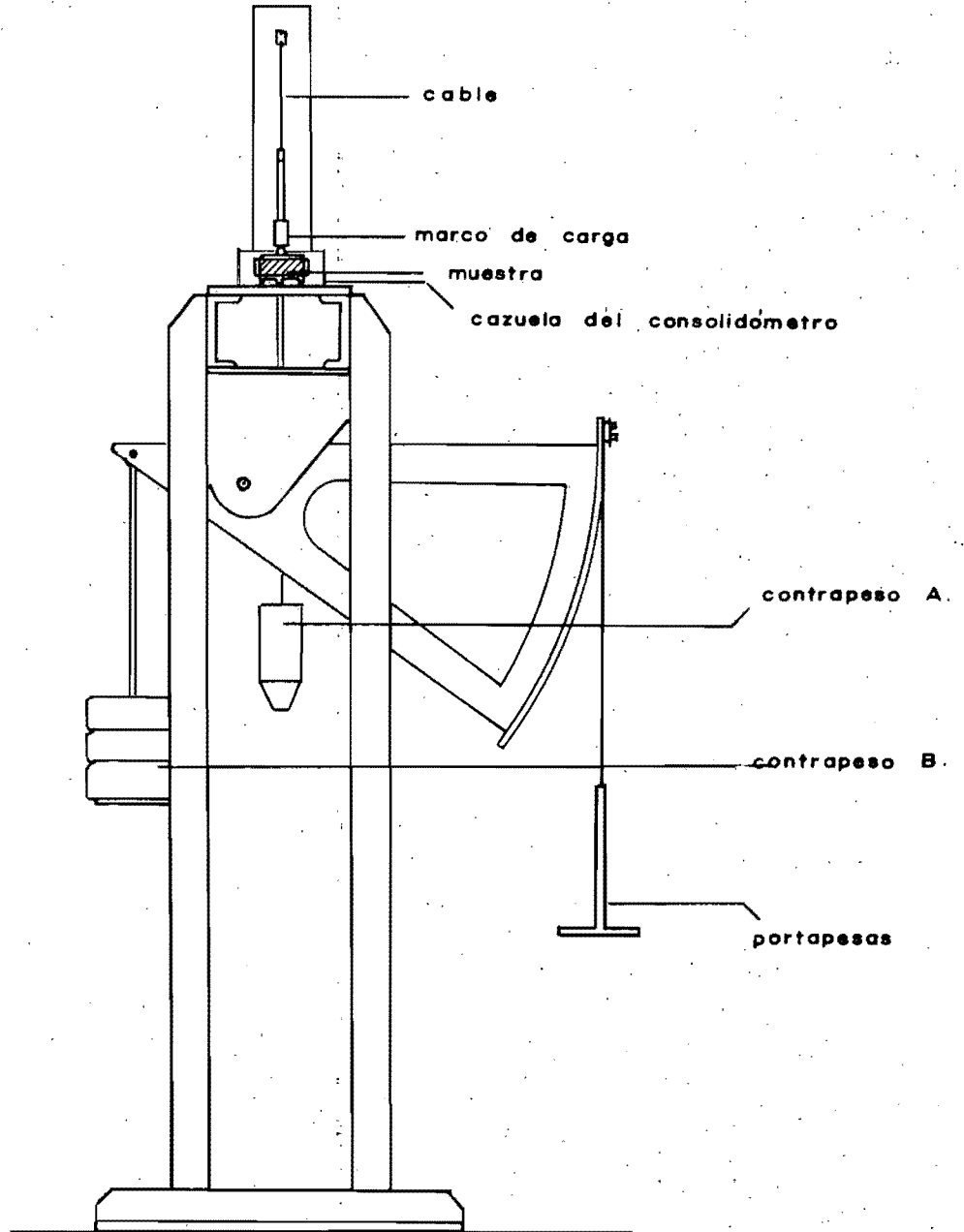


FIG. 1.a. III. - Consolidometro de palanca semicircular

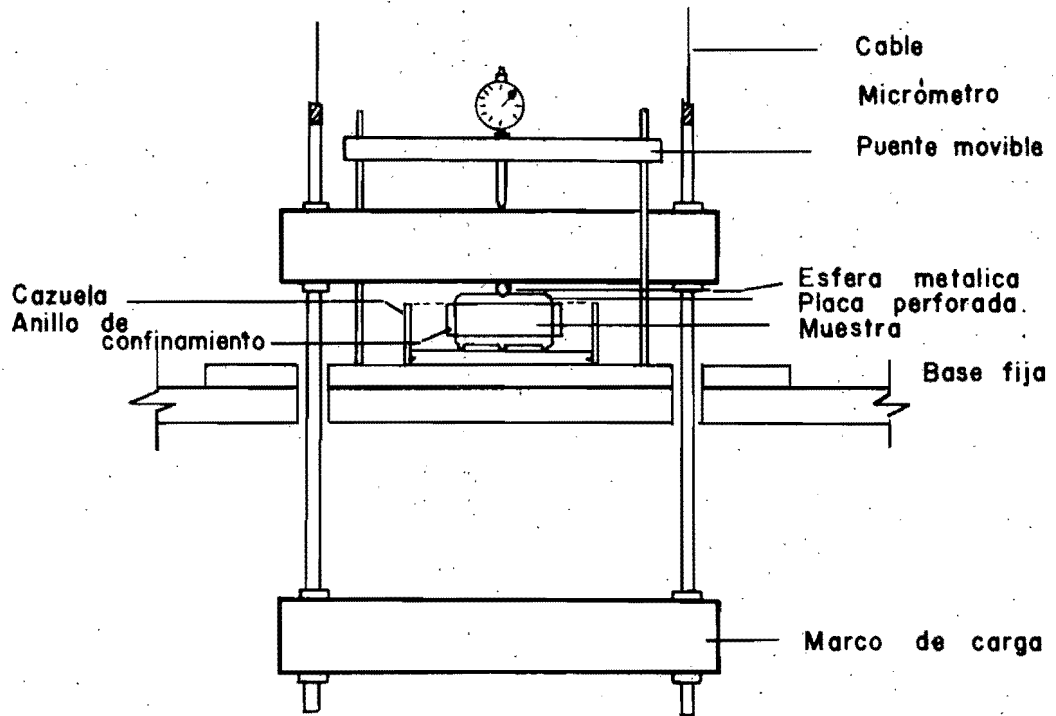


FIG. I.b. III. — Detalle de la colocación de la muestra en el consolidómetro unidimensional

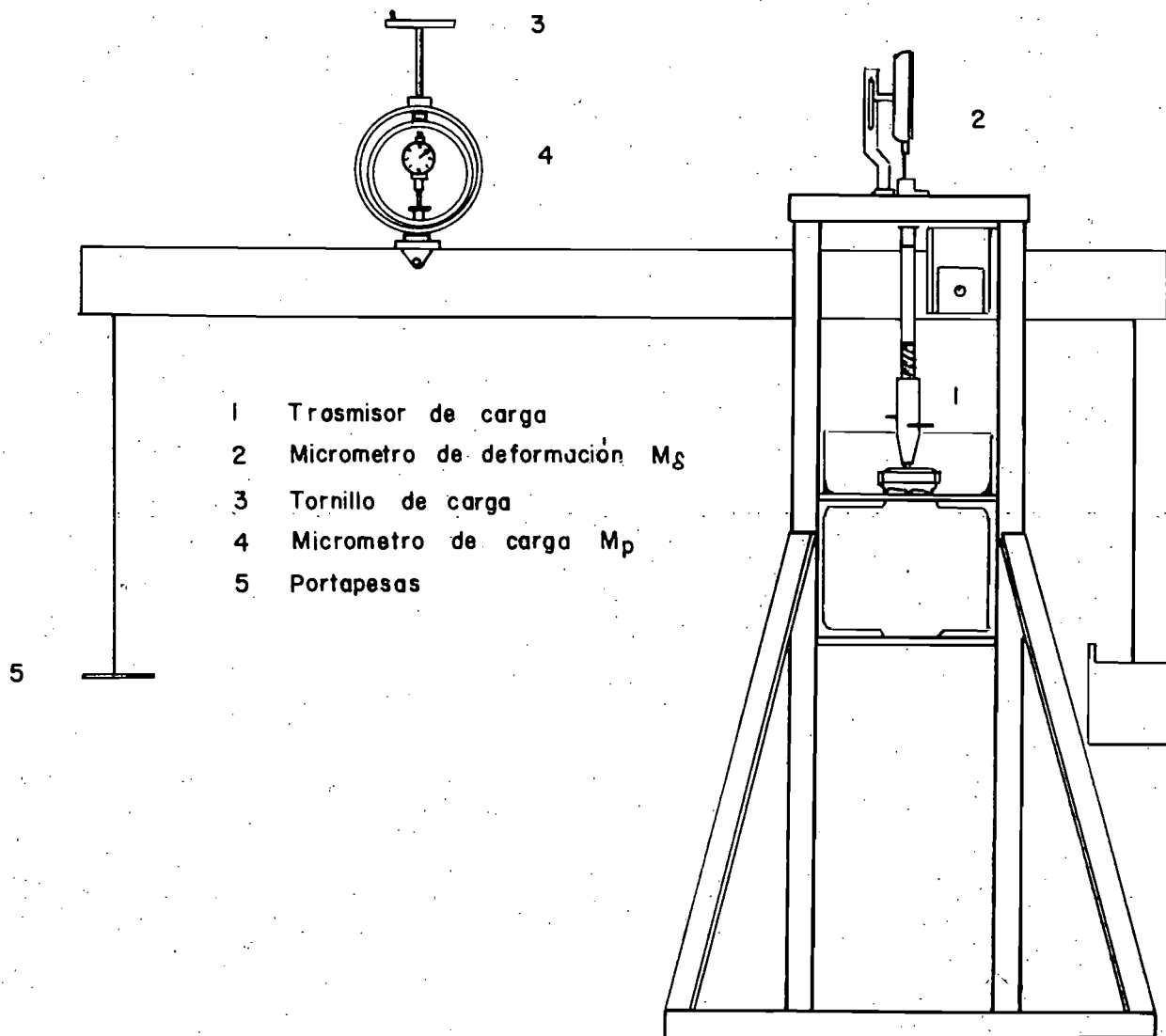


FIG. 2. III. - Consolidómetro de palanca rectilínea

SECUENCIA DE LABRADO DE LA PROBETA

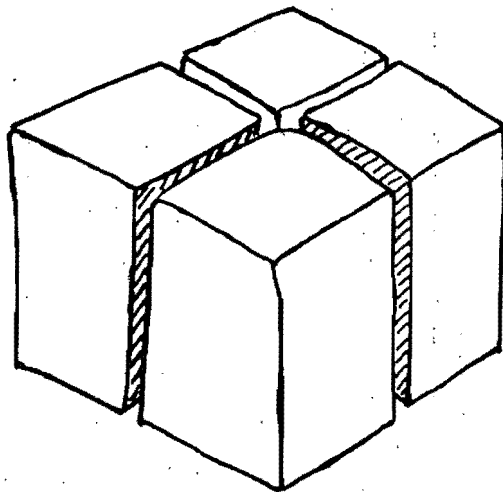


FIG. 3.1.III - Muestra cúbica separada en porciones y protegida inmediatamente con papel celofan adherible

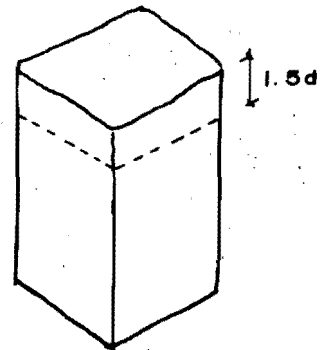


FIG. 3.2.III - Demarcacion del volumen de material donde se labrará el espécimen

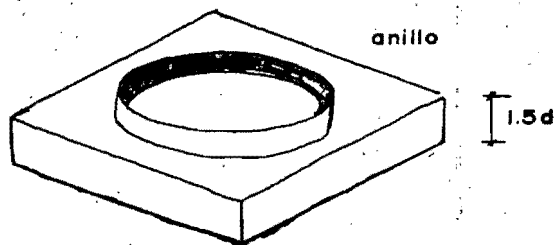


FIG. 3.3.III - Colocación del anillo para marcar el contorno interno sobre la superficie del material

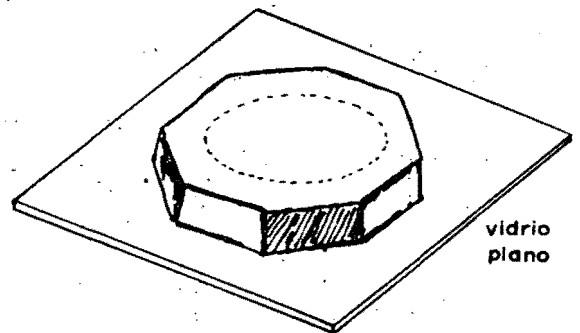


FIG. 3.4.III - Redondeo burdo del espécimen

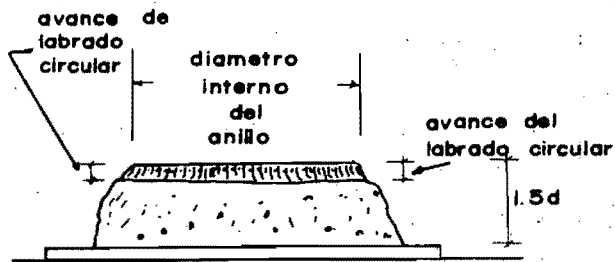


FIG. 3.5.III - Inicio del labrado circular de la pastilla de prueba

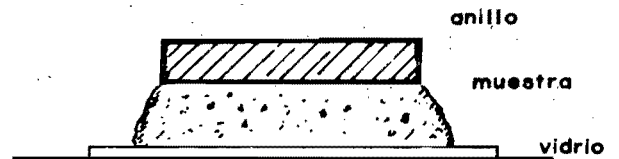


FIG. 3.6.III - Anillo colocado con suave presion. La muestra ha penetrado una cantidad suficiente para sostener el anillo

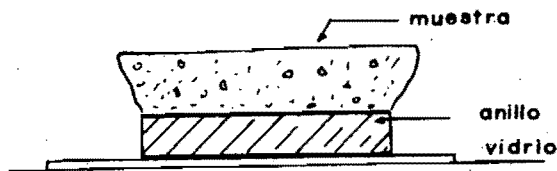


FIG. 3.7.III - Inversión de la posición anterior

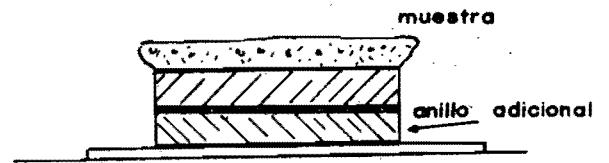
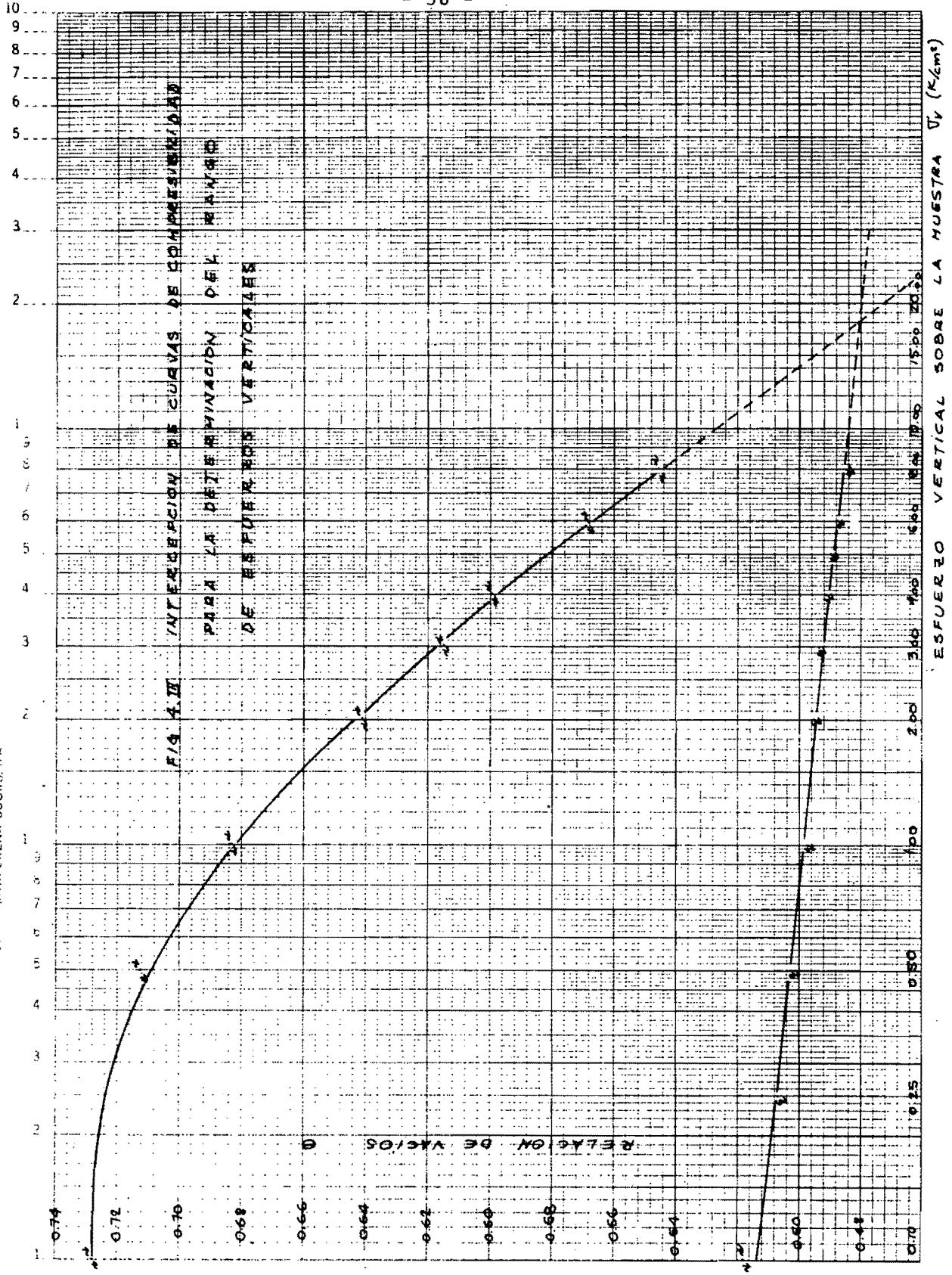


FIG. 3.8.III - Colocacion de un anillo adicional

5493-725

SEMI-LOGARITMICO
3 CICLOS X 70 DIVISIONES
HORN Y CHOPERENA SUCRS. S.A



ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA V_v (Kg/cm²)

RELACION DE VACIOS

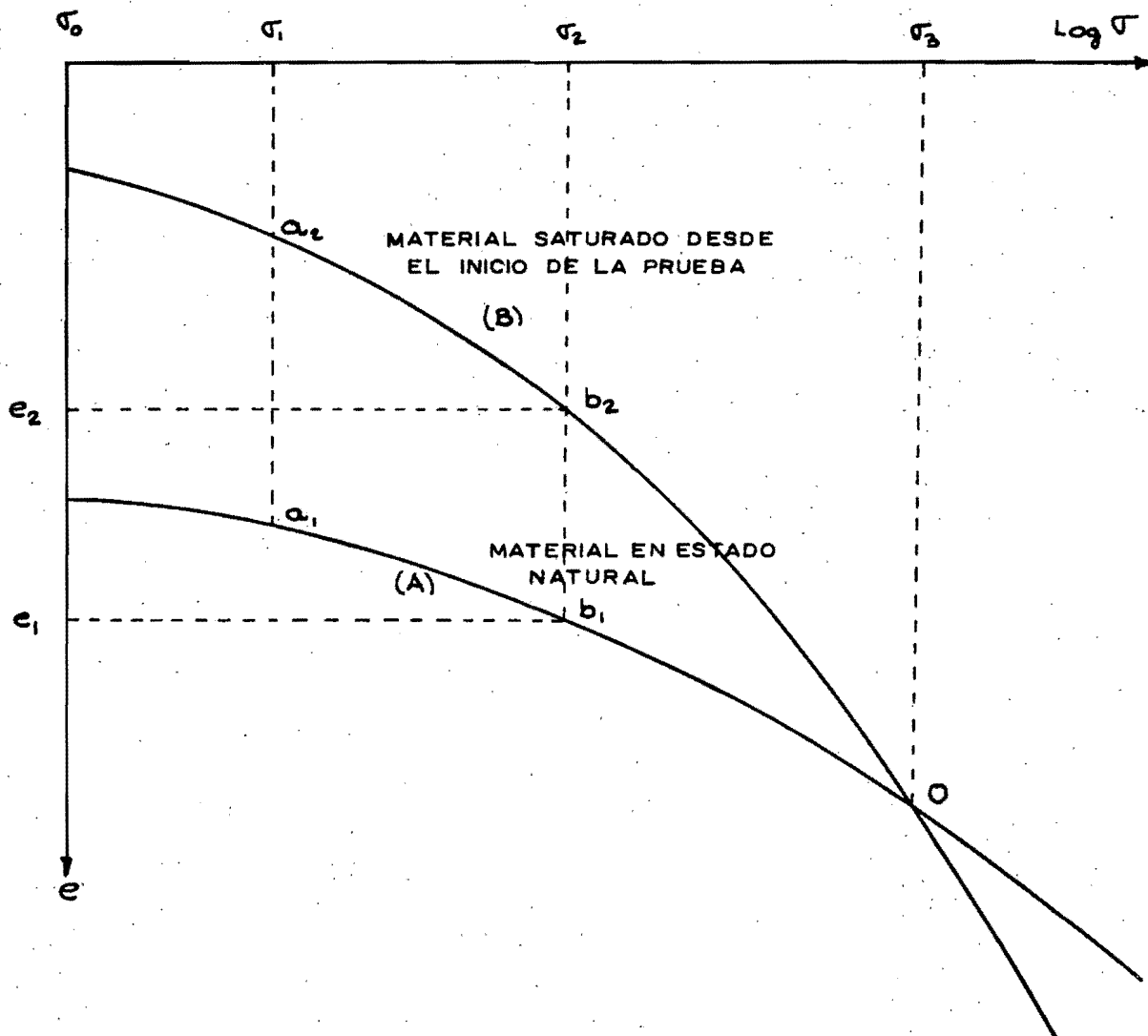
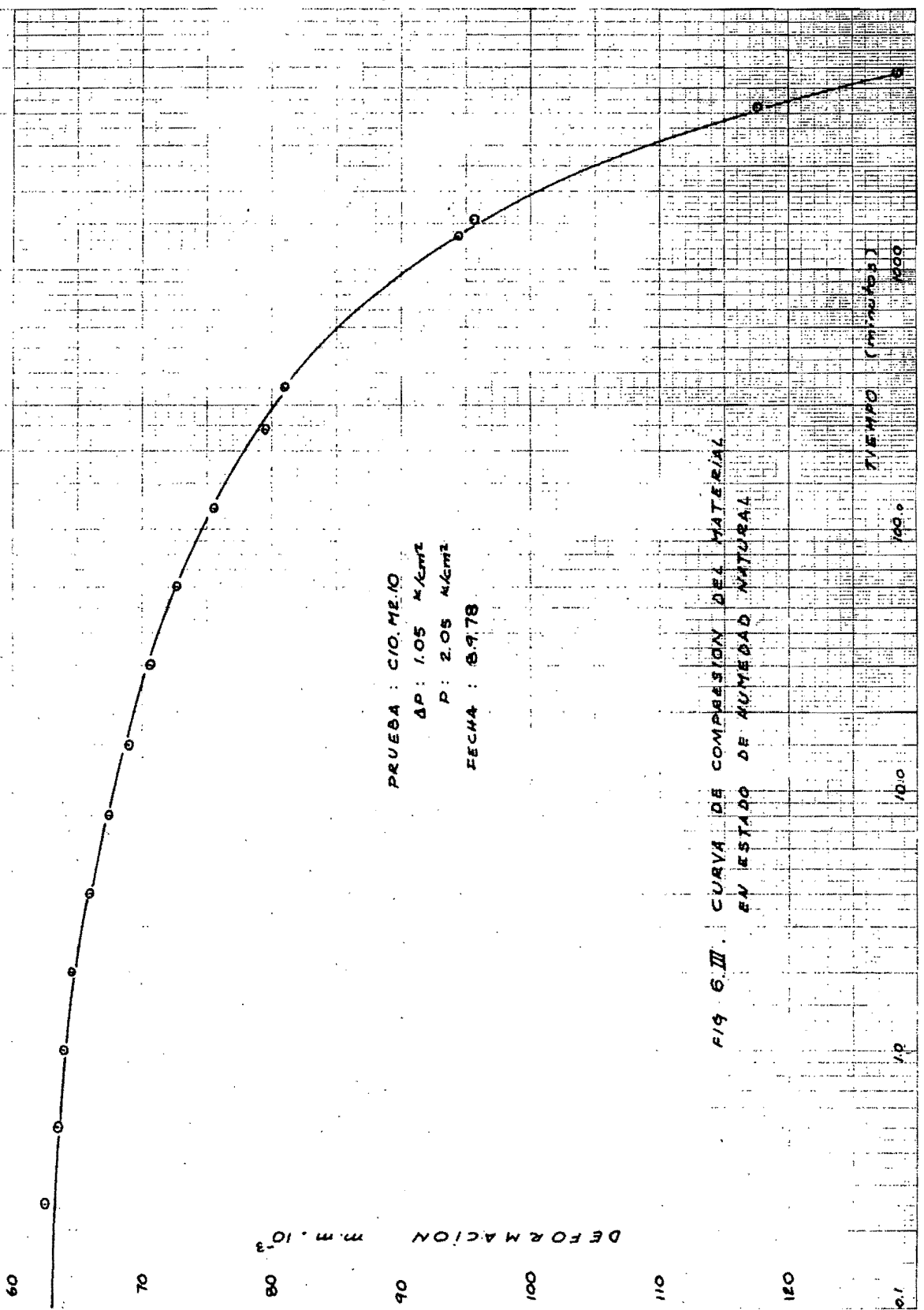


FIG. 5. III - PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE POTENCIAL DE EXPANSION BAJO CARGA CONSTANTE

6210-71-4



PRUEBA : C10.ME.10
 ΔP : 1.05 K/cm²
 P : 2.05 K/cm²
 FECHA : 8.9.78

FIG. 6. III. CURVA DE COMPRESION DEL MATERIAL EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

TIEMPO (minutos)

100.

100.

10

3210-714

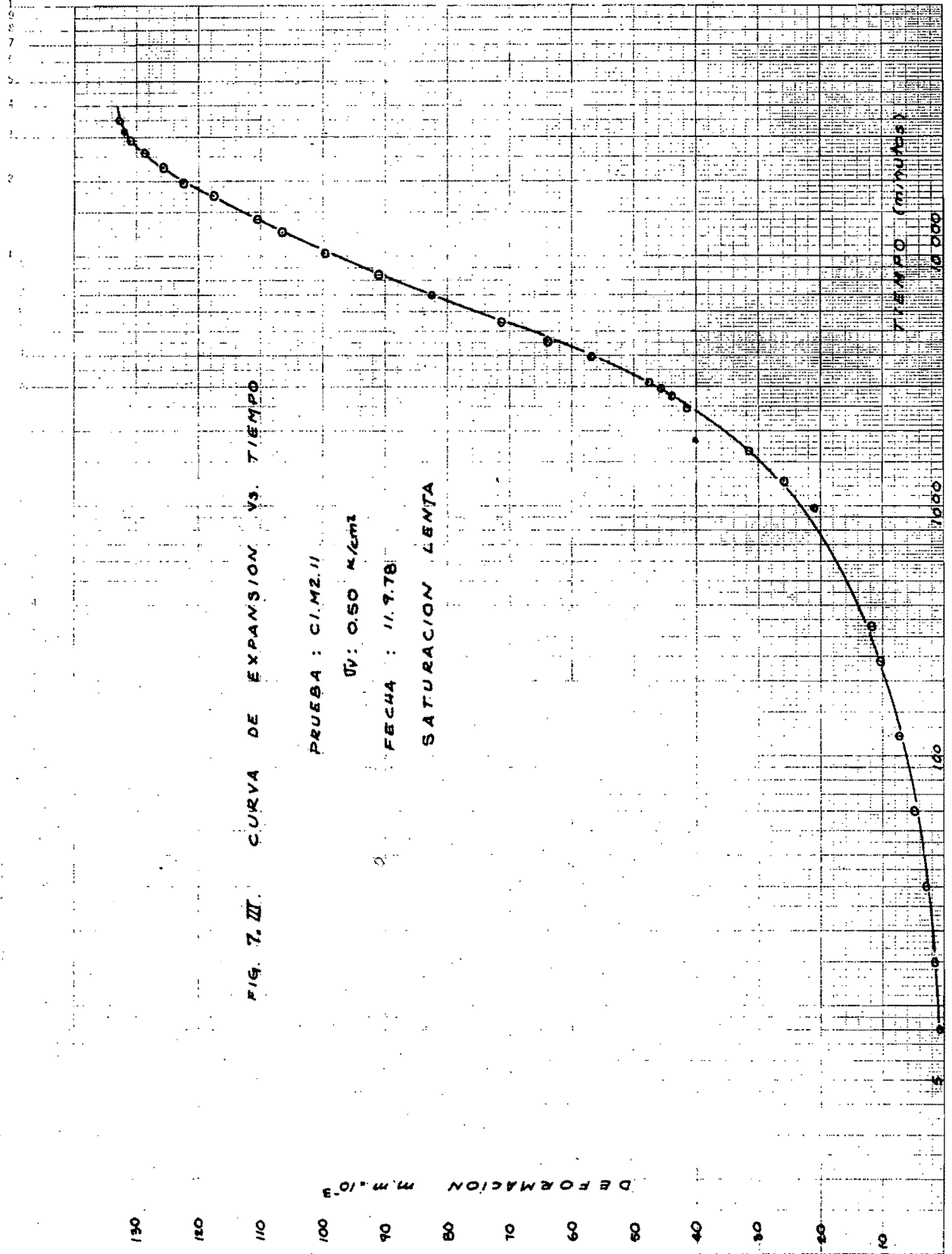
FIG. 7. III. CURVA DE EXPANSION VS. TIEMPO

PRUEBA : CI.M2.11

IV: 0.50 M/GM³

FECHA : 11.9.78

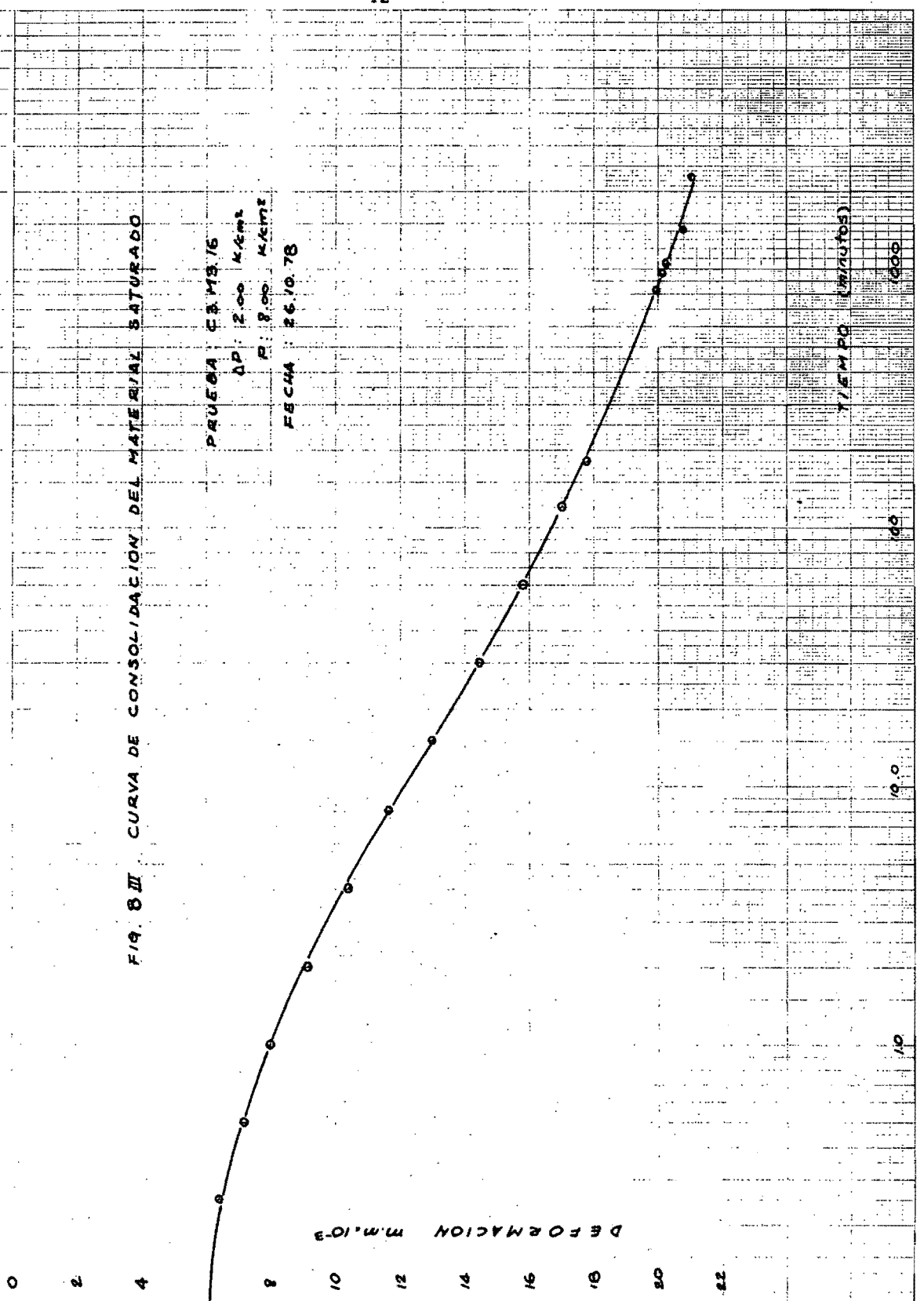
SATURACION LENTA



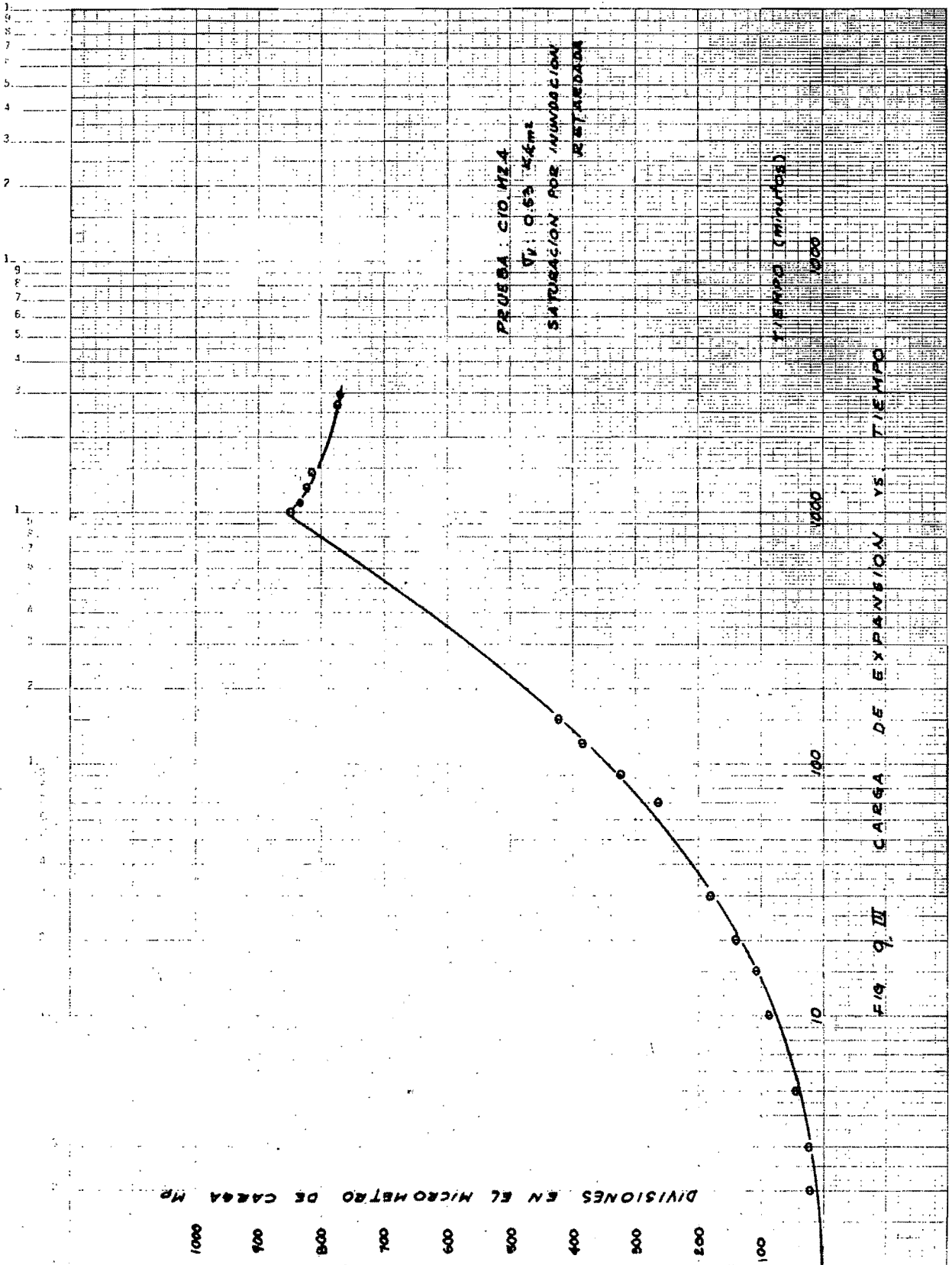
210-714

FIG. 8 III CURVA DE CONSOLIDACION DEL MATERIAL SATURADO

PRUEBA C. 3. M. 9. 76
ΔP: 2.00 Kg/cm²
P: 8.00 Kg/cm²
FECHA: 26.10.78



62110-714



CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación se realizó con el propósito de analizar e interpretar el comportamiento mecánico del fenómeno expansivo, - buscando un método que conduzca a la predicción del hinchamiento del suelo cuando se encuentra en un estado de esfuerzos determinado y se satura totalmente desde su estado de humedad natural.

El potencial de expansión en el suelo escogido de tipo expansivo fue estudiado sobre muestras inalteradas procedentes de un mismo sitio de origen. Se desarrollaron 2 tipos de pruebas, - en el primer tipo la saturación se realiza manteniendo el volumen constante y en el segundo tipo, la saturación se realiza - manteniendo la carga constante.

Cada prueba consta de una secuencia de etapas formadas por compresión del material en estado de humedad natural, expansión - por saturación del material bajo un esfuerzo vertical determinado y consolidación del material saturado para diferentes incrementos de carga; aunque esta última etapa, no es necesaria en las pruebas del primer tipo.

Los ensayos fueron ejecutados en consolidómetros unidimensionales, de brazo rectilíneo para las pruebas donde se mantiene el volumen constante y de brazo semicircular para las pruebas donde la saturación es realizada a carga constante (ver III.2.4).

El material ensayado es heterogéneo, así lo demuestran las propiedades índice de las probetas ensayadas (Tabla 2.B, Apéndice B); presenta una consistencia natural muy dura, del orden de $q_u = 8 \text{ k/cm}^2$ (ver pags.76,77 Apéndice B)

IV.1 Pruebas de potencial de Expansión a Volumen constante

En este tipo de pruebas la saturación de las probetas se realizó por inundación, instantánea y retardada (ver III.2.4.ii).

La variación del potencial de expansión con el estado de esfuerzos verticales a los cuales se halla sometido el suelo durante la expansión está representado en la Fig.9.C, pag. 158 , para ambos casos de saturación; se puede observar que:

a) El valor del potencial expansivo permanece invariable con el esfuerzo vertical sobre la muestra.

b) La saturación de la probeta influye en la respuesta del suelo al liberar su energía potencial almacenada. Para el caso de saturación por inundación instantánea el potencial de expansión dió un valor de 3.60 kg/cm^2 , mientras que para el caso de saturación por inundación retardada el potencial de expansión dió un valor de 5.50 kg/cm^2

Por lo tanto, se concluye que: El potencial de expansión, expresado en Kg/cm^2 , representa la energía intrínseca que posee un suelo expansivo, en el que manteniendo invariable su estado de esfuerzos, dicha energía se libera hasta llegar a su máximo en la saturación del material. Esta energía demostró ser independiente del esfuerzo vertical al cual está sometido el suelo durante la expansión.

Esta conclusión es importante porque representa la base de la investigación y permite una interpretación razonable del fenómeno de la expansión.

IV.2 Pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante

La saturación de las probetas en este tipo de pruebas se realizó en formas rápida y lenta (Ver III.2.4.i).

La interpretación de estos resultados se realiza a través del análisis de las curvas de expansión y de las curvas de compresibilidad. Además se ha encontrado una ley natural que rige el fenómeno expansivo.

IV.2.1 Análisis de la expansión

Para establecer una mejor observación del fenómeno físico de la expansión, se introdujo el concepto de grado de expansión (f_e) el cual corresponde a la relación de la deformación volumétrica unitaria para un tiempo cualquiera (ϵ_t) y la deformación volumé

trica unitaria final (ϵ_f), es decir

$$\rho_e = \epsilon_t / \epsilon_f$$

Las Figs. 20.C y 21. C, pags. 180 y 181 representan la variación de ρ_e vs. t para el conjunto de pruebas realizadas con saturación rápida y lenta respectivamente. De la observación de éstas gráficas y de las Figs. 22.C a la 30.C, pags.182 a la 190, que representan la misma variación del grado de expansión, pero de manera individual en cada probeta, se concluye:

- a) Las curvas presentan aproximadamente la misma pendiente.
- b) La variación del grado de expansión con el tiempo puede ser expresada mediante la relación

$$\rho_e = 1 - e^{-at}$$

En donde a es un parámetro, el cual no pudo interpretarse de manera concluyente. Esta relación es interesante estudiarla con más propiedad mediante la rapidez de saturación, porque serviría para correlacionar el grado de expansión entre el espesor de la pastilla de prueba y el espesor correspondiente a un estrato en campo.

IV.2.2 Análisis de las curvas de compresibilidad.

Como es sabido, la compresibilidad depende de la oquedad y la estructura del material, éstos materiales al saturarse se expanden produciendo una reorientación de las partículas lo cual origina que el material se vuelva más compresible.

Las Figs. 31.C y 32.C, pags 202 y 203 del Apéndice C, presentan el comportamiento de las pruebas realizadas en las dos formas de sa

turación propuestas. En ellas se puede observar:

a) Las curvas de compresibilidad del material saturado, en general se cortan entre sí, sobre todo las de la Fig. 32.C, correspondientes a la saturación lenta. Este cruzamiento se debe a que las pendientes de las curvas de compresibilidad se van haciendo menores a medida que la expansión del material ocurre para esfuerzos verticales mayores. En otras palabras, al ir aumentando el confinamiento del material en estado de humedad natural, su estructura se va haciendo más compacta y el fenómeno físico-químico que produce la expansión, ocasiona una reorientación de las partículas cada vez menor.

b) En la fig. 31.C es interesante observar la trayectoria de desarrollo de la expansión del material en las pruebas C2M27 (□) y C1M28 (x), nótese que según la prueba C2M27, el material en estado natural fue comprimido hasta un esfuerzo vertical de 2 kg/cm^2 y se le permite expansión al saturarlo, posteriormente se consolidó con un incremento de esfuerzo de 1 kg/cm^2 llegando a una relación de vacíos $e:0.528$. Con otra muestra aproximadamente semejante (C1M28), se comprimió el material en estado natural hasta un esfuerzo vertical de 3 kg/cm^2 , al saturarlo se expandió alcanzando una relación de vacíos $e:0.521$, prácticamente igual a la obtenida en el proceso descrito anteriormente. Esto se verifica también en la Fig. 32 C, para las pruebas C2M212 (Δ), C3M213 (~ . ~) y C3M316 (> <). De estas observaciones se llega a la conclusión de que el trabajo realizado por el suelo expansivo es independiente de la trayectoria seguida en la prueba. Es decir, si se observa la Fig. 1.IV, para llegar al punto d, el trabajo se puede realizar mediante el ciclo "abcd" ó el ciclo a'b'd'.

c) Las curvas respectivas de compresibilidad del material en estados saturado y de humedad natural se interceptan en un punto, al cual le corresponde un esfuerzo vertical denominado Esfuerzo-

Crítico o esfuerzo de equilibrio. Este es importante porque define el esfuerzo vertical de confinamiento sobre el suelo, que impide los cambios volumétricos al saturarse el material. Sin embargo, a partir de ese punto debido a que la estructura del material ha cambiado, si se continúa incrementando cargas verticales, el comportamiento del material será a lo largo de la curva de compresibilidad correspondiente al material saturado.

Como se observa en las Figs. 31.C y 32.C, las curvas de compresibilidad del material saturado correspondientes a cada probeta ensayada se interceptan con la curva de compresibilidad del material en estado de humedad natural, definiendo un punto diferente en cada caso, determinándose entonces un rango de variación para el esfuerzo crítico o de equilibrio.

En la Fig. 31. C, correspondiente a la saturación rápida, el esfuerzo crítico está comprendido entre 5 y 7 kg/cm²; en la Fig. -- 32.C correspondiente a la saturación lenta, el esfuerzo crítico está comprendido entre 10 y 18 kg/cm².

IV.2.3 Ley fenomenológica de la expansión

En la Fig. 33. C del Apéndice C, se presenta la variación de la expansión volumétrica unitaria con el esfuerzo vertical al cual está sometido el suelo durante la expansión. De la observación de estos resultados se concluye que los valores de expansión obtenidos por saturación lenta son mayores que los obtenidos por saturación rápida, lo cual es razonable debido a que cuando la saturación es hecha lentamente permite una mejor hidratación del suelo, desarrollándose el potencial de expansión en forma completa.

Obsérvese que si se colocan los valores de la deformación volumétrica unitaria de la expansión debida a la saturación del material (ϵ_v) contra el logaritmo de los valores de los esfuerzos verticales bajo los cuales la muestra se expande durante la saturación ($\text{Log } \sigma_v$), ver Fig. 2.IV, se definen:

a) Un valor pequeño de esfuerzo vertical sobre la muestra (σ_0), bajo el cual al saturar la muestra se produce la máxima deformación volumétrica unitaria por expansión ($\epsilon_{\text{máx}}$). Este esfuerzo σ_0 , deberá proporcionar un confinamiento suficiente para evitar la desintegración del material durante la saturación.

b) Un esfuerzo vertical σ_{crit} , bajo el cual al saturar la muestra, la deformación volumétrica unitaria por expansión es nula (esfuerzo crítico o de equilibrio). En efecto, si se extrapolan las curvas de la Fig. 33.C, pág. 205, se obtienen valores de esfuerzo crítico de 5.40 y 12.00 kg/cm² para los casos de saturación rápida y lenta respectivamente; valores congruentes con lo observado en IV.2.2.C.

Los valores de ϵ_v vs $\text{Log } \sigma_v$ proporcionan una línea recta dentro del rango de esfuerzos investigados.

El valor de ϵ_v se obtiene (ver Fig. 2.IV):

$$\epsilon_v = \epsilon_{\text{máx}} - C_e \text{Log} \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_0} \right)$$

donde

C_e es la pendiente de la ley

La ley opera de la manera siguiente: cuando $\sigma_0 = \sigma_v$, el valor de $\epsilon_v = \epsilon_{\text{máx}}$

Considerando ahora que $\sigma_v = \sigma_{\text{crit}}$, se tendrá que $\epsilon_v = 0$, entonces aplicando la expresión (1.IV):

$$0 = \epsilon_{\text{máx}} - C_e \text{Log} \left(\frac{\sigma_{\text{cr.}}}{\sigma_0} \right)$$

$\sigma_{\text{cr.}} = \sigma_v$

$$C_e = \frac{\epsilon_{\text{máx}}}{\text{Log} (\sigma_{\text{cr}} / \sigma_0)} \quad (2.IV)$$

sustituyendo en (1.IV):

$$\epsilon_v = \epsilon_{\text{máx}} - \frac{\epsilon_{\text{máx}}}{\text{Log} (\sigma_{\text{cr}} / \sigma_0)} \cdot \text{Log} \left(\frac{\sigma_v}{\sigma_0} \right)$$

$$\epsilon_v = \epsilon_{\text{máx}} \left[1 - \frac{\text{Log} (\sigma_v / \sigma_0)}{\text{Log} (\sigma_{\text{cr}} / \sigma_0)} \right] \quad (3.IV)$$

lo cual constituye la expresión de la ley dentro del rango de esfuerzos verticales estudiado.

Es de hacer notar que esta ley fue encontrada de un número pequeño de ensayos.

La Fig. 34.C, pág. 206 , muestra los resultados de la prueba de potencial de expansión a carga constante realizado con saturación lenta. Esta forma de saturación representa con mayor propiedad lo que sucede en el campo, ya que generalmente el aumento de humedad bajo la mayoría de las construcciones tiene lugar lentamente a lo largo de varios años, además la expansión del suelo presenta mayores valores que cuando la saturación es rápida (ver IV.2.3, pág. 49).

Para el material de Coro, Venezuela, los valores medios obtenidos en esta investigación fueron:

- a) Expansión volumétrica máxima, $\epsilon_{\text{máx}}=13.90\%$, cuando el material se saturó lentamente bajo un esfuerzo vertical $\sigma_v=0.10 \text{ k/cm}^2$.
- b) Esfuerzo crítico o de equilibrio $\sigma_{cr}=12.00 \text{ k/cm}^2$ encontrado por la extrapolación de la curva de variación ϵ_v vs. $\text{Log } \sigma_v$.
- c) El valor de la pendiente de la ley $C_e=6.74 \text{ cm}^2/\text{kg}$., encontrado a partir de la expresión (2.IV).

Para valores de σ_v , menores de 0.10 kg/cm^2 se deberá ampliar esta investigación con el propósito de completar la variación de la ley fenomenológica encontrada.

IV.3 Recomendaciones.

Tomando en cuenta que en la presente investigación se evidenció la presencia del potencial de expansión, generador del trabajo de expansión y se encontró la ley fenomenológica que relaciona la deformación volumétrica unitaria debido a la saturación con el estado de esfuerzos verticales sobre el suelo, es conveniente ampliar este tipo de investigación mediante el laboratorio y el campo. Por lo tanto se propone investigar:

1) Variación del potencial de expansión con el grado de saturación.

De acuerdo con la experiencia de investigación presente, se sospecha que el potencial de expansión varía con el grado de saturación y por lo tanto es importante involucrar los resultados que se obtuviesen, con la ley fenomenológica encontrada en este trabajo.

2) El efecto de la saturación en la compresibilidad del material.

3) La variación de los parámetros de resistencia al corte con el grado de saturación y confinamiento. Esta variación es importante en los problemas de estabilidad.

Para estas investigaciones de laboratorio es necesario estudiar varios materiales con las siguientes recomendaciones generales:

a) Utilizar muestras inalteradas de materiales típicamente expansivos.

b) Deben ser tomados a una profundidad del horizonte B ó mayor,

el cual edafológicamente corresponde a la zona de iluviación o acumulación de materiales. En este nivel generalmente no existe materia vegetal.

c) De origen geológico diferente, para que sea tomada en cuenta la estructura y composición mineralógica.

4) En las investigaciones de campo, es necesario cuantificar los problemas que se presentan e investigar los lugares donde se modifica la saturación por efecto de la migración del vapor de agua. Habría que determinar la zona activa de los cambios de humedad a partir del perfil de contenidos de agua, lo cual se puede realizar mediante sondeos programados durante varias épocas del año en edificaciones que sean controladas desde la etapa de construcción.

Recomendaciones prácticas para cuantificar el fenómeno de expansión físico-químico desde el punto de vista mecánico.

Cuando se construyen edificaciones sobre este tipo de materiales, es necesario anticipar los cambios volumétricos que se presentan en el suelo, generados por el cambio de las condiciones de humedad.

La ley fenomenológica encontrada

$$\Delta \varepsilon_{vi} = \varepsilon_{m\acute{a}x_i} \left[1 - \frac{\text{Log} (\sigma_v / \sigma_0)}{\text{Log} (\sigma_{cr} / \sigma_0)} \right]_i$$

es aplicable a cada uno de los estratos de material expansivo

que conforman el perfil del suelo, para predecir los levantamientos del suelo que ocurrirán al ser saturados bajo cualquiera de las formas comunes de manifestarse el fenómeno (ver Cap. I, pag. 3).

Para ello se necesita determinar en cada estrato de estudio:

a) El valor de la expansión volumétrica unitaria máxima $\epsilon_{\text{máx}}$ obtenida a partir de una prueba de expansión con un esfuerzo vertical sobre la muestra de $\sigma_0 = 0.10 \text{ Kg/cm}^2$, saturada en forma lenta a partir de su estado de humedad natural.

b) El valor del esfuerzo crítico o de equilibrio σ_{crit} obtenido de la intercepción de las curvas de compresibilidad en estos de humedad natural y saturado.

De esta forma se tienen todos los elementos necesarios para aplicar la ley fenomenológica y calcular el levantamiento en el estrato i -ésimo, el cual viene expresado por:

$$\delta_{ei} = (\Delta \epsilon_v d)_i$$

es decir

$$\delta_{ei} = d_i \left\{ \epsilon_{\text{máx}} \left[1 - \frac{\text{Log} (\sigma_v / \sigma_0)}{\text{Log} (\sigma_{\text{cr}} / \sigma_0)} \right] \right\}_i$$

donde

$$\sigma_i = \sigma_{oi} - \Delta \sigma_{exc}$$

$$\sigma_v = \sigma_i + \Delta \sigma_z$$

σ_i = esfuerzo efectivo de alivio

σ_{oi} = esfuerzo efectivo inicial del suelo.

$\Delta \sigma_{exc}$ = incremento de esfuerzo efectivo debido a la excavación

σ_v = esfuerzo vertical de confinamiento bajo el cual se satura el suelo y se produce la expansión

$\Delta \sigma_z$ = incremento de esfuerzo efectivo vertical debido a la cimentación

d_i = espesor del estrato i-ésimo

la expansión total bajo la zapata será:

$$\delta_e = \sum_0^n (d_i \Delta \epsilon_v)_i$$

Con el propósito de ilustrar los resultados de esta investigación se presenta en el Apéndice D un ejemplo de cálculo.

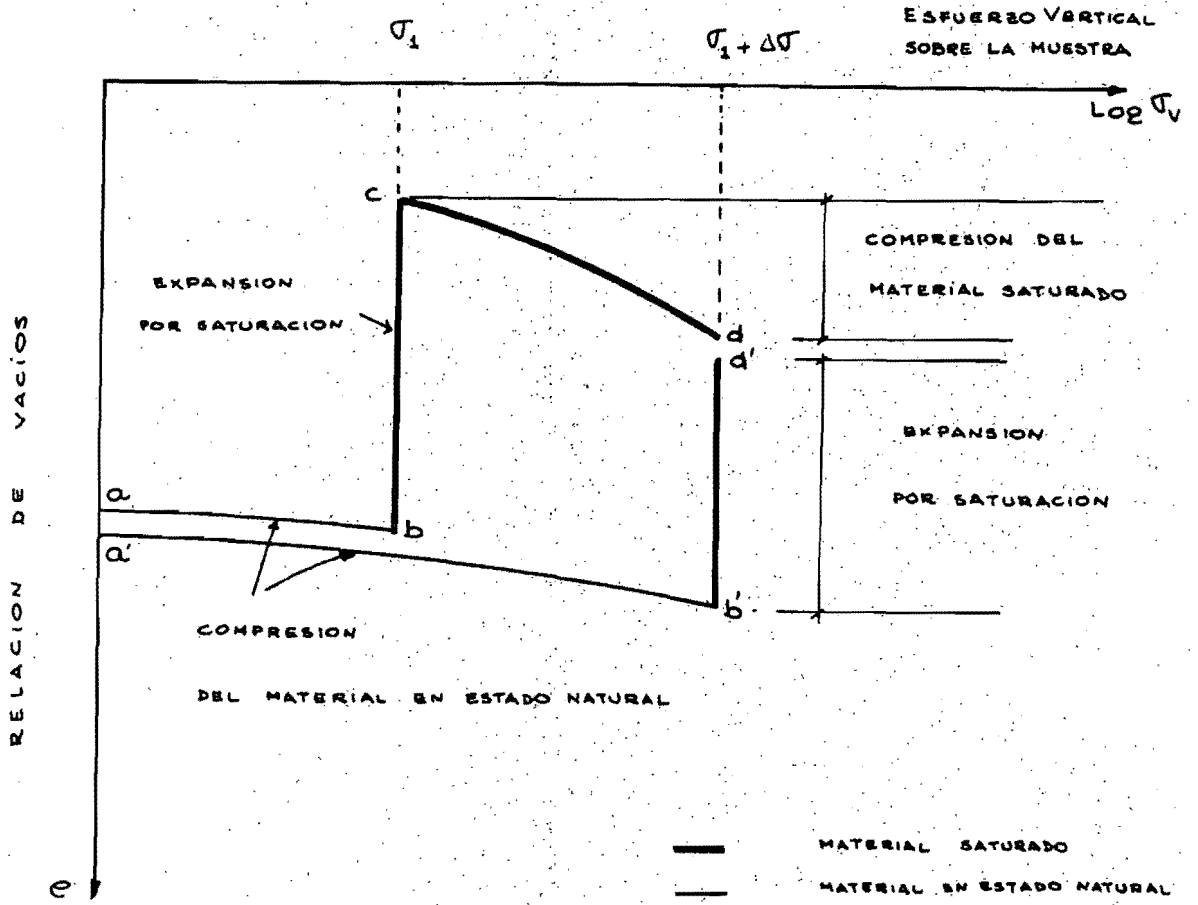


FIG 1.IV - CICLO DE TRABAJO DEL SUELO EXPANSIVO

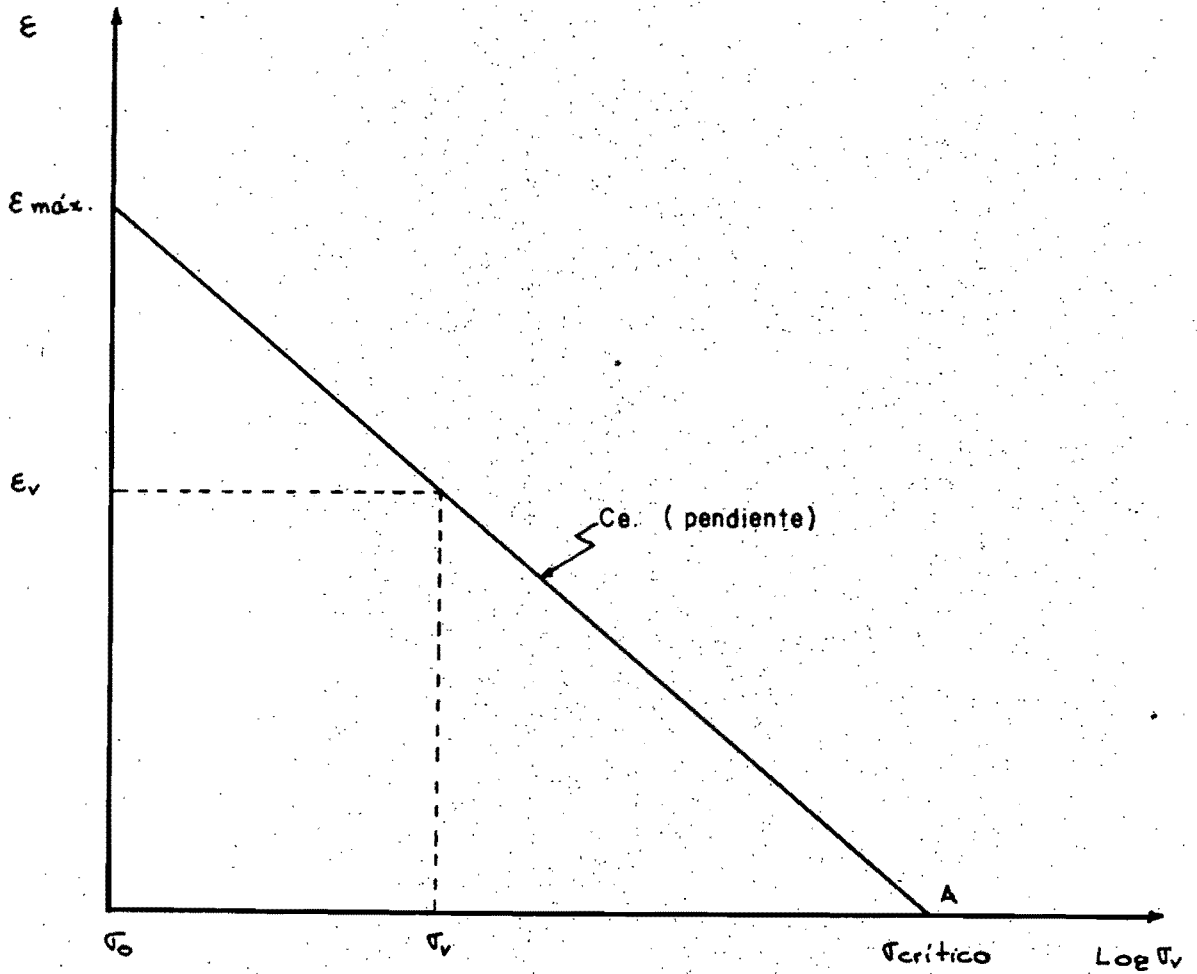


FIG. 2. IV. - Ley fenomenológica de la expansión.

$$\epsilon_v = \epsilon_{\text{máx.}} \left[1 - \frac{\text{Log } (\sigma_v / \sigma_0)}{\text{Log } (\sigma_{\text{cr}} / \sigma_0)} \right]$$

APENDICE A. CRITICA TENTATIVA DE PROCEDIMIENTOS
MECANICOS REALIZADOS POR DIFERENTES
AUTORES.

Se hizo una revisión en la literatura referente a los procedimientos mecánicos realizados por diferentes autores, en el estudio del fenómeno presentado por los suelos expansivos. Entre los más relevantes de acuerdo a la metodología empleada se tienen: Gibbs y Holtz, Jennings y Knight, Vijayvergiya y Ghazally, A. Myslivec y F.H. Chen, autores cuyos procedimientos han sido criticados en base a criterios obtenidos de la investigación realizada en este trabajo.

Los primeros intentos para medir cuantitativamente la presión de expansión fueron hechos por la United States Bureau of Reclamation (USBR) y los resultados publicados por Gibbs y Holtz en 1956 [8]. Utilizaron aparatos de consolidación estándar; los especímenes de prueba correspondían a muestras inalteradas, colocados en el consolidómetro en su humedad natural bajo cargas muy pequeñas y agregada el agua se observaba el efecto del humedecimiento sobre el cambio de volumen.

Se medían dos cantidades: a) el hinchamiento vertical (expresado como un porcentaje de la muestra) obtenido bajo una sobrecarga nominal de 0.1 lb/pulg^2 . Este parámetro era referido como porcentaje de expansión; b) la presión requerida para restringir el cambio de volumen de la muestra. Este procedimiento se realizaba mediante un ajuste manual continuo de la carga necesaria para mantener constante el volumen de la muestra. Dicha presión se denominaba presión de expansión.

La fig 1.A muestra el efecto de la secuencia de carga y humedecimiento en la expansión.

La curva ABC representa un espécimen que ha sido saturado bajo una carga de 0.1 lb/pulg^2 y ha obtenido un máximo levantamiento, posteriormente es consolidada.

La curva DE corresponde a un suelo que ha sido cargado antes de la saturación, y una vez iniciado el humedecimiento se ha controlado que el espécimen permanezca sin cambio volumétrico, para

lo cual se ha incrementado la carga hasta llegar a la presión de nominada de expansión.

La curva BD es estimada a partir de las dos anteriores, y es el resultado de pruebas realizadas sobre muestras idénticas humedecidas bajo sus cargas respectivas.

Los autores estiman que el procedimiento tiene importancia en la exactitud de la determinación del hinchamiento.

Analizando estas curvas es evidente de que la secuencia de la prueba lleva a resultados diferentes. Para producir la curva ED, el material primero es sometido a una carga mayor que la nominal (0.1 psi), se satura y se va incrementando la carga hasta restringir el levantamiento de la muestra, eso corresponde al punto D (presión de expansión). Ahora al ir disminuyendo los incrementos de carga hasta 0.1 psi, se va produciendo una expansión pero que no corresponde al efecto físico-químico sino al de rebote por descarga de la muestra, ya que la liberación del potencial de expansión fue desarrollada previamente.

La curva ABC en su recompresión no tiene porque pasar exactamente por el punto D porque el material al saturarse cambia la orientación de sus partículas, es un material diferente, y por tanto, su compresibilidad cambia.

La curva BD ofrece un comportamiento más acorde con el fenómeno expansivo. Sin embargo, los autores recomiendan que no es práctico para muchos estudios realizar este procedimiento para

llegar a tales detalles y es suficiente obtener los datos de las dos pruebas correspondientes a las curvas ABC y DE .

En 1957, Jennings y Knight [9] , desarrollan el método del doble odómetro basado sobre el concepto de los esfuerzos efectivos. El procedimiento general de la prueba consiste en colocar dos muestras inalteradas de suelo del mismo origen. La primera muestra se le realiza una prueba de compresibilidad en su contenido de humedad natural. La segunda muestra es inundada con agua y sometida a una carga vertical muy baja (0.2 lb/ft^2). Después de saturada la muestra, se continúa como una prueba de consolidación.

Las dos curvas de compresibilidad se grafican en un mismo diagrama, y la curva inferior es ajustada verticalmente de tal forma que coincida con la rama virgen de la curva de arriba (fig 2.A).

Jennings para hacer el ajuste de la curva inferior se basa en la fig 3.A, lo cual indica que si el material con unas características de (e_0, σ_0) sobre la curva, se le permite secar y se le somete a una histéresis de descarga y recarga, entonces la nueva curva de compresibilidad coincide en la rama virgen del material saturado.

Esto es rebatido razonando en otra dirección, fig 4.A. Si se coloca un material en el consolidómetro con las condiciones como se encuentra en el campo (e_0, σ_0) , y se efectúa una prueba

de compresibilidad en su estado de humedad natural, se genera la curva inferior, en la cual la compresibilidad va disminuyendo.

Si ahora otra probeta con iguales características que la anterior (e_0, σ_0), desde su humedad natural se le permite que se sature, ésta se expandirá hasta e_{1s} .

Al producirse la expansión, el proceso físico-químico ha cambiado la orientación de las partículas y al iniciarse la consolidación la compresibilidad aumentará; la curva de compresibilidad del material saturado cortará en un punto (G) a la curva interior, y no se podrá hacer un ajuste de curvas.

El comportamiento expresado por Jennings pudiera ser posible en muestras amasadas en donde la estructura del suelo tuviese una conformación tal que no presentase un cambio sensible en la orientación de sus partículas al sufrir la expansión, lo cual tendría poca incidencia en la compresibilidad del material después de la saturación.

En 1961, Jennings [10], comparando las predicciones del laboratorio y la observación de levantamientos de edificios en suelos desecados expresa que se han encontrado resultados congruentes en todos los casos donde el suelo es arcilloso y presente grietas. Pero cuando el suelo es arenoso, o limoso y no este agrietado es posible que se necesite un factor de corrección en los esfuerzos efectivos iniciales.

También expresa que al igual que en la teoría de consolidación, el hinchamiento es una consecuencia de la disminución de los -- esfuerzos efectivos, lo cual resulta de la ganancia del agua al cubrir el suelo. Sin embargo, en condiciones prácticas el problema no es interpretado fácilmente en términos de conceptos -- normales de hinchamiento debido a que es desconocido al esfuerzo efectivo inicial causado por la desecación.

La observación que se hace al respecto es que al producirse el hinchamiento los esfuerzos efectivos no cambian, el agua de saturación lo que va es a activar los minerales arcillosos, a esta agua no se le puede aplicar el concepto hidráulico típico de la teoría de consolidación. El hinchamiento es un efecto físico-químico.

Vijayvergiya y Ghazzaly, 1973, [3], establecen un método de -- predicción de potencial expansivo y de presión de expansión para muestras inalteradas utilizando correlaciones con las propiedades índice.

Analizan cerca de 270 muestras inalteradas de diferente localización geográfica en USA, basándose en análisis de datos y métodos de predicción.

Las observaciones que se hacen a este método son las siguientes:

a) Las correlaciones que se hacen corresponden a leyes determinadas de una forma caprichosa. Por ejemplo, la correlación entre el potencial de expansión con el límite líquido y el contenido de agua, la ley surge de una recta trazada con una pendiente arbitraria sobre una *nube de datos*.

b) En la determinación del potencial de expansión lo que se está midiendo es la expansión elástica del material al descargarlo desde la presión de expansión a la presión nominal de 0.1 T. s.f.; el efecto físico-químico inducido por el agua no está produciendo la expansión.

c) Sus autores expresan que las correlaciones propuestas dan buenas predicciones cuando el límite líquido de las arcillas en prueba esté por encima de 120%. Sin embargo esa recomendación no se puede generalizar porque las correlaciones con las propiedades índice solamente sirven para calibrar un tipo de material y no es recomendable la comparación con materiales de otra región, debido a que factores como historia geológica, condiciones ambientales, composición mineralógica no garantizan una identidad en comportamiento aunque se manifiesten los mismos valores de las propiedades índice.

A. Myslivec, 1969 [11] , propone un método práctico para medir la presión de expansión basándose en el siguiente razonamiento: un suelo expansivo *in situ* se expande a las distintas profundidades en que se encuentra, hasta que la presión de sobrecarga iguale a la presión de expansión. Si la presión de sobrecarga es mayor que la de expansión, no existe hinchamiento.

La presión de expansión se puede determinar en el laboratorio cuando se cargan una serie de muestras idénticas a varias presiones y se saturan bajo estas cargas para medir el hinchamiento. Las muestras con presiones aplicadas menores que la presión de expansión se hinchan, mientras que las cargas con presiones mayores se comprimen.

Graficando la magnitud de las expansiones o asentamientos contra los valores de la presión aplicada se tiene una línea recta. La intercepción con el *eje de presiones aplicadas* determina el valor de la presión de expansión, ver fig. 5.A.

El método es parecido al empleado en esta investigación para la determinación del esfuerzo crítico, aunque es necesario en el método de Myslivec definir, el rango de los esfuerzos que se deben probar y la ley fenomenológica que rige la predicción.

Según F.H. Chen, 1973 [12], un patrón adecuado para medir las características de expansión es utilizar un método simple y -- preciso como la propiedad física básica de un suelo expansivo -- y recomienda que debería utilizarse para reportar un parámetro cuantitativo de la tendencia de un suelo hacia la expansión.

El procedimiento que propone, en base a la experiencia de 15 años sobre varios tipos de suelos expansivos encontrados en el área de las Montañas Rocallosas (USA), es colocar una muestra de suelo inalterado en un consolidómetro con su contenido de humedad natural y bajo una presión de sobrecarga de 7 psi (0.49 k/cm²) por 24 horas, luego se satura la muestra y se registra la cantidad de cambio de volumen. Se vuelve a cargar la muestra hasta su volumen inicial y la presión requerida se designa como la *presión de expansión*, ver fig. 6.A.

Las pruebas reportadas fueron realizadas en materiales remoldeados; por tanto, aún cuando el procedimiento es cualitativamente aceptable, el resultado de la presión de expansión es --

cuestionable.

Este resultado no puede ser tomado como índice de comportamiento del material *in situ*, ya que la estructura natural ha sido alterada por el remoldeo, en consecuencia tomando en cuenta el concepto de potencial de expansión; considerado como energía -- intrínseca del material y ejecutar del trabajo realizado por la expansión, no corresponde al valor real del material en su estado natural.

La estructura del material es muy importante y está reflejada - en el comportamiento de la compresibilidad; para el caso de la fig. 6.A, las curvas convergen hacia un punto denominado *presión de expansión*, esta convergencia indica homogeneidad en el material, lograda mediante preparación artificial de las muestras.

Por otra parte, el autor, bajo el mismo método analiza la influencia en la presión de expansión al variar condiciones de humedad - inicial, grado de saturación y espesor del estrato, concluyendo - que esta presión de expansión es independiente de la variación de las condiciones investigadas.

El criterio obtenido a través de la presente investigación realizada sobre muestras inalteradas, es que la *presión de expansión* debe variar con el grado de saturación del material, ya que el potencial de expansión depende de la forma de saturación (ver IV.1 .b) y del grado de saturación. Desde el punto de vista energético mientras menos saturado esté el material, mayor será su capacidad de almacenar energía (ver cap. I).

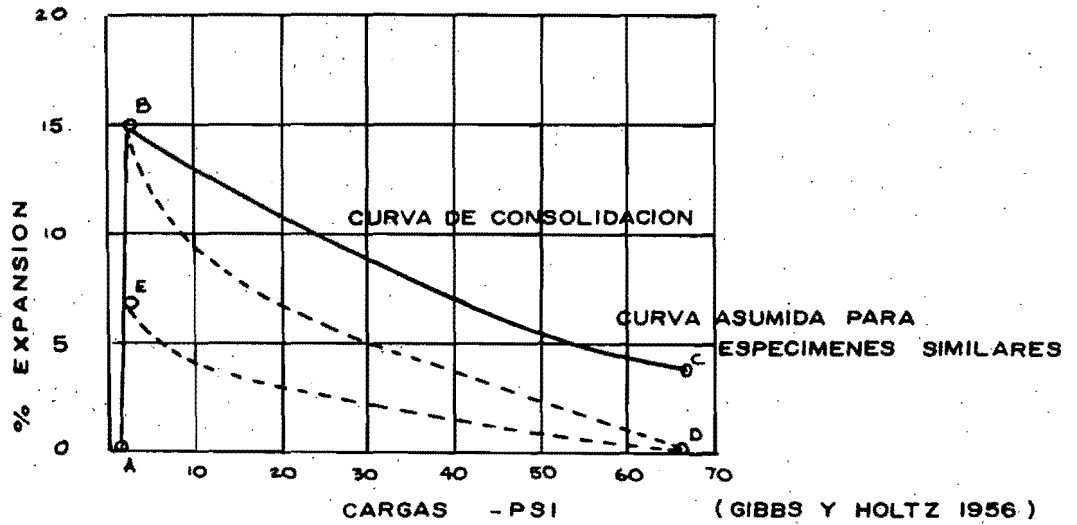


FIG. 1A. EFECTO DE LA SECUENCIA DE CARGA Y HUMEDECIMIENTO EN LA EXPANSION

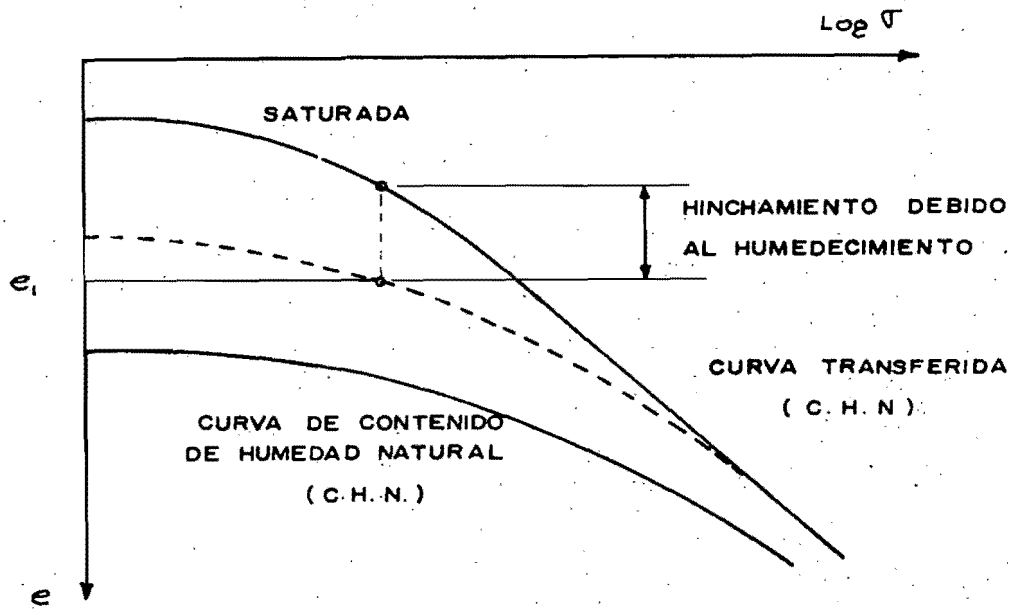


FIG. 2 A. e : Log. LIBERACION DE LA PRESION CAPILAR (JENNINGS Y KNIGHT 1957).

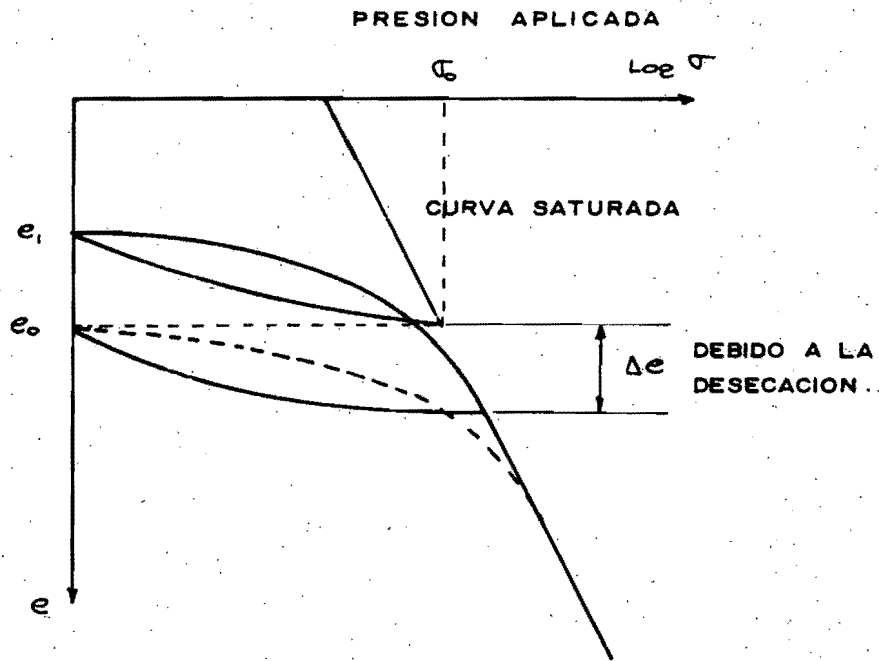


FIG. 3 A.- CURVA DE UN SUELO SATURADO MOSTRANDO EL EFECTO DE DESECACION

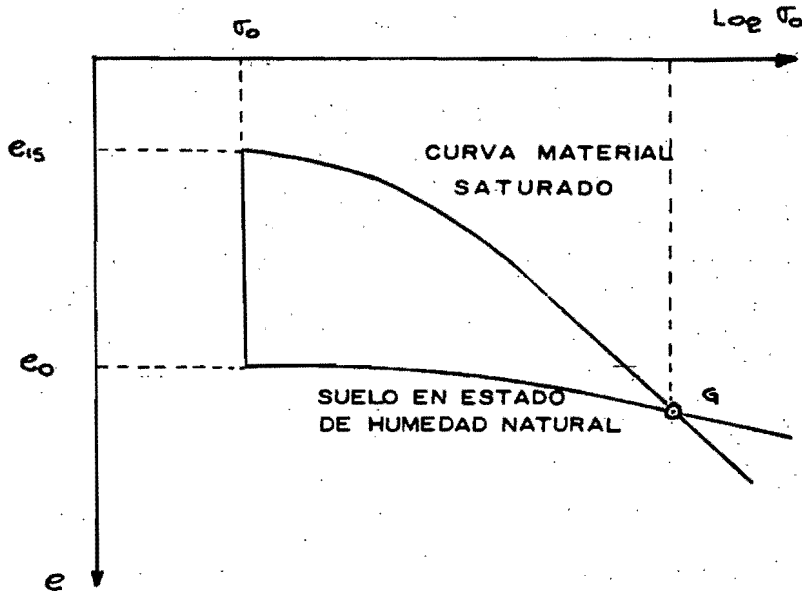


FIG. 4 A.- INTERSECCION DE CURVAS DE COMPRESIBILIDAD EN MUESTRA SATURADA Y EN CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

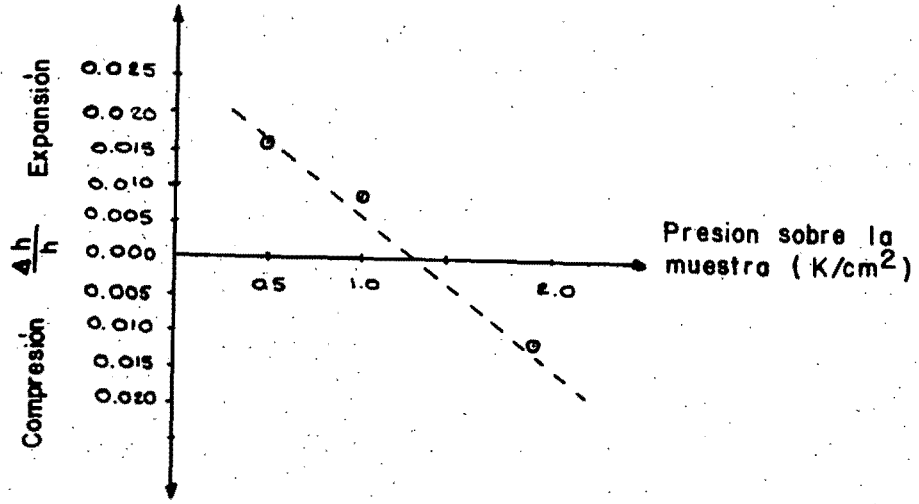


FIG. 5.A Presión de Expansión. (A. Myslivec)

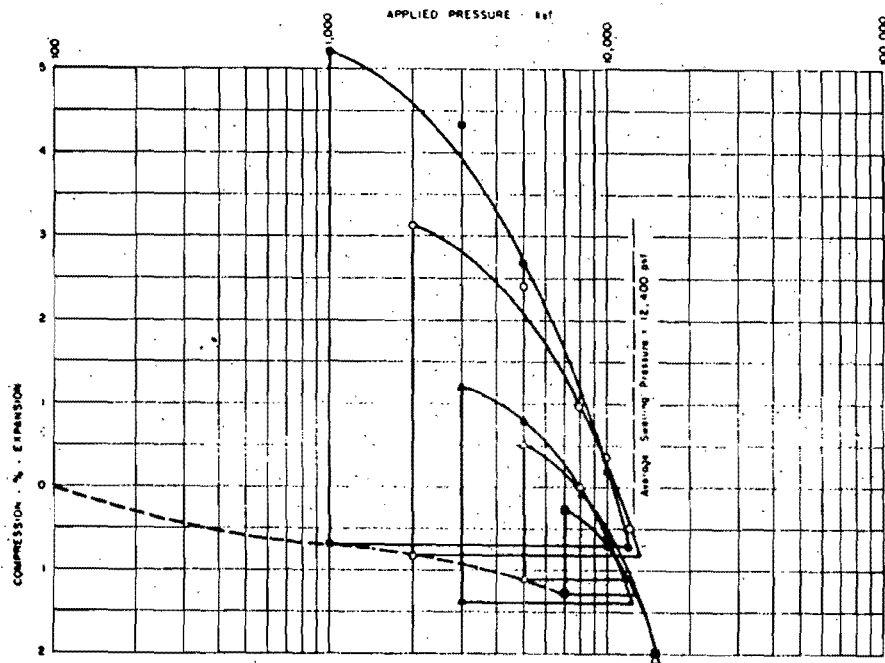


FIG. 6.A Determinación de la Presión de Expansión.
(F. H. Chen)

APENDICE B. REGISTROS DE OBSERVACIONES DE LABORATORIO

Las muestras del subsuelo utilizadas para las pruebas de potencial de expansión fueron del tipo inalteradas; éxtraídas del Parque Los Orumos, ubicado en Coro, Venezuela.

La nomenclatura empleada en la identificación de las pruebas es la siguiente: la letra C precedida de la cifra indica el consolidómetro utilizado. La letra M y la primera cifra que le precede indica la muestra utilizada. Las restantes cifras se refieren al número de ensayo. Así, C4M25 expresa que en el consolidómetro C4 se realizó el 5º ensayo del trabajo cuyo espécimen proviene de la muestra M2.

En la Fig. 1B, pág. 73 muestra la ubicación topográfica de las probetas dentro de los bloques de muestra. Esta ubicación en conjunto con las propiedades índices es útil para conocer la homogeneidad y proporciona una base cuando se quieren establecer comparaciones en el comportamiento del material. En esta figura los números romanos corresponden a niveles aproximados de donde fueron extraídas las probetas; las letras indican las

partes resultantes de la división inicial en la operación de labrado de las probetas (ver fig. 3.1, Cap. III).

En la Tabla 1B, pág. 73 , se presenta la distribución y número de ensayos realizados, así como también la forma de saturación empleada en las pruebas.

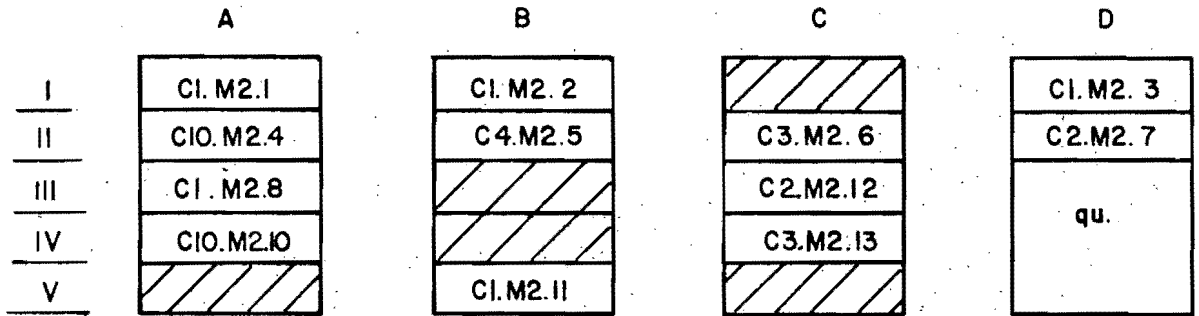
La Tabla 2B, pág. 75 , muestra las propiedades índice correspondientes a cada una de las probetas ensayadas.

En las pags. 76 y 77 se encuentran el registro de la prueba de compresión simple y la gráfica de esfuerzo-deformación correspondiente (Fig. 2.B.).

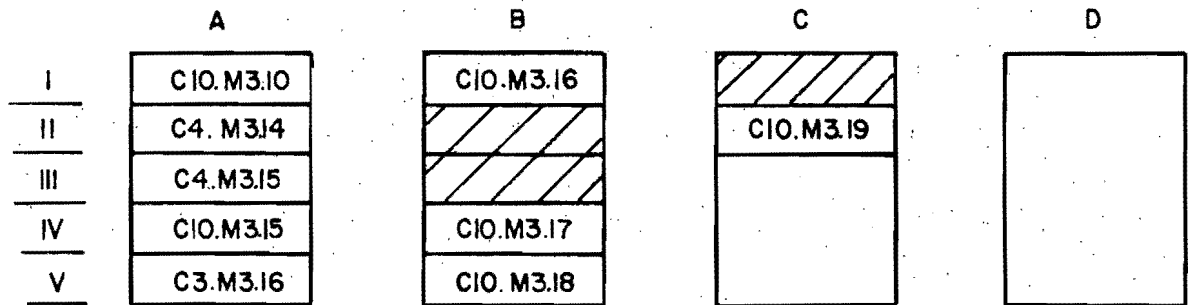
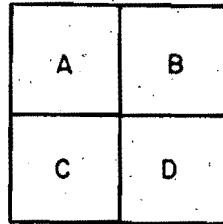
Este Apéndice comprenderá todo lo relacionado con los registros de las observaciones de las pruebas. Ha sido subdividido en:

1o.- Apéndice B.1 -correspondiente a las pruebas de Potencial de Expansión a Volumen Constante, págs. 78 a 89 .

2o.- Apéndice B. 2 -correspondiente a las pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante, págs. 90 a 145 .



MUESTRA 2.



MUESTRA 3.

FIG. 1.B.-Ubicacion de las probetas dentro de los bloques de muestra.

TABLA No. 1.B. ENSAYOS REALIZADOS

TIPO DE ENSAYO	FORMA DE SATURACION	No. DE ENSAYOS
Potencial de Expansión a carga constante	Rápida	5
	Lenta	5
Potencial de Expansión a volumen constante	Inundación Retardada	4
	Inundación Instantánea	4
Compresibilidad	Ninguna	1
Compresión simple (q_u)	-----	1

TABLA N° 2.B. PROPIEDADES INDICE -

ENSAYO	Identific. Muestra	Ubicac. Muestra	W (%)	S (%)	e	S _s	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ _m T/m ³
C1.M2.1	M2	A I	14.26	80.77	0.482	2.73	67.00	27.00	40.00	2.10
C4.M2.5	M2	B II	11.85	69.13	0.473	2.76	62.00	25.06	36.94	2.09
C3.M2.6	M2	C II	11.77	70.38	0.457	2.73	59.00	24.13	34.87	2.09
C2.M2.7	M2	D II	12.61	66.95	0.512	2.72	73.00	25.89	47.00	2.03
C1.M2.8	M2	A III	11.63	62.28	0.508	2.72	63.75	28.80	35.45	2.01
C4.M3.15	M3	A III	12.47	68.50	0.499	2.74	64.10	27.08	37.02	2.06
C4.M3.14	M3	A II	11.29	59.23	0.522	2.74	63.00	26.62	36.48	2.00
C1.M2.11	M2	B V	10.83	59.79	0.500	2.76	63.60	25.00	38.50	2.04
C2.M2.12	M2	C III	11.35	63.82	0.484	2.72	73.70	27.73	46.00	2.04
C3.M2.13	M2	C IV	10.31	59.08	0.471	2.73	74.90	26.69	48.21	2.05
C3.M3.16	M3	A V	12.62	68.86	0.493	2.77	62.50	26.17	36.83	2.06
C10.M2.4	M2	A II	12.46	63.19	0.542	2.75	63.00	27.25	35.75	2.01
C10.M2.10	M2	A IV	10.59	60.38	0.477	2.72	68.70	25.17	43.53	2.05
C10.M3.10	M3	A I	12.02	62.39	0.480	2.73	80.00	29.74	50.26	2.07
C10.M3.15	M3	A IV	12.74	70.68	0.494	2.74	74.00	28.90	45.10	2.07
C10.M3.16	M3	A V	12.16	67.91	0.496	2.77	69.30	26.84	42.46	2.08
C10.M3.17	M3	B IV	11.53	59.91	0.535	2.78	69.30	24.86	45.00	2.02
C10.M3.18	M3	B V	12.84	63.01	0.561	2.79	66.00	28.54	37.46	2.01
C10.M3.19	M3	C II	13.00	66.30	0.511	2.77	62.80	26.02	36.78	2.06

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 SONDEO N° : P.C.A. ENSAYE N° CS.1
 MUESTRA N° : 2 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION : arcilla color ocre claro,
manchas grisáceas ; consistencia dura

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
COMPRESION SIMPLE

MEDIDAS DE LA MUESTRA :

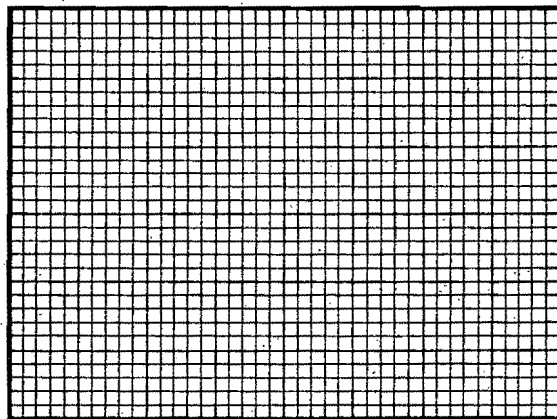
$D_s =$ _____ cm $A_s =$ _____ cm² $W_i =$ 691.70 gr FECHA : 22.8.78
 $D_c =$ _____ cm $A_c =$ _____ cm² $V_i =$ 345.83 cm³ OPERADOR : F.S.N.
 $D_j =$ _____ cm $A_j =$ _____ cm² $\gamma_m =$ 2.00 Ton/m³ CALCULO : F.S.N.
 $H_m =$ 12.22 cm $A_m = \frac{A_s + 4 A_c + A_j}{6} = \frac{\quad}{6} =$ 28.30 cm²

VELOCIDAD DE APLICACION DE LA CARGA : _____

Lectura anillo	Carga	Lectura micrómetro	Deformación total	Deformación unitaria	I-Deformación unitaria	Area Corregida	Esfuerzo	Contenido de agua	
divis.	kg	pulg. x 10 ³	mm			cm ²	kg/cm ²		
0	0	870.0	0.000	0.000	1.00	28.30	0	Cápsulo N°	25
5	15.355	861.0	0.023	0.019	1.00	28.30	0.54	Peso cáp.+s.h.	242.0
10	30.710	854.5	0.039	0.032	1.00	28.30	1.09	Peso cáp.+s.s.	226.0
15	46.065	847.0	0.053	0.043	1.00	28.30	1.63	Peso agua	16.0
20	61.420	844.0	0.066	0.054	0.999	28.32	2.17	Peso cápsula	108.0
25	76.775	838.5	0.080	0.065	0.999	28.32	2.71	Peso suelo seco	118.0
30	92.130	834.0	0.091	0.074	0.999	28.32	3.25	W %	13.56
35	107.485	829.5	0.103	0.084	0.999	28.32	3.80	OBSERVACIONES :	
40	122.84	826.5	0.109	0.089	0.999	28.32	4.34		
45	138.195	823.0	0.119	0.097	0.999	28.33	4.90		
50	153.55	820.0	0.127	0.104	0.999	28.33	5.42	Cápsulo N°	
55	168.905	816.0	0.137	0.112	0.999	28.33	5.96	Peso cáp.+s.h.	
60	184.26	810.5	0.151	0.124	0.999	28.34	6.50	Peso cáp.+s.s.	
65	199.615	807.5	0.159	0.130	0.999	28.34	7.04	Peso agua	
70	214.97	796.0	0.188	0.154	0.998	28.34	7.59	Peso capsula	
75	230.325	792.0	0.198	0.162	0.998	28.35	8.12	Peso suelo seco	
76	233.40	775.0	0.241	0.197	0.998	28.36	8.23	W %	
								OBSERVACIONES :	

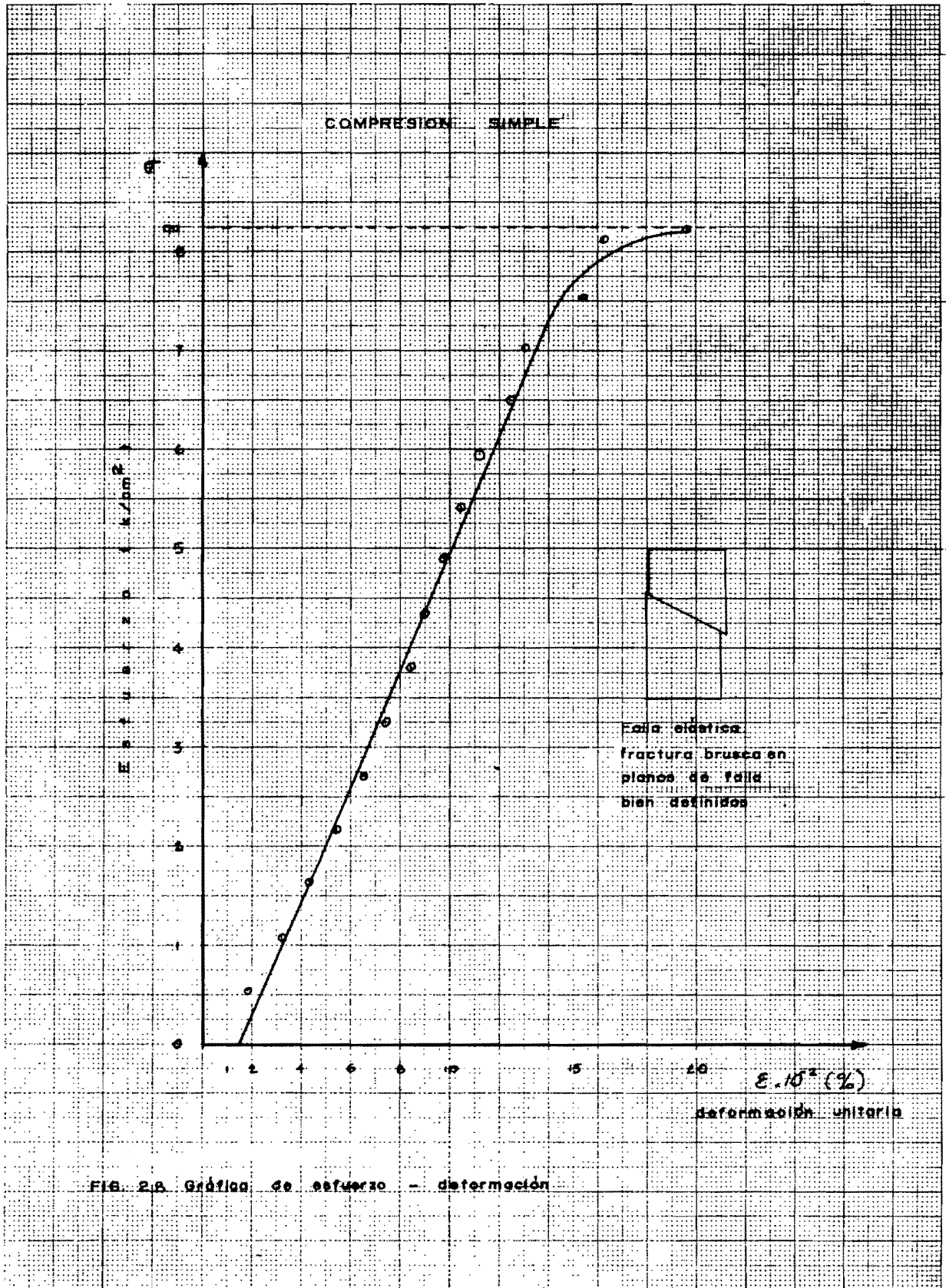
NOTA : Area correg. = $\frac{A_m}{I-Def. unit.}$
 ESQUEMA DE LA MUESTRA EN LA FALLA

ESFUERZO en kg/cm²



DEFORMACION UNITARIA en %

OBSERVACIONES : _____



B. 1 Pruebas de Potencial de Expansión a Volumen Constante

Fueron realizadas en un consolidómetro unidimensional de brazo de palanca rectilínea de acuerdo a lo detallado en III.2.4.i.i.

En las pags. 91 a la 141 se consignan los registros de carga de expansión vs. tiempo, en los cuales aparecen las siguientes nomenclaturas:

$M\delta$ corresponde a las lecturas registradas por el micrómetro de deformación cuya apreciación está en micras (μ). -- Este es el mecanismo indicador del cambio de volumen que se produce al estarse saturando el material.

ΔL es la diferencia de lecturas con respecto a la lectura inicial de $M\delta$. La tolerancia es de $\pm 2\mu$.

M_p corresponde a los registros de carga leídos en el micrómetro del anillo de carga. Cuantifica la respuesta del suelo cuando se está efectuando la saturación, a la vez que se mantiene el volumen constante.

ΔM_p es la diferencia de lecturas con respecto a la lectura -

del micrómetro antes de iniciarse la saturación del material.

Carga de expansión: es la medida en kilogramos en el anillo de carga, de la respuesta del suelo cuando está liberando su energía almacenada activada por la saturación.

Esta carga se obtiene al multiplicar ΔM_p por la constante de calibración del anillo de carga. Esta constante tiene un valor de $K = 2.45 \times 10^{-2}$ kg/división en el rango de 0 a 900 divisiones y $K = 2.75 \times 10^{-2}$ kg/división en el rango de 900 a 1300 divisiones.

Para determinar la carga sobre la muestra habrá que multiplicar la carga obtenida en el anillo por 10, debido a que la relación de palanca entre el anillo registrador de carga y la aplicación de la carga sobre la muestra es de 1:10.

En la pag. 89 se encuentra la Tabla 3B, en donde se consigna un resumen de los resultados correspondientes a este tipo de prueba.



DEPA

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO N° C10.M2.4
 MUESTRA N° 2 PROF. 2.00 m
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 14.8.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 0.52 k/cm² AREA: 50.87 cm²

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	M 8		MP		CARGA DE EXPANS. Kg.
			MICROMETRO LECTURA	DEFORM. ΔL	MICROMETRO LECTURA	CARGA ΔMP	
	HRS. MIN.	MIN.	m. m. $\times 10^3$	m. m. $\times 10^3$	DIVISIONES	DIVISIONES	
14.8.78	16.00	1.00	10-13.5	—	142	0	
		2	10-17	+0.4	166	24	
		3	10-13.5	—	170	28	
		4	10-16	0.25	185.5	43.5	
		5	10-13		188.5	46.5	
		6	10-13.5		193.0	51.0	
		7	10-16	0.25	210.0	68.0	
		8	10-13		213.5	71.0	
		9	10-14	0.1	217.0	75.0	
		10	10-13.5		233.0	91.0	
		11	10-13		235.0	93.0	
		12	10-13.5		237.5	95.5	
		13	10-14	0.05	247.5	105.5	
		14	10-13.5	0.0	249.0	107.0	
		15	10-14	0.05	251.5	109.5	
		16	10-15	0.2	263.2	121.2	
		17	10-13.2		265.0	123.0	
		18	10-13.5		266.0	124.0	
		19	10-14	0.05	268.0	126.0	
16.20	20	20	10-15	0-2.	283.5	141.5	
		25	10-13		307.5	165.5	
		30	10-13		362.2	184.2	
		45	10-13		371.5	229.5	
17.00	60	60	10-13.5		408.5	266.5	
		90	10-13.5		469.0	327.0	
		120	10-13		530.0	388.0	
		150	10-13.5		568.5	426.5	
		18.45	165	10-13.5		590.0	448.0
15.8.78	8.45	1005	10-13.5		991.0	849.	27.25
		1075	10-13.5		979.5	837.5	

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO N° C10. M2.4
 MUESTRA N° 2 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 15.8.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 0.52 K/cm² AREA: 50.87 cm²

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	M _d		M _p		CARGA DE EXPANS. Kg.
			MICROMETRO	DEFORM.	MICROMETRO	CARGA	
			LECTURA	ΔL	LECTURA	ΔMe	
	HRS. MIN.	MIN.	m. m. 10 ³	m. m. 10 ³	DIVISIONES	DIVISIONES	
15.8.78	10.45	1125	10-13		974.0	832.0	
	11.45	1185	10-13		970.0	828.0	
	12.45	1245	10-13		967.0	825.0	
	13.45	1305	10-13		965.0	823.0	
	15.45	1425	10-13		961.0	819.0	
	16.45	1485	10-13.5		959.5	817.5	
16.8.78	10.40	2560	10-13.5		915.0	773.0	
	12.10	2650	10-13.5		919.0	777.0	
	14.00	2760	10-13.5		917.0	775.0	
	16.50	2930	10-14	0.05	914.5	772.0	

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS DRUMOS, COBO
 ENSAYO N° C10.M3.10
 MUESTRA N° 3 PROF. 2.00 m
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 26.9.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 1.00 K/cm² AREA: 50.24 cm²

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	M _S MICROMETRO DEFORM.		M _P MICROMETRO CARGA		CARGA DE EXPANS. Kg.
			LECTURA	Δ L	LECTURA	Δ MP	
	HRS. MIN.	MIN.	m. m. x 10 ³	m. m. x 10 ³	DIVISIONES	DIVISIONES	
26.9.78	11.04	0	5-196	0	0.00	0	
	11.05	1	197	1	0.00	0	
	11.06	2	196.5	0.5	2.00		
		3	196		38.0		
		4	196		48.0		
		5	196		59.0		
		6	196		68.0		
		7	196		74.0		
		8	196		77.2		
		9	196		89.0		
		10	196		97		
		11	196		98		
		12	196		105		
		13	196		107		
		14	196		115		
		15	196		117		
		20	196		141		
	11.34	30	196		173.5		
	12.04	60	196		261.5		
	13.04	120	196		363.5		
	15.04	240	196		521.0		
	17.04	360	196		682.0		
27.9.78	9.15	1331	196		976.0		
	11.00	1436	196		1024.5		28.17
	12.00	1496	5-196		1021.0		

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS DRUJOS, CORO
 ENSAYO N° C10. M3.19
 MUESTRA N° 3 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 7.11.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 0.15 K/cm^2 AREA: 50.24 cm^2

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	M δ MICRÓMETRO DEFORM.		MP MICRÓMETRO CARGA		CARGA DE EXPANS. Kg.
			LECTURA	ΔL	LECTURA	ΔMP	
	HRS. MIN.	MIN.	m. m. $\times 10^3$	m. m. $\times 10^{-3}$	DIVISIONES	DIVISIONES	
7.11.78	9.36	0	10-51	0	40.00	0	
		1	10-51		40.00	0	
		2	10-51		68.00	28	
		3	10-51		87.00	47	
		4	10-51		102.00	62	
		6	10-51		115.0	75	
		6	10-51		124.0	84	
		7	10-51		126.0	86	
		8	10-51		138.0	98	
		9	10-51		146.0	106	
	9.46	10	10-51		148.0	108	
		15	10-51		180.0	140	
	10.06	30	10-51		243.0	240	
	10.36	60	10-505		335.0	295	
	11.36	120	10-51		647.0	607	
	12.30	180	10-51		815.0	775	
	13.36	240	10-51		874.0	834	
	15.39	360	10-51		917	877	21.49
	16.18	400	10-50		910	870	

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS GRUPOS CORO
 ENSAYO N° C10.H210
 MUESTRA N° 2 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 12.9.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 2.00 K/cm² AREA: 50.24 cm²

Σ

FECHA	TIEMPO. HRS. MIN.	TIEMPO TRANSCURRIDO MIN.	M _d MICROMETRO DEFORM.		M _p MICROMETRO CARGA		CARGA DE EXPANS. Kg.
			LECTURA m. m. 10 ⁻³	ΔL m. m. 10 ⁻³	LECTURA DIVISIONES	ΔMP DIVISIONES	
12.9.78	9.43	0	10-167		2.2	0	
		1	167		3.2	1.0	
		2	167.2	0.2	4.5	2.3	
		3	168	1.0	4.0	1.8	
		4	166.9	0.1	36.0	33.8	
		5	166.9	0.1	37.5	35.3	
		6	167		40.0	37.8	
		7	168	1.0	44.2	42.0	
		8	167		66.5	64.3	
		9	167.1	0.1	70.5	68.3	
		10	167		92.0	89.8	
		15	168	1.0	151.0	148.8	
		20	167		196.0	193.8	
		25	167		229.0	226.8	
		30	167		267.5	265.3	
60	167.5		385.0	382.8			
120	167		554.1	551.9			
240	167		745	742.8			
367	167		888.5	886.3			
412	167		966.0	963.8			
13.9.78	9.30	1417	167		1030	1027.8	28.26
	14.00	1687	167		993.5	991.3	
14.9.78	9.30	2857	167		954.5	952.3	

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS ORUNOS, CORD
 ENSAYO N° C10.M3.15
 MUESTRA N° 3 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 9.10.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 3.00 K/cm² AREA: 50.37

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	MS		MP		CARGA DE EXPANS. Kg.
			MICROMETRO LECTURA	DEFORM. ΔL	MICROMETRO LECTURA	CARGA ΔMR.	
	HRS. MIN.	MIN.	m. m. x 10 ³	m. m. x 10 ³	DIVISIONES	DIVISIONES	
9.10.78	10.02	0	1-142	0	0		
	10.03	1	142		0		
		2	142		8.00		
		3	142		16.00		
		4	142		23.0		
		5	142		76.0		
		6	142		80.0		
		7	141		84.0		
		8	141		88.0		
		9	141		91.5		
10.12	10	10	142	0.0	94.5		
		15	142	0.0	121.0		
		20	142	0.0	148.5		
	10.32	30	142	0.0	226.0		
	11.02	60	142		345.0		
	12.02	120	142		517.0		
	13.02	180	142		638.0		
	13.30	208	142		690.0		
	15.02	300	142		831.0		
	16.10	368	142		907.0		
10.10.78	17.05	423	143	1.0	946.0		
	18.05	487	143	1.0	957.0		
	9.25	1407	142		994.0		27.34
	9.35	1417	1-142		992.0		

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS

FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZACION PARQUE LOS DRUMOS. CORO

DIVISION DEL DOCTORADO

ENSAYO N° C10.H3.18

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

MUESTRA N° 3 PROF. 2.00 m.

POTENCIAL DE EXPANSION

DESCRIPCION _____

BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 30.10.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 4.60 K/cm² AREA: 50.37 cm²

X

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	M _d MICROMETRO DEFORM.		M _p MICROMETRO CARGA		CARGA DE EXPANS.
			LECTURA	ΔL	LECTURA	ΔMP	
	HRS. MIN.	MIN.	m. m. 10 ³	m. m. 10 ³	DIVISIONES	DIVISIONES	Kg.
30.10.78	9.21	0	8-171		0		
		1	171		10		
		2	173	2.0	49		
		3	172	1.0	79		
		4	172		100		
		5	172.5	0.5	119		
		6	172		143		
		7	171.5	0.5	155		
		8	171.0		169		
		9	172.0		171		
	9.31	10	172		187.5		
	9.36	15	172		230		
	9.51	30	171		304		
	10.21	60	171		435		
	11.21	120	171		568		
	12.21	180	171		659		
	13.21	240	171		670		
	15.21	360	171		705		17.27
	16.00	400	169		700		

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS ORUMOS. CORO
 ENSAYO N° C10.43.16
 MUESTRA N° 3 PROF. 2.00 m
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 18.10.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA : 6.66 K/cm² AREA : 50.34 cm²

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	M _S		M _P		CARGA DE EXPANS. Kg.
			LECTURA	ΔL	LECTURA	CARGA ΔMP.	
			m. m. × 10 ⁻³	m. m. × 10 ⁻³	DIVISIONES	DIVISIONES	
18.10.78	10.08	0	8-85.3	0	0		
		1	85.0		0		
		2	85		5		
		7	85		5.5		
		9	85		6.5		
		10	85		6.5		
	10.31	23	85.5		53.0		
	10.39	30	85.5		105.0		
	11.08	60	86.		202.0		
	12.28	140	85.5		365.0		
	13.08	180	85.5		427.0		
	14.08	240	85.5		494.0		
	15.35	323	85.5		612.0		
	16.35	383	86.0		643.0		
	17.08	420	85.5		672.0		
	18.08	480	86		727.0		
	19.08	540	85		765		18.79
19.10.78	9.0	1372	8-85		707		
	9.30	1402	8-85	0	705		

OBSERVACIONES: _____

OBRA TESIS
 LOCALIZACION PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N° C10.H3.17
 MUESTRA N° 3 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 POTENCIAL DE EXPANSION
 BAJO VOLUMEN CONSTANTE

CONSOLIDOMETRO N° 10 FECHA: 25.10.78

ESFUERZO VERTICAL SOBRE LA MUESTRA: 6.66 K/cm² AREA: 50.37 cm²

FECHA	TIEMPO	TIEMPO TRANSCURRIDO	M _D MICROMETRO DEFORM.		M _P MICROMETRO CARGA		CARGA DE EXPANS. Kg.
			LECTURA	ΔL	LECTURA	ΔMP	
	HRS. MIN.	MIN.	m. m. × 10 ⁻³	m. m. × 10 ⁻³	DIVISIONES	DIVISIONES	
25.10.78	6.46	0	34		0		
		1	34		3.0		
		2	35	1.0	5.0		
		3	38	4.0	7.0		
		4	34		52.0		
		5	34		54.0		
		6	35		57.0		
		7	34.5	0.5	84.0		
		8	35	1.0	85.0		
		9	35	1.0	93.0		
	6.56	10	34		110.0		
	7.01	15	34		161.0		
	7.06	20	35		209.0		
	7.16	30	34.5		279.0		
	7.52	66	34.0		468.0		
	8.46	120	34.0		615.0		
	9.46	180	34.0		725.0		
	10.46	240	34.5		730.0		17.89
	11.46	300	34.5		716.0		
	12.15	330	33		707.0		

OBSERVACIONES: _____

TABLA No. 3.B. RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS
DE POTENCIAL DE EXPANSION A VOLU-
MEN CONSTANTE

Prueba	Lectura en M_p	K const. del anillo+ 10^{-2}	carga de expansión	Area	Potencial de expansión
	divisiones	kg/divis	Kg	cm ²	Kg/cm ²
C10M24	991.0	2.75	27.25	50.87	5.36
C10M310	1024.5	2.75	28.17	50.24	5.61
C10M210	1027.8	2.75	28.26	50.24	5.63
C10M315	994	2.75	27.34	50.37	5.43
C10M319	887	2.45	21.49	50.24	4.28
C10M318	705	2.45	17.27	50.37	3.43
C10M316	765	2.45	18.79	50.34	3.73
C10M317	730	2.45	17.89	50.37	3.55

K del anillo

0 - 900 divisiones: $K=2.45 \times 10^{-2}$ kg/división

900 - 1300 divisiones: $K=2.75 \times 10^{-2}$ kg/división

$$\text{Pot. de Expansión} = \frac{\text{carga} \times R_p}{\text{Area}} = \frac{\text{carga} \times 10}{\text{Area}}$$

R_p = relación de palanca entre el anillo de carga y la probeta
(1:10).

B.2 Pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante

Estas pruebas fueron realizadas en consolidómetros unidimensionales con brazo de palanca semicircular, de acuerdo a lo detallado en III.2.4.ii.

De las págs. 91 a la 141 aparecen los registros de prueba, los cuales comprenden los incrementos de carga correspondientes a las siguientes etapas:

- a) Compresión: realizada sobre el material en estado de humedad natural.
- b) Expansión: desarrollada al saturar el material, el cual se encuentra bajo un esfuerzo vertical determinado.
- c) Consolidación: se desarrolla en cada uno de los incrementos de carga aplicados posteriormente a la expansión. Dichos incrementos definen la curva de compresibilidad del material saturado.

A partir de estos registros, se construyen las Tablas 10.C a la 19.C de Resumen de Datos y Cálculos, las cuales se encuentran en el Apéndice C, en las págs. 192 a 201 .

Las Figs. 3.B a la 6.B, págs. 142 a 145 , corresponden a las curvas de calibración, por deformación de equipo, de los consolidómetros utilizados durante la ejecución de este tipo de pruebas.

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: C4.H2.5 SONDEO N°: P.C.4.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 14.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.25 ^{*} kg/cm² TOTAL 0.25 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta, 10^{-2}$
	Hrs min.	°C	min.	mm.	mm.
14.8.78	21.20		0	7.990	0
			30"	7.855	14.4
			1	7.840	15.9
			2	7.828	17.1
			4	7.810	18.9
			8	7.790	20.9
			15	7.771	22.8
			30	7.750	24.9
	22.20		60	7.725	27.4
	23.20		120	7.705	29.4
15.8.78	0.20		180	7.695	30.4
	1.05		225	7.690	30.9
	19.20		1320	7.635	36.4

INCREMENTO 0.25 ^{*} kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta, 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
15.8.78	20.00		0	7.635	0
			30"	7.590	4.5
			1	7.589	4.6
			2	7.585	5.0
			4	7.580	5.5
			8	7.575	6.0
	20.15		15	7.570	6.5
			30	7.561	7.4
			60	7.550	8.5
			120	7.540	9.5
			180	7.520	11.5
			750	7.475	16.0
			1275	7.439	19.6
			1450	7.425	21.0

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL.

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: C4.H2.5 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 16.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

EXPANSION					
INCREMENTO: <u>0</u> kg/cm ² TOTAL <u>0.50</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hra min.	°C	min.	mm.	mm.
16.8.78	20.15		0	7.425	0
			4	7.431	0.6
			8	7.450	2.5
	20.30		15	7.470	4.5
	20.45		30	7.499	7.4
	21.15		60	7.535	11.0
	22.15		120	7.605	18.0
	23.45		210	7.700	27.5
17.8.78	17.30		12.45	8.419	99.4
	20.00		14.25	8.431	100.6
	23.50		16.55	8.500	107.5
18.8.78	8.30		21.75	8.605	118.0
	15.45		26.10	8.671	124.6
	19.10		28.05	8.698	127.3
	23.55		30.90	8.728	130.3
19.8.78	9.12		36.97	8.781	135.6
	13.50		39.75	8.798	137.3
	18.35		42.60	8.815	139.0
20.8.78	8.50		51.15	8.850	142.5
	15.30		55.15	8.870	144.5
21.8.78	8.30		65.35	8.885	146.0
	12.34		67.79	8.887	146.2
	16.34		70.19	8.890	146.5
	21.00		72.85	8.894	146.9
22.8.78	7.40		79.25	8.900	147.5
	12.00		81.85	8.900	147.5
	14.45		83.50	8.900	147.5
	17.00		84.85	8.902	147.7

INCREMENTO <u>0.50</u> kg/cm ² TOTAL <u>1.00</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hra. min.	°C	min.	mm.	mm.
22.8.78	17.20		0	8.902	0
			15"	8.860	4.2
			30"	8.858	4.4
			1	8.851	5.1
			2	8.849	5.3
			4	8.842	6.0
			8	8.839	6.3
			18	8.830	7.2
	17.50		30	8.826	7.6
	18.20		60	8.820	8.2
	19.20		120	8.812	9.0
	21.20		240	8.808	9.4
	22.50		335	8.805	9.7
23.8.78	7.35		8.55	8.800	10.2
	12.45		11.65	8.797	10.5
	16.00		13.60	8.796	10.6
	23.50		18.30	8.792	11.0
24.8.78	10.20		24.60	8.791	11.1
	15.30		27.70	8.789	11.3
	17.00		28.60	8.789	11.3
	23.45		32.65	8.789	11.3
25.8.78	8.35		37.95	8.789	11.3

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.50$ K/cm²

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO Nº: C4.425 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION
(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 4 FECHA: 25.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^{-2}$
	Hra. min.	°C	min.	mm.	mm.
25.8.78	8.35		0	8.790	0
			15"	8.666	12.4
			30"	8.645	14.5
			1	8.630	16.0
			2	8.615	17.5
			4	8.601	18.9
			8	8.588	20.2
			15	8.571	21.9
			30	8.551	23.9
	9.35		60	8.528	26.2
	10.35		120	8.501	28.9
	12.35		240	8.480	31.0
	16.35		480	8.453	33.7
26.8.78	9.50		1515	8.430	36.0
	18.00		2005	8.422	36.8
	21.50		2235	8.420	37.0
27.8.78	10.15		2980	8.419	37.1

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^{-2}$
	Hra. min.	°C	min.	mm.	mm.
27.8.78	11.06		0	8.419	0
			15"	8.332	8.7
			30"	8.320	9.9
			1	8.310	10.9
			2	8.299	12.0
			4	8.282	13.7
			8	8.268	15.1
			15	8.250	16.9
			30	8.230	18.9
	12.06		60	8.208	21.1
	13.06		120	8.180	23.9
	15.06		240	8.150	26.9
	19.06		480	8.121	29.8
28.8.78	7.00		1194	8.102	31.7
	12.40		1498	8.098	32.1
	14.20		1676	8.096	32.3
	20.15		2109	8.090	32.9
29.8.78	7.10		2764	8.086	33.3

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.50 \text{ kg/cm}^2$

OBRA: TESIS
LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS. COBO
ENSAYO Nº: C4.H2.5 SONDEO Nº: P.C.A.
MUESTRA Nº: 2 PROF.: 2.00 m.
DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DEL DOCTORADO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 4 FECHA: 29.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
29.8.78	7.32		0	8.086	0
			15"	8.030	5.6
			30"	8.022	6.4
			1	8.016	7.0
			2	8.008	7.8
			4	7.998	8.8
			8	7.984	10.2
			15	7.971	11.5
			30	7.952	13.4
	8.32		60	7.932	15.4
	9.32		120	7.910	17.6
	11.32		240	7.880	20.6
	14.15		403	7.858	22.8
	19.40		728	7.835	25.1
30.8.78	7.55		1453	7.820	26.6
	12.25		1723	7.818	26.8
	14.05		1823	7.818	26.8

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
30.8.78	15.15		0	7.815	0
			15"	7.775	4.0
			30"	7.770	4.5
			1	7.765	5.0
			2	7.759	5.6
			4	7.750	6.5
			8	7.748	6.7
			15	7.723	9.2
			30	7.709	10.6
	16.15		60	7.690	12.5
	17.15		120	7.669	14.6
	19.15		240	7.647	16.8
	23.15		480	7.620	19.5
31.8.78	1.20		605	7.616	19.9
	7.15		960	7.606	20.9

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.50 \text{ kg/cm}^2$

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORD.
 ENSAYO Nº: 04.H2.5 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 4 FECHA: 31.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$S \times 10^{-2}$
	Hrs.	min.		mm.	mm.	
31.8.78	8.08		0	7.605	0.	
			15	7.570	3.5	
			30	7.566	4.0	
			1	7.560	4.5	
			2	7.552	5.3	
			4	7.543	6.2	
			8	7.531	7.4	
			15	7.519	8.6	
			30	7.500	10.5	
			9.08	60	7.482	12.3
			10.08	120	7.455	15.0
			12.08	240	7.425	18.0
			16.08	480	7.395	21.0
	21.20	792	7.381	22.4		
19.78	7.30	1402	7.364	24.1		

INCREMENTO _____ kg/cm² TOTAL _____ kg/cm²

Fecha	Tiempo		Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		S
	Hrs.	min.		mm.	mm.	

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO
VERTICAL $U_v = 0.50$ K/cm²

OBRA: TESIS

FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORO

DIVISION DEL DOCTORADO

ENSAYO N° C3. M2.6 SONDEO N°: P.C.A.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

MUESTRA N° 2 PROF: 2.00 m

CONSOLIDACION*

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 3 FECHA: 16.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.25 kg/cm² TOTAL 0.25 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta \times 10^{-2}$
	Hrs min	°C	min.	mm.	mm.
<u>16.8.78</u>	<u>20.05</u>		<u>0</u>	<u>7.541</u>	<u>0</u>
			<u>15"</u>	<u>7.430</u>	<u>11.1</u>
			<u>30"</u>	<u>7.421</u>	<u>12.0</u>
			<u>1</u>	<u>7.415</u>	<u>12.6</u>
			<u>2</u>	<u>7.408</u>	<u>13.3</u>
			<u>4</u>	<u>7.399</u>	<u>14.2</u>
			<u>8</u>	<u>7.390</u>	<u>15.1</u>
	<u>20.20</u>		<u>15</u>	<u>7.380</u>	<u>16.1</u>
	<u>20.35</u>		<u>30</u>	<u>7.370</u>	<u>17.1</u>
	<u>21.05</u>		<u>60</u>	<u>7.365</u>	<u>17.6</u>
	<u>22.05</u>		<u>120</u>	<u>7.358</u>	<u>18.3</u>
	<u>23.20</u>		<u>210</u>	<u>7.352</u>	<u>18.9</u>
<u>17.8.78</u>	<u>17.30</u>		<u>1300</u>	<u>7.323</u>	<u>21.8</u>
	<u>20.0</u>		<u>1450</u>	<u>7.321</u>	<u>22.0</u>

INCREMENTO 0.25 kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta \times 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
<u>17.8.78</u>	<u>20.11</u>		<u>0</u>	<u>7.321</u>	<u>0</u>
			<u>15"</u>	<u>7.300</u>	<u>2.1</u>
			<u>30"</u>	<u>7.300</u>	<u>2.1</u>
			<u>1</u>	<u>7.300</u>	<u>2.1</u>
			<u>2</u>	<u>7.299</u>	<u>2.2</u>
			<u>4</u>	<u>7.292</u>	<u>2.9</u>
			<u>8</u>	<u>7.290</u>	<u>3.1</u>
	<u>20.26</u>		<u>15</u>	<u>7.288</u>	<u>3.3</u>
	<u>20.41</u>		<u>30</u>	<u>7.282</u>	<u>3.9</u>
	<u>21.11</u>		<u>60</u>	<u>7.279</u>	<u>4.2</u>
	<u>22.11</u>		<u>120</u>	<u>7.271</u>	<u>5.0</u>
	<u>23.50</u>		<u>319</u>	<u>7.265</u>	<u>5.6</u>
<u>18.8.78</u>	<u>8.30</u>		<u>839</u>	<u>7.255</u>	<u>6.6</u>
	<u>15.45</u>		<u>1274</u>	<u>7.250</u>	<u>7.1</u>
	<u>19.12</u>		<u>1382</u>	<u>7.250</u>	<u>7.1</u>

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMO EN ESTADO DE HUNEDAD NATURAL

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: C3.M2.6 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 3 FECHA: 18.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.5 kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo	Lectura	$\Delta_s \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	transcurrido min.	micrometro mm.	
<u>18.8.78</u>	<u>20.07</u>		<u>0</u>	<u>7.250</u>	<u>0</u>
			<u>15"</u>	<u>7.225</u>	<u>2.5</u>
			<u>30"</u>	<u>7.225</u>	<u>2.5</u>
			<u>1</u>	<u>7.221</u>	<u>2.9</u>
			<u>2</u>	<u>7.220</u>	<u>3.0</u>
			<u>4</u>	<u>7.218</u>	<u>3.2</u>
			<u>8</u>	<u>7.215</u>	<u>3.5</u>
			<u>15</u>	<u>7.210</u>	<u>4.0</u>
	<u>20.37</u>		<u>30</u>	<u>7.208</u>	<u>4.2</u>
	<u>21.07</u>		<u>60</u>	<u>7.202</u>	<u>4.8</u>
	<u>22.07</u>		<u>120</u>	<u>7.200</u>	<u>5.0</u>
	<u>0.07</u>		<u>223</u>	<u>7.193</u>	<u>5.7</u>
<u>19.8.78</u>	<u>9.13</u>		<u>786</u>	<u>7.182</u>	<u>6.8</u>

EXPANSION

INCREMENTO 0 kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo	Lectura	$\Delta_s \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	transcurrido min.	micrometro mm.	
<u>19.8.78</u>	<u>10.35</u>		<u>0</u>	<u>7.182</u>	<u>0</u>
			<u>1</u>	<u>7.183</u>	<u>0.1</u>
			<u>2</u>	<u>7.185</u>	<u>0.3</u>
			<u>4</u>	<u>7.191</u>	<u>0.9</u>
			<u>8</u>	<u>7.205</u>	<u>2.3</u>
			<u>15</u>	<u>7.230</u>	<u>4.8</u>
	<u>11.05</u>		<u>30</u>	<u>7.262</u>	<u>8.0</u>
	<u>11.35</u>		<u>60</u>	<u>7.298</u>	<u>11.6</u>
	<u>12.35</u>		<u>120</u>	<u>7.322</u>	<u>14.0</u>
	<u>14.35</u>		<u>240</u>	<u>7.370</u>	<u>18.8</u>
	<u>18.35</u>		<u>480</u>	<u>7.620</u>	<u>43.8</u>
	<u>20.35</u>		<u>600</u>	<u>7.720</u>	<u>53.8</u>
<u>20.8.78</u>	<u>8.50</u>		<u>1335</u>	<u>8.139</u>	<u>95.7</u>
	<u>15.30</u>		<u>1735</u>	<u>8.265</u>	<u>109.3</u>
<u>21.8.78</u>	<u>8.30</u>		<u>2755</u>	<u>8.471</u>	<u>128.9</u>
	<u>12.34</u>		<u>2999</u>	<u>8.508</u>	<u>132.6</u>
	<u>16.34</u>		<u>3239</u>	<u>8.537</u>	<u>135.5</u>
	<u>21.00</u>		<u>3505</u>	<u>8.563</u>	<u>138.1</u>
<u>22.8.78</u>	<u>7.40</u>		<u>4145</u>	<u>8.620</u>	<u>143.8</u>
	<u>14.45</u>		<u>4570</u>	<u>8.642</u>	<u>146.0</u>
	<u>17.00</u>		<u>4705</u>	<u>8.648</u>	<u>146.6</u>
	<u>22.55</u>		<u>5060</u>	<u>8.664</u>	<u>148.2</u>
<u>23.8.78</u>	<u>7.35</u>		<u>5580</u>	<u>8.688</u>	<u>150.6</u>
	<u>12.45</u>		<u>5890</u>	<u>8.697</u>	<u>151.5</u>
	<u>16.00</u>		<u>6085</u>	<u>8.702</u>	<u>152.0</u>
	<u>23.50</u>		<u>6555</u>	<u>8.715</u>	<u>153.3</u>
<u>24.8.78</u>	<u>10.20</u>		<u>7245</u>	<u>8.729</u>	<u>154.7</u>

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL HASTA LLEGAR A UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 1.00$ K/cm². BAJO ESTE ESFUERZO SE REALIZO LA SATURACION

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO Nº: C3.M2.6 SONDEO Nº: PCA.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 3 FECHA: 24.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Temp. °C	Tiempo transcurrido		Lectura micrometro	$S_v \cdot 10^2$ m.m.
	Hrs	min.		min.	mm.		
24.8.78	11.03			0		8.730	0
				15"		8.660	7.0
				30"		8.665	7.5
				1		8.651	7.9
				2		8.649	8.1
				4		8.640	9.0
				8			
				15		8.625	10.5
				30		8.620	11.0
	12.03			60		8.610	12.0
	13.03			120		8.600	13.0
	14.40			287		8.593	13.7
	19.03			480		8.585	14.5
	23.45			762		8.580	15.0
25.8.78	8.40			1297		8.579	15.1
	14.00			1617		8.572	15.8
26.8.78	9.50			2807		8.570	16.0

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Temp. °C	Tiempo transcurrido		Lectura micrometro	$S_v \cdot 10^2$ m.m.
	Hrs	min.		min.	mm.		
26.8.78	11.12			0		8.570	0
				15"		8.510	6.0
				30"		8.502	6.8
				1		8.495	7.5
				2		8.485	8.5
				4		8.475	9.5
				8		8.462	10.8
				15		8.455	11.5
				30		8.442	12.8
	12.12			60		8.430	14.0
	13.12			120		8.415	15.5
	15.12			240		8.399	17.1
	18.00			408		8.395	17.5
	21.45			633		8.376	19.4
27.8.78	10.15			1383		8.368	20.2
	15.13			1681		8.362	20.8
	19.00			1908		8.360	21.0
28.8.78	7.00			2628		8.360	21.0

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $Q_v = 1.00 \text{ K/cm}^2$

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORO
 ENSAYO Nº : C3.H2.6 SONDEO Nº : P.C.A.
 MUESTRA Nº : 2 PROF: 2.00 m
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº : 3 FECHA: 28.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta_v \cdot 10^{-2}$	
				min.	mm.		
28.8.78	7.10		0	8.360	0		
			15"	8.318	4.2		
			30"	8.310	5.0		
			1	8.305	5.5		
			2	8.298	6.2		
			4	8.286	7.4		
			8	8.275	8.5		
			15	8.265	9.5		
			30	8.251	10.9		
			60	8.238	12.2		
			9.10	120	8.220	14.0	
			11.10	240	8.201	15.9	
			12.04	294	8.194	16.6	
			14.02	412	8.182	17.8	
			20.15	785	8.165	19.5	
29.8.78	7.10		1440	8.159	20.1		
			1865	8.151	20.9		
			2190	8.150	21.0		
30.8.78	7.55		2915	8.150	21.0		

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta_v \cdot 10^{-2}$	
				min.	mm.		
30.8.78	8.12		0	8.150	0		
			15"	8.115	3.5		
			30"	8.112	3.8		
			1	8.108	4.2		
			2	8.102	4.8		
			4	8.098	5.2		
			8	8.090	6.0		
			15	8.080	7.0		
			30	8.069	8.1		
			9.12	60	8.065	9.5	
			10.12	120	8.039	11.1	
			12.12	240	8.019	13.1	
			13.52	340	8.009	14.1	
			16.12	467	8.000	15.0	
			23.15	890	7.985	16.5	
31.8.78	1.20		1035	7.982	16.8		
			1390	7.980	17.0		

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 1.00$ K/cm²

OBRA: TESIS
LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS. CORO
ENSAYO Nº: C3. M2.6 SONDEO Nº: P.C.A.
MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m
DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DEL DOCTORADO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 3 FECHA: 31.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^{-2}$	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	
31.8.78	8.05		0	7.979	0	
			15"	7.942	3.7	
			30"	7.940	3.9	
			1	7.938	4.1	
			2	7.932	4.7	
			4	7.925	5.4	
			8	7.918	6.1	
			15	7.915	6.4	
			30	7.891	8.8	
			60	7.872	10.7	
		9.05		120	7.854	12.5
		10.05		240	7.835	14.4
		12.05		480	7.810	16.9
		16.05		695	7.801	17.8
		19.30		795	7.798	18.1
	1.9.78	9.35		1530	7.785	19.4
2095				7.780	19.9	

INCREMENTO _____ kg/cm² TOTAL _____ kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	δ
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 1.00 \text{ K/cm}^2$

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: C2.H2.7 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 2 FECHA: 17.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.25 ^{*} kg/cm² TOTAL 0.25 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Temp. °C	Lectura micrometro		$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs.	min.		min.	mm.	
17.8.78	21.10			0	6.795	0
				15"	6.732	6.3
				30"	6.730	6.5
				1	6.725	7.0
				2	6.719	7.6
				4	6.712	8.3
				8	6.702	9.3
				15	6.695	10.0
				30	6.688	10.7
				60	6.679	11.6
				120	6.669	12.6
18.8.78	8.30			160	6.665	13.0
				680	6.650	14.5
				1115	6.644	15.1
	19.14			1324	6.642	15.3

INCREMENTO 0.25 ⁺ kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Temp. °C	Lectura micrometro		$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs.	min.		min.	mm.	
18.8.78	20.09			0	6.642	0
				15"	6.625	1.7
				30"	6.620	2.2
				1	6.620	2.2
				2	6.620	2.2
				4	6.619	2.3
				8	6.615	2.7
				15	6.610	3.2
				30	6.606	3.6
				60	6.602	4.0
				120	6.598	4.4
19.8.78	9.13			240	6.592	5.0
				461	6.580	6.2

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS
LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
ENSAYO Nº: C2.M2.7 SONDEO Nº: P.C.A.
MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.
DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DEL DOCTORADO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 2 FECHA: 19.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.60 * kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_s \cdot 10^{-2}$
	Hrs min.	°C	min.	mm.	mm.
19.8.78	10.27		0	6.579	0
			15"	6.545	3.4
			30"	6.541	3.8
			1	6.540	3.9
			2	6.538	4.1
			4	6.535	4.4
			8	6.530	4.9
			15	6.529	5.0
	10.57		30	6.525	5.4
	11.27		60	6.520	5.9
	12.27		120	6.518	6.1
	14.27		240	6.509	7.0
	16.10		343	6.509	7.0

INCREMENTO 1.00 * kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_s \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
19.8.78	16.10		0	6.509	0
			15"	6.450	5.9
			30"	6.449	6.0
			1	6.442	6.7
			2	6.440	6.9
			4	6.435	7.4
			8	6.430	7.9
			15	6.425	8.4
	16.40		30	6.420	8.9
	17.10		60	6.412	9.7
	18.10		120	6.410	9.9
	20.10		240	6.400	10.9
20.8.78	8.50		1000	6.389	12.0
	9.54		1060	6.375	12.4

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: C2.H2.7 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCIÓN: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 2 FECHA: 20.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

EXPANSION

INCREMENTO: 0.00 kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		δ_{10}^2
				mm.	mm.	
—	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	mm.
20.8.78	9.54		0	6.385	0	
			15"	6.385	0	
			30"	6.385	0	
			1	6.385	0	
			2	6.390	0.5	
			4	6.390	0.5	
			8	6.395	0.5	
			15	6.405	2.0	
			30	6.421	3.6	
	10.54		60	6.472	8.7	
	11.54		120	6.522	13.7	
	13.54		240	6.600	21.5	
	15.54		480	6.655	27.0	
21.8.78	8.30		1476	6.871	48.6	
	12.34		1720	6.900	51.5	
	16.34		1960	6.917	53.2	
	21.00		2226	6.931	54.6	
22.8.78	7.40		2826	6.952	56.7	
	12.00		3126	6.959	57.4	
	14.45		3291	6.961	57.6	
	17.00		3426	6.963	57.8	
	22.55		3781	6.969	58.4	
23.8.78	7.35		4301	6.978	59.3	
	12.45		4611	6.976	59.1	
	16.00		4806	6.978	59.3	
	21.27		5133	6.980	59.5	

EXPANSION

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		δ_{10}^2
				mm.	mm.	
—	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	mm.
23.8.78	21.27		0	6.980	0	
			15"	6.919	6.1	
			30"	6.911	6.9	
			1	6.905	7.5	
			2	6.895	8.6	
			4	6.882	9.8	
			8	6.872	10.8	
			15	6.860	12.0	
			30	6.849	13.1	
	22.27		60	6.836	14.4	
	23.27		120	6.825	15.5	
	23.57		150	6.820	16.0	
24.8.78	7.45		618	6.802	17.8	
	11.27		860	6.799	18.1	
	15.30		1103	6.791	18.9	
	17.00		1193	6.790	19.0	
	23.45		1598	6.790	19.0	
25.8.78	8.40		2133	6.789	19.1	
	14.00		2453	6.784	19.6	
26.8.78	9.50		3643	6.780	20.0	
	11.09		3713	6.779	20.1	

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 2.00$ K/cm²

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO Nº: C2.H2.7 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 2 FECHA: 26.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	Δ_{10}^{-2}
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
26.8.78	11.09		0	6.779	0
			15"	6.730	4.9
			30"	6.720	5.9
			1	6.715	6.4
			2	6.705	7.4
			4	6.692	8.7
			11	6.669	11.0
			15	6.659	12.0
			32	6.635	14.4
	12.09		60	6.615	16.4
	13.09		120	6.592	18.7
	15.09		240	6.569	21.0
	18.00		411	6.550	22.9
	21.45		636	6.542	23.7
27.8.78	10.15		1386	6.536	24.3
	15.12		1683	6.531	24.8
	19.00		1911	6.529	25.0
28.8.78	7.00		2511	6.529	25.0

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	Δ_{10}^{-2}
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
28.8.78	7.07		0	6.529	0
			15"	6.495	3.4
			30"	6.490	3.9
			1	6.482	4.7
			2	6.475	5.4
			4	6.462	6.7
			8	6.450	7.9
			15		
			30	6.412	11.7
	8.07		60	6.389	14.0
	9.07		120	6.360	16.9
	11.07		240	6.329	20.0
	12.04		295	6.321	20.8
	14.02		413	6.303	22.6
			786	6.279	25.0
29.8.78	7.10		1441	6.266	26.3
	14.15		1886	6.252	27.7
	19.40		2211	6.252	27.7
30.8.78	7.55		2936	6.250	27.9

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO
VERTICAL $\sigma_V = 2.00$ kg/cm².

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: CZ. M2.7 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF.: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 2 FECHA: 30.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$S_{\rho, 10}^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
30.8.78	8.10		0	6.250	0
			15"	6.222	2.8
			30"	6.220	3.0
			1	6.218	3.2
			2	6.211	3.9
			4	6.202	4.8
			8	6.190	6.0
			15	6.172	7.8
			30	6.149	10.1
	9.10		60	6.112	13.8
	10.10		120	6.051	19.9
	12.10		240	5.970	28.0
	14.05		340	5.921	32.9
	16.10		480	5.872	37.8
	23.15		905	5.780	47.0
31.8.78	1.20		1030	5.770	48.0
	7.15		1385	5.759	49.1
	11.30		1640	5.751	49.9
	15.30		1880	5.746	50.4
	19.30		2120	5.742	50.8
	21.20		2230	5.742	50.8
1.9.78	9.35		2965	5.740	51.0

INCREMENTO _____ kg/cm² TOTAL _____ kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	S
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 2.00$ K/cm².

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS. CORO
 ENSAYO Nº : C1.42.8 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº : 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº : 1 FECHA: 19.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.50 * kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_v \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
19.8.78	16.09		0	8.112	0
			15"	8.060	5.2
			30"	8.059	5.3
			1	8.058	5.4
			2	8.052	6.0
			4	8.050	6.2
			8	8.049	6.3
			15	8.045	6.7
			30	8.042	7.0
	17.09		60	8.041	7.1
	18.09		120	8.040	7.2
	20.09		240	8.038	7.4
20.8.78	8.50		1001	8.035	7.7

INCREMENTO 1.00 * kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_v \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
20.8.78	9.51		0	8.035	0
			15"	7.989	4.6
			30"	7.986	4.9
			1	7.985	5.0
			2	7.980	5.5
			4	7.980	5.5
			8	7.978	5.7
			15	7.975	6.0
			30	7.971	6.4
	10.51		60	7.970	6.5
	11.51		120	7.965	7.0
	13.51		240	7.961	7.4
	15.50		480	7.960	7.5
21.8.78	8.30		1480	7.958	7.7

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL.

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: C1.M2.8 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 1 FECHA: 21.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO* 1.00 kg/cm² TOTAL* 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
21.8.78	8.34		0	7.958	0
			15"	7.930	2.8
			30"	7.929	2.9
			1	7.929	2.9
			2	7.928	3.0
			4	7.925	3.3
			8	7.922	3.6
			15	7.920	3.8
			30	7.918	4.0
	9.34		60	7.917	4.1
	10.34		120	7.912	4.6
	12.34		240	7.909	4.9
	16.34		480	7.907	5.1
	21.00		746	7.905	5.3

EXPANSION
 INCREMENTO 0 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
21.8.78	21.30		0	7.905	0
			1	7.902	-0.3
			2	7.901	-0.4
			4	7.901	-0.4
			8	7.902	-0.3
			15	7.902	+0.3
			30	7.912	0.7
	22.30		60	7.925	2.0
	23.30		120	7.942	3.7
22.8.78	7.40		610	8.109	20.4
	12.00		870	8.140	23.5
	14.45		1035	8.150	24.5
	17.00		1170	8.158	25.3
	22.55		1525	8.172	26.7
23.8.78	7.40		2045	8.180	27.5
	12.45		2345	8.179	27.4
	16.00		2540	8.179	27.4
	21.25		2865	8.178	27.3

OBSERVACIONES: * EL MATERIAL SE COMPRIMIO BAJO ESTE ESFUERZO.
 A PARTIR DE $\sigma_v = 3.00 \text{ K/cm}^2$ EL MATERIAL SE SATURA

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS. COBO
 ENSAYO Nº : C.42.8 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº : 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº : 1 FECHA: 23. 8. 78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_v \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
23.8.78	21.25		0	8.178	0.
			15"	8.140	3.8
			30"	8.139	3.9
			1	8.135	4.3
			2	8.180	4.8
			4	8.125	5.3
			8	8.119	5.9
			15	8.110	6.8
			30	8.102	7.6
	22.25		60	8.075	8.3
	23.25		120	8.088	9.0
	23.55		150	8.082	9.6
24.8.78	7.45		620	8.070	10.8
	11.15		830	8.065	11.3
	15.30		1085	8.061	11.7
	17.00		1175	8.059	11.9
	23.45		1580	8.055	12.3
25.8.78	8.40		2115	8.052	12.6
	14.00		2435	8.048	13.0
26.8.78	9.50		3625	8.042	13.6
	18.00		4115	8.039	13.9
	21.50		4845	8.038	14.0
27.8.78	10.15		5090	8.036	14.2

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_v \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
27.8.78	11.04		0	8.036	0
			15"	8.001	3.5
			30"	8.000	3.6
			1	7.999	3.7
			2	7.991	4.5
			4	7.984	5.2
			8	7.976	6.0
			15	7.969	6.7
			30	7.958	7.8
	12.04		60	7.942	9.4
	13.04		120	7.930	10.6
	15.04		240	7.915	12.1
	19.04		480	7.900	13.6
28.8.78	7.00		716	7.892	14.4
	12.50		1021	7.886	15.0
	14.20		1138	7.885	15.3
	20.15		1631	7.881	15.5
29.8.78	7.10		2286	7.881	15.5

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO
VERTICAL $\sigma_v = 3.00$ K/cm².

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N°: C1.M2.8 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 2 FECHA: 29.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		δ · 10 ⁻²
				micrometro	mm.	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	
<u>29.8.78</u>	<u>7.30</u>		<u>0</u>	<u>7.891</u>	<u>0</u>	
			<u>15"</u>	<u>7.850</u>	<u>3.1</u>	
			<u>30"</u>	<u>7.849</u>	<u>3.2</u>	
			<u>1</u>	<u>7.847</u>	<u>3.4</u>	
			<u>2</u>	<u>7.842</u>	<u>3.9</u>	
			<u>4</u>	<u>7.838</u>	<u>4.3</u>	
			<u>8</u>	<u>7.832</u>	<u>4.9</u>	
			<u>15</u>	<u>7.828</u>	<u>5.3</u>	
			<u>30</u>	<u>7.820</u>	<u>6.1</u>	
	<u>8.30</u>		<u>60</u>	<u>7.808</u>	<u>7.3</u>	
	<u>9.30</u>		<u>120</u>	<u>7.789</u>	<u>9.2</u>	
	<u>11.30</u>		<u>240</u>	<u>7.771</u>	<u>11.0</u>	
	<u>14.15</u>		<u>395</u>	<u>7.759</u>	<u>12.2</u>	
	<u>19.40</u>		<u>720</u>	<u>7.742</u>	<u>13.2</u>	
<u>30.8.78</u>	<u>7.55</u>		<u>1475</u>	<u>7.735</u>	<u>14.6</u>	
	<u>12.25</u>		<u>1745</u>	<u>7.731</u>	<u>15.0</u>	
	<u>14.50</u>		<u>1845</u>	<u>7.731</u>	<u>15.0</u>	
	<u>15.20</u>		<u>1940</u>	<u>7.729</u>	<u>15.2</u>	
	<u>23.15</u>		<u>2415</u>	<u>7.729</u>	<u>15.2</u>	
<u>31.8.78</u>	<u>1.20</u>		<u>2540</u>	<u>7.729</u>	<u>15.2</u>	
	<u>7.15</u>		<u>2895</u>	<u>7.729</u>	<u>15.2</u>	

INCREMENTO _____ kg/cm² TOTAL _____ kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		δ
				micrometro	mm.	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 3.00$ K/cm²

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORO
 ENSAYO N°: C4M3.15 SONDEO N°: PCA
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 30.9.78 OPERADOR: F.S.N. CALCULO: F.S.N.

INCREMENTO <u>0.10</u> kg/cm ² TOTAL <u>0.10</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	
				mm.	$\delta \times 10^{-2}$
	Hrs. min	°C	min.		
30.9.78	8.16		0	8.240	0
			15"	8.221	1.9
			30"	8.221	1.9
			1	8.220	2.0
			2	8.220	2.0
			4	8.220	2.0
			8	8.220	2.0
			15	8.219	2.1
			30	8.218	2.2
			60	8.216	2.5
			120	8.214	2.6
			240	8.210	3.0
			480	8.204	3.6
			540	8.202	3.8
			1387	8.192	4.8

EXPANSION INCREMENTO <u>0</u> kg/cm ² TOTAL <u>0.10</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	
				mm.	$\delta \times 10^{-2}$
	Hrs. min	°C	min.		
1.10.78	7.23		0	8.192	0
			2	8.192	0
			4	8.198	0.6
			8	8.203	1.1
			15	8.230	3.8
			20	8.252	6.0
			30	8.300	10.8
			80	8.450	25.8
			120	8.515	32.3
			240	8.712	52.0
2.10.78	7.25		1442	9.859	161.9
			1742	9.971	173.1
			18.00	2077	10.051
3.10.78	7.15		2872	10.142	190.2
			3172	10.153	191.3
			18.50	3447	10.165
4.10.78	8.35		3612	10.170	193.0
			4272	10.186	194.6
5.10.78	7.50		5622	10.902	196.2
6.10.78	7.49		7061	10.215	197.5
7.10.78	7.30		8520	10.228	198.8
8.10.78	7.20		9960	10.235	199.5
9.10.78	7.00		11380	10.243	200.3
10.10.78	6.45		12780	10.251	201.1
11.10.78	7.15		14250	10.263	201.3
12.10.78	7.50		15720	10.259	201.9
13.10.78	7.15		17120	10.265	202.5
14.10.78	7.15		18560	10.271	203.1
15.10.78	7.15		20000	10.278	203.8
16.10.78	7.35		21440	10.288	204.8
17.10.78	7.35		22880	10.288	204.8
18.10.78	7.12		24320	10.289	204.9

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL HASTA LLEGAR A UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.10$ K/cm². BAJO ESE ESFUERZO SE REALIZO LA SATURACION

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS COCO
 ENSAYO N°: C4M315 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 18.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO 0.40 kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta_v \cdot 10^2$
				mm.	mm.	
	Hrs Min	°C	min.			
18.10.78	7.19		0	10.289	0	
			15"	10.220	6.9	
			30"	10.212	7.7	
			1	10.201	8.8	
			2	10.192	9.7	
			4	10.182	10.7	
			8	10.173	11.6	
			15	10.168	12.1	
			30	10.160	12.9	
			60	10.151	13.8	
			120	10.147	14.2	
			240	10.139	15.0	
	8.19		480	10.127	16.2	
			780	10.121	16.8	
			1440	10.118	17.1	
			1640	10.112	17.7	
19.10.78	7.20		1700	10.111	17.8	
			2060	10.109	18.0	
			2185	10.109	18.0	
20.10.78	7.35		2895	10.108	18.1	

INCREMENTO 0.50 kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta_v \cdot 10^2$
				mm.	mm.	
	Hrs min.	°C	min			
20.10.78	7.41		0	10.108	0	
			15"	10.048	6.0	
			30"	10.035	7.3	
			1	10.020	8.8	
			2	10.003	10.5	
			4	9.985	12.3	
			8	9.960	14.8	
			15	9.939	16.9	
			34	9.910	19.8	
			60	9.891	21.7	
			120	9.871	23.7	
			240	9.859	24.9	
	8.41		470	9.841	26.7	
			15.25	9.810	29.8	
			7.35	9.802	30.6	
21.10.78	7.35		1790	9.798	31.0	
			2000	9.789	31.9	
22.10.78	9.12		2972			

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN
ESFUERZO VERTICAL DE 0.10 K/cm²

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS. CORO
 ENSAYO N°: 04.H3.15 SONDEO N°: PCA
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 22.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO <u>1.00</u> kg/cm ² TOTAL <u>2.00</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \times 10^2$
	Hrs min	°C	min.	mm	mm
22.10.78	9.26		0	9.789	0
			15"	9.708	8.1
			30"	9.695	9.4
			1	9.683	10.6
			2	9.670	11.9
			4	9.651	13.8
			8	9.628	16.1
			15	9.603	18.6
			30	9.570	21.9
			60	9.528	26.1
	10.26		120	9.492	29.7
	11.26		240	9.452	33.7
	13.26		480	9.410	37.9
23.10.78	7.35		1329	9.359	43.0
			1575	9.353	43.6
			2014	9.348	44.1
			2134	9.342	44.7
24.10.78	6.25		2699	9.338	45.1

INCREMENTO <u>1.00</u> kg/cm ² TOTAL <u>3.00</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \times 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm	mm.
24.10.78	6.30		0	9.338	0
			15"	9.298	4.0
			30"	9.290	4.8
			1	9.283	5.5
			2	9.278	6.0
			4	9.268	7.0
			8	9.258	8.0
			15	9.245	9.3
			30	9.230	10.8
			60	9.212	12.6
	7.30		120	9.185	15.3
	8.30		240	9.157	18.1
	10.30		510	9.115	18.8
	15.01		690	9.099	23.9
	18.00		820	9.083	25.5
25.10.78	7.45		1515	9.065	27.3
			1775	9.061	27.7
			1956	9.058	28.0
26.10.78	8.50		2900	9.050	28.8

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL DE 0.10 K/cm²

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORDO
 ENSAYO N°: C4.43.15 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 26.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp	Tiempo	Lectura	$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.		transcurrido	micrometro	
		°C	min	mm	mm
26.10.78	6.55		0	9.050	0
			15"	9.025	2.5
			30"	9.021	2.9
			1	9.019	3.1
			2	9.016	3.4
			4	9.011	3.9
			8	9.005	4.5
			15	8.998	5.2
			30	8.988	6.2
			60	8.975	7.5
			120	8.958	9.2
			240	8.938	11.2
			480	8.910	14.0
710	8.888	16.2			
805	8.882	16.8			
27.10.78	7.40		1485	8.871	17.9
	12.30		1775	8.869	18.1
	17.38		2083	8.861	18.9

INCREMENTO 2.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp	Tiempo	Lectura	$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.		transcurrido	micrometro	
		°C	min	mm	mm
27.10.78	17.43		0	8.861	0
			15"	8.801	6.0
			30"	8.797	6.4
			1	8.790	7.1
			2	8.779	8.2
			4	8.768	9.3
			8	8.750	11.1
			15	8.732	12.9
			30	8.710	15.1
			60	8.682	17.9
			120	8.646	21.5
			180	8.620	24.1
			28.10.78	7.25	
	9.45		962	8.550	31.1
	11.45		1082	8.546	31.5
	13.45		1202	8.540	32.1
	17.25		1422	8.532	32.9
29.10.78	9.10		2367	8.528	33.3

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL DE 0.10 K/cm²

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO Nº: CI. M2.11 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 1 FECHA: 7.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.25 ^{*} kg/cm² TOTAL 0.25 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hra	min.		min.	mm.	
7.9.78	9.45		0	6.148	0.	
			15"	6.075	7.3	
			30"	6.072	7.6	
			1	6.070	7.8	
			2	6.069	7.9	
			4	6.065	8.3	
			8	6.062	8.6	
			15	6.061	8.7	
			30	6.060	8.8	
			10.45	60	6.058	9.0
			11.51	126	6.057	9.1
			13.46	241	6.052	9.6
			20.00	616	6.051	9.7
8.9.78	8.10	1346	6.051	9.7		

INCREMENTO 0.25 ^{*} kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hra.	min.		min.	mm.	
8.9.78	8.35		0	6.051	0	
			15"	6.038	1.3	
			30"	6.035	1.6	
			1	6.032	1.9	
			2	6.032	1.9	
			4	6.032	1.9	
			8	6.030	2.1	
			15	6.030	2.1	
			30	6.028	2.3	
			9.35	60	6.025	2.6
			10.35	120	6.022	2.9
			11.35	180	6.022	2.9
			14.35	480	6.020	3.1
10.9.78	14.45	3370	6.018	3.3		
11.9.78	14.45	4810	6.012	3.9		

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS DRUMOS CORO

ENSAYO N° : C1.M2.11 SONDEO N°: P.C.A.

MUESTRA N° : 2 PROF: 2.00 m

DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N° : 1 FECHA: 11.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

EXPANSION

INCREMENTO: 0 kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta_s \cdot 10^{-2}$
				mm.	mm.	
11.9.78	14.56		0	6.012		0.
			4	6.015		0.3
			8	6.020		0.8
			15	6.028		1.6
			30	6.042		3.0
	15.56		60	6.042		5.0
	16.56		120	6.088		7.6
	18.56		240	6.115		10.3
	20.35		339	6.113		11.9
12.9.78	7.25		989	6.236		22.4
	12.00		1264	6.273		26.1
	18.00		1624	6.328		31.6
13.9.78	7.20		2484	6.428		41.6
	11.50		2754	6.452		44.0
	14.30		2914	6.470		45.8
	18.10		3134	6.491		47.9
14.9.78	7.50		3954	6.582		57.0
	18.30		4594	6.652		64.0
15.9.78	8.00		5404	6.729		71.7
	17.45		5989	6.775		76.3
16.9.78	9.35		6939	6.840		82.8
	16.30		7354	6.865		86.3
17.9.78	11.05		8464	6.920		90.8
18.9.78	8.30		9749	6.980		96.8
	18.55		10374	7.010		99.8
19.9.78	9.35		11254	7.040		102.8
	14.00		11523	7.049		103.7
	19.00		11823	7.060		104.8
20.9.78	9.00		12663	7.080		106.8
21.9.78	8.30		14073	7.119		110.7
	19.00		14703	7.130		111.8
22.9.78	8.30		15513	7.150		113.8
23.9.78	11.15		17118	7.188		117.8

EXPANSION

INCREMENTO _____ kg/cm² TOTAL _____ kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta_s \cdot 10^{-2}$
				mm.	mm.	
24.9.78	8.52		18415	7.217		120.5
25.9.78	8.33		19836	7.239		122.7
26.9.78	8.37		21286	7.258		124.6
27.9.78	8.00		22683	7.270		125.8
28.9.78	7.50		24113	7.283		127.1
29.9.78	7.50		25563	7.298		128.6
30.9.78	7.00		26943	7.310		129.8
1.10.78	7.20		28403	7.322		131.0
2.10.78	7.25		29848	7.331		131.9
3.10.78	7.15		31278	7.336		132.4
4.10.78	8.35		32798	7.340		132.8
5.10.78	7.50		34238	7.342		133.0

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO' BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.50$ kg/cm²

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO

ENSAYO Nº: CI. M2.11 SONDEO Nº: P.C.A.

MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.

DESCRIPCION:

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 1 FECHA: 5.10.78 OPERADOR: CALCULO:

INCREMENTO: 0.50 kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		S_{10}^{-1}
				micrometro	mm.	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	mm.
5.10.78	7.52		0	7.342	0	
			15"	7.319	2.3	
			30"	7.318	2.4	
			1	7.316	2.6	
			2	7.313	2.9	
			4	7.312	3.0	
			8	7.309	3.3	
			15	7.308	3.4	
			30	7.305	3.7	
	8.52		60	7.300	4.2	
	9.52		120	7.297	4.5	
	11.52		240	7.289	5.3	
	18.15		623	7.285	5.7	
	20.12		740	7.284	5.8	
6.10.78	7.48		1436	7.282	6.0	
	12.50		1738	7.280	6.2	
	18.46		2084	7.280	6.2	
7.10.78	7.30		2488	7.280	6.2	

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		S_{10}^{-2}
				micrometro	mm.	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	mm.
7.10.78	7.30		0	7.280	0	
			15"	7.200	8.0	
			30"	7.198	8.2	
			1	7.182	9.8	
			2	7.172	10.8	
			4	7.160	12.0	
			8	7.148	13.2	
			15	7.135	14.5	
			30	7.121	15.9	
	8.30		60	7.108	17.2	
	9.30		120	7.089	19.1	
	11.30		240	7.072	20.8	
	15.40		500	7.059	22.1	
8.10.78	7.23		1423	7.045	23.5	
	13.25		1785	7.042	23.8	
	17.30		2030	7.042	23.8	
9.10.78	6.45		2825	7.040	24.0	

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.50$ K/cm²

OBRA: TESIS

FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS.CORO

DIVISION DEL DOCTORADO

ENSAYO N° : C.I.M2.11 SONDEO N° : P.C.A.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

MUESTRA N° : 2 PROF : 2.00 m.

DESCRIPCION : _____

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N° : 1 FECHA : 9.10.78 OPERADOR : _____ CALCULO : _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$S_{\times 10^{-2}}$
				mm.	mm.	
	Hrs min.	°C	min.	mm.	mm.	mm.
9.10.78	6.47		0	7.040	0	
			15"	6.981	5.9	
			30"	6.972	6.8	
			1	6.967	7.3	
			2	6.958	8.2	
			4	6.948	9.2	
			8	6.932	10.8	
			16	6.919	12.1	
			30	6.902	13.8	
	7.47		60	6.884	15.6	
	8.47		120	6.863	17.7	
	10.47		240	6.848	19.2	
	14.47		480	6.822	21.8	
	17.05		618	6.815	22.5	
10.10.78	6.45		1438	6.800	24.0	
	12.45		1798	6.793	24.7	
	14.50		1923	6.792	24.8	
	16.50		2043	6.792	24.8	

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$S_{\times 10^{-2}}$
				mm.	mm.	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	mm.
10.10.78	16.50		0	6.792	0	
			15"	6.748	4.4	
			30"	6.742	5.0	
			1	6.738	5.4	
			2	6.731	6.1	
			4	6.722	7.0	
			8	6.712	8.0	
			15	6.701	9.1	
			30	6.688	10.4	
	17.53		63	6.670	12.2	
	20.15		207	6.640	15.2	
	20.50		240	6.635	15.8	
11.10.78	7.15		865	6.608	18.4	
	9.17		987	6.605	18.7	
	11.35		1125	6.602	19.0	
	15.17		1347	6.597	19.5	
	19.10		1580	6.595	19.7	
	20.05		1635	6.594	19.8	
12.10.78	7.45		2335	6.589	20.3	

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.50$ K/cm²

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS BRUNOS CORO

ENSAYO Nº: CI. M2.11 SONDEO Nº: P.C.A.

MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 1 FECHA: 12.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	$\Delta e \cdot 10^2$	
				Lectura micrometro	$\Delta e \cdot 10^2$
	Hrs min.	°C	min.	mm.	mm.
12.10.78	7.47		0	6.589	0
			15"	6.560	2.9
			30"	6.555	3.4
			1	6.553	3.6
			2	6.550	3.9
			4	6.545	4.4
			8	6.539	5.0
			15	6.532	5.7
			30	6.522	6.7
	8.47		60	6.510	7.9
	9.47		120	6.498	9.1
	11.47		240	6.479	11.0
	15.47		480	6.462	12.7
13.10.78	7.15		1408	6.444	14.5
	8.18		1466	6.444	14.5
	9.18		1526	6.444	14.5
	11.18		1646	6.443	14.6
	16.18		1886	6.439	15.0
	18.00		1986	6.439	15.0
	20.00		2106	6.439	15.0
14.10.78	7.15		2781	6.438	15.1

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	$\Delta e \cdot 10^2$	
				Lectura micrometro	$\Delta e \cdot 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
14.10.78	7.19		0	6.438	0
			15"	6.415	2.3
			30"	6.412	2.6
			1	6.411	2.7
			2	6.409	2.9
			4	6.406	3.2
			8	6.401	3.7
			15	6.398	4.0
			30	6.392	4.6
	8.19		60	6.382	5.6
	9.29		130	6.371	6.7
	11.29		255	6.355	8.3
	15.39		500	6.340	9.8
	17.15		596	6.339	9.9
15.10.78	7.15		1436	6.324	11.4
	12.35		1756	6.322	11.6
	15.35		1936	6.320	11.8
16.10.78	7.35		2896	6.318	12.0

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 0.50$ K/cm²

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORD.

ENSAYO Nº: 01.M2.11 SONDEO Nº: P.C.A.

MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 1 FECHA: 16.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 2.00 kg/cm² TOTAL 8.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		$\delta \cdot 10^{-2}$
				micrometro		
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	
16.10.78	7.42		0	6.318	0.	
			15"	6.250	6.8	
	30"		6.243	7.5		
	1		6.235	8.3		
	2		6.228	9.0		
	4		6.218	10.0		
	8		6.207	11.1		
	15		6.196	12.2		
	30		6.181	13.7		
	8.42		6.165	15.3		
	9.42		6.146	17.2		
	11.42		6.122	19.6		
15.42	6.094	22.4				
18.42	6.083	23.5				
17.10.78	7.28	14.26	6.070	24.8		
	11.40	16.78	6.068	25.0		
	15.30	19.08	6.062	25.6		
	18.30	20.88	6.061	25.7		
18.10.78	7.15	28.53	6.059	25.9		

INCREMENTO _____ kg/cm² TOTAL _____ kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		δ
				micrometro		
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_V = 0.50$ K/cm²

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO.
 ENSAYO N°: C2.M2.12 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 2 FECHA: 7.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.25 kg/cm² TOTAL 0.25 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta \epsilon \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
7.9.78	9.47		0	6.770	0
			15"	6.771	5.9
			30"	6.709	6.1
			1	6.702	6.3
			2	6.699	7.1
			4	6.691	7.9
			8	6.685	8.5
			15	6.680	9.0
			30	6.671	9.9
	10.47		60	6.665	10.5
	11.52		125	6.659	11.1
	13.47		240	6.652	11.8
	16.47		480	6.649	12.1
	20.00		673	6.646	12.4
8.9.78	8.10		1403	6.642	12.8

INCREMENTO 0.25 kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta \epsilon \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
8.9.78	8.37		0	6.642	0
			15"	6.628	1.4
			30"	6.625	1.7
			1	6.622	2.0
			2	6.621	2.1
			4	6.619	2.3
			8	6.618	2.4
			15	6.615	2.7
			30	6.612	3.0
	9.37		60	6.605	3.7
	11.37		180	6.603	3.9
	12.37		240	6.601	4.1
	14.37		480	6.599	4.3
10.9.78	14.45		3370	6.581	6.1
11.9.78	14.45		4810	6.571	7.1

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL.

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO

ENSAYO Nº: C2.M2.12 SONDEO Nº: P.C.A.

MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 2 FECHA: 11.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: <u>0.50</u> kg/cm ² TOTAL <u>1.00</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta, 10^{-2}$
	Hrs min.	°C	min.	mm.	mm.
11.9.78	14.58		0	6.571	0
			15"	6.545	2.6
			30"	6.542	2.9
			1	6.541	3.0
			2	6.540	3.1
			4	6.538	3.3
			8	6.535	3.6
			15	6.532	3.9
			30	6.530	4.1
	15.58		60	6.526	4.5
	16.58		120	6.521	5.0
	18.58		240	6.518	5.3
	20.35		337	6.515	5.6
12.9.78	7.25		987	6.507	6.4
12.9.78	12.00		1262	6.501	7.0
	18.00		1622	6.495	7.6
13.9.78	7.20		2482	6.489	8.2

EXPANSION					
INCREMENTO <u>0</u> kg/cm ² TOTAL <u>1.00</u> kg/cm ²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\Delta, 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
13.9.78	7.25		0	6.489	0
			2	6.493	0.4
			4	6.501	1.2
			8	6.516	2.7
			15	6.532	4.3
			30	6.568	7.9
	8.25		60	6.591	10.2
	9.25		120	6.628	13.9
	11.25		240	6.671	18.2
	14.30		405	6.711	22.2
	18.10		625	6.761	27.2
14.9.78	7.50		1445	6.950	46.1
	18.50		1985	7.070	58.1
15.9.78	8.00		2775	7.180	69.1
	17.45		3360	7.248	75.9
16.9.78	9.35		4310	7.310	82.1
	16.30		4725	7.328	83.9
17.9.78	11.05		5840	7.378	88.9
18.9.78	8.30		7125	7.420	93.1
	18.55		7750	7.432	94.3
19.9.78	9.35		8630	7.453	96.4
	14.00		8895	7.457	96.8
	19.00		9195	7.460	97.1
20.9.78	9.00		10035	7.471	98.2
21.9.78	8.30		11445	7.485	99.6
	19.00		12075	7.489	100.0
22.9.78	8.30		12885	7.498	100.9
23.9.78	11.15		14490	7.505	101.6
24.9.78	8.52		15797	7.512	102.3
25.9.78	8.33		17218	7.518	102.9
26.9.78	8.37		18662	7.522	103.3

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL HASTA LLEGAR A UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 1.00$ K/cm² BAJO ESTE ESFUERZO SE REALIZO LA SATURACION

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS. COCO

ENSAYO Nº : C2.M2.12 SONDEO Nº : P.C.A.

MUESTRA Nº : 2 PROF : 2.00 m.

DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº : 2 FECHA : 26.9.78 OPERADOR : _____ CALCULO : _____

INCREMENTO: <u>1.00</u> kg/cm² TOTAL <u>2.00</u> kg/cm²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$S_v \cdot 10^{-2}$
	Hrs. Min.	°C	min.	mm.	mm.
26.9.78	8.57		0	7.522	0.
			15"	7.472	5.0
			30"	7.468	5.4
			1	7.466	5.7
			2	7.461	6.1
			4	7.455	6.7
			8	7.449	7.3
			15	7.445	7.7
			30	7.440	8.2
	9.57		60	7.435	8.7
	10.57		120	7.428	9.4
	12.57		240	7.419	10.3
	16.30		453	7.412	11.0
	18.45		588	7.410	11.2
27.9.78	8.00		1383	7.404	11.8
	18.00		1983	7.398	12.4
28.9.78	7.50		2813	7.398	12.4

INCREMENTO <u>1.00</u> kg/cm² TOTAL <u>3.00</u> kg/cm²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$S_v \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
28.9.78	8.09		0	7.398	0
			15"	7.346	5.2
			30"	7.340	5.8
			1	7.332	6.6
			2	7.325	7.3
			4	7.317	8.3
			10	7.304	9.4
			15	7.298	10.0
			30	7.285	11.3
	9.09		60	7.272	12.6
	10.20		131	7.254	14.4
	12.09		240	7.242	15.6
	14.09		360	7.234	16.4
	16.40		511	7.229	16.9
	19.11		662	7.225	17.3
29.9.78	7.50		1421	7.218	18.0
	18.00		2031	7.212	18.6
30.9.78	6.55		2806	7.211	18.7

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 1.00$ kg/cm².

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO Nº: C2.H2.12 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 2 FECHA: 30.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp. °C	Tiempo transcurrido min.	Lectura micrometro		$\Delta \cdot 10^3$ mm.	
	Hrs. min.			mm.	mm.		
30.9.78	7.00		0	7.211	0		
			15"	7.173	3.8		
			30"	7.169	4.2		
			1	7.162	4.9		
			2	7.155	5.6		
			4	7.149	6.2		
			8	7.140	7.1		
			15	7.131	8.0		
			30	7.120	9.1		
		8.00		60	7.106	10.5	
		9.00		120	7.092	11.9	
		11.00		240	7.075	13.6	
		15.00		480	7.059	15.2	
		17.00		600	7.054	15.7	
	1.10.78	7.15		1455	7.043	16.8	
	2.10.78	7.25		2405	7.038	17.3	

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp. °C	Tiempo transcurrido min.	Lectura micrometro		$\Delta \cdot 10^3$ mm.	
	Hrs. min.			mm.	mm.		
2.10.78	7.31		0	7.038	0		
			15"	7.011	2.7		
			30"	7.008	3.0		
			1	7.003	3.5		
			2	7.000	3.8		
			4	6.995	4.3		
			8	6.988	5.0		
			15	6.981	5.7		
			30	6.980	5.8		
		8.31		60	6.956	8.2	
		9.31		120	6.939	9.9	
		11.31		240	6.922	11.6	
		13.31		480	6.911	12.7	
		18.00		749	6.898	14.0	
		20.00		869	6.892	14.6	
	3.10.78	7.15		1424	6.882	15.6	
		12.15		1724	6.877	16.1	
	18.50		2059	6.871	16.7		
	21.35		2224	6.870	16.8		
4.10.78	8.35		2944	6.868	17.0		

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 1.00$ K/cm².

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO.
 ENSAYO Nº: CZ.M2.12 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 2 FECHA: 4.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$S_s \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
4.10.78	8.43		0	6.868	0
			15"	6.845	2.3
			30"	6.842	2.6
			1	6.841	2.7
			2	6.839	2.9
			4	6.835	3.3
			8	6.831	3.7
			15	6.828	4.0
			30	6.819	4.9
	9.43		60	6.810	5.8
	10.43		120	6.795	7.3
	12.43		240	6.779	8.9
	14.05		322	6.770	9.8
	18.22		579	6.751	11.7
	21.27		764	6.747	12.1
5.10.78	7.49		1386	6.740	12.8
	12.52		1689	6.738	13.0
	18.15		2012	6.732	13.6
6.10.78	7.45		2822	6.730	13.8

INCREMENTO 2.00 kg/cm² TOTAL 8.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$S_s \cdot 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
6.10.78	7.46		0	6.730	0
			15"	6.675	5.5
			30"	6.665	6.5
			1	6.658	7.2
			2	6.648	8.2
			4	6.635	9.5
			8	6.622	10.8
			17	6.602	12.8
			30	6.588	14.2
	8.46		60	6.563	16.7
	9.46		120	6.537	19.8
	11.46		240	6.508	22.2
	16.46		540	6.480	25.0
	18.46		660	6.473	25.7
7.10.78	7.30		1424	6.462	26.8
	12.30		1724	6.459	27.1
8.10.78	7.23		2857	6.452	27.8

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 1.00 \text{ K/cm}^2$

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORD.
 ENSAYO N°: C3. M3.16 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 3 FECHA: 8.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: <u>0.25</u> kg/cm ² TOTAL <u>0.25</u> kg/cm ²						
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	S_{10}^2	
---	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	
8.10.78	9.55		0	1.882	0	
			15"	1.825	5.7	
			30"	1.822	6.0	
			1	1.821	6.1	
			2	1.820	6.2	
			4	1.820	6.2	
			8	1.819	6.3	
			15	1.818	6.4	
			30	1.817	6.5	
			10.55	60	1.815	6.7
			11.55	120	1.811	7.1
			14.10	255	1.809	7.3
			17.25	450	1.808	7.4
			9.10.78	6.50		1254

INCREMENTO <u>0.25</u> kg/cm ² TOTAL <u>0.50</u> kg/cm ²								
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	S_{10}^2			
---	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.			
9.10.78	6.50		0	1.802	0			
			15"	1.789	1.3			
			30"	1.788	1.4			
			1	1.787	1.5			
			2	1.786	1.6			
			4	1.785	1.7			
			8	1.785	1.7			
			15	1.783	1.9			
			30	1.782	2.0			
			7.50	60	1.781	2.1		
			8.50	120	1.780	2.2		
			10.50	240	1.778	2.4		
			480	1.772	3.0			
			617	1.771	3.1			
			10.10.78	6.46		1436	1.762	4.0

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS, CORO.

ENSAYO N°: C3.M3.16 SONDEO N°: P.C.A.

MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION*

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 3 FECHA: 10.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.50 * kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		$\sigma_v \cdot 10^{-2}$	
				micrometro			
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.		
10.10.78	6.50		0	1.762	0		
			15"	1.748	1.4		
			30"	1.746	1.6		
			1	1.745	1.7		
			2	1.742	2.0		
			4	1.741	2.1		
			8	1.740	2.2		
			15	1.739	2.3		
			30	1.735	2.7		
			7.50	60	1.733	2.9	
			8.50	120	1.730	3.2	
			10.50	240	1.726	3.6	
			14.50	480	1.720	4.2	
			18.50	600	1.712	5.0	
11.10.78	7.15		1345	1.700	6.2		

INCREMENTO 1.00 * kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		$\sigma_v \cdot 10^{-2}$	
				micrometro			
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.		
11.10.78	7.17		0	1.700	0		
			15"	1.671	2.9		
			30"	1.670	3.0		
			1	1.670	3.0		
			2	1.669	3.1		
			4	1.668	3.2		
			8	1.665	3.5		
			15	1.662	3.8		
			30	1.661	3.9		
			8.17	60	1.659	4.1	
			9.17	120	1.656	4.4	
			11.35	248	1.652	4.8	
			15.17	480	1.645	5.5	
			19.10	713	1.641	5.9	
20.05	768	1.640	6.0				
12.10.78	7.50		1428	1.630	7.0		

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL.

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO.

ENSAYO N° C3.M3.16 SONDEO N° P.C.4.

MUESTRA N° 3 PROF: 2.00 m.

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N° 3 FECHA: 12.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo	Lectura	$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs min.		transcurrido	micrometro	
12.10.78	7.50		0	1.630	0
			15"	1.611	1.9
			30"	1.609	2.1
			1	1.608	2.2
			2	1.608	2.2
			4	1.607	2.3
			8	1.606	2.4
			15	1.605	2.5
			30	1.604	2.6
	8.50		60	1.602	2.8
	9.50		120	1.600	3.0
	11.50		240	1.598	3.2
	15.50		480	1.590	4.0
13.10.78	7.10		1400	1.579	5.1

EXPANSION
INCREMENTO 0 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo	Lectura	$\Delta \cdot 10^{-2}$
	Hrs min.		transcurrido	micrometro	
13.10.78	7.18		0	1.579	0
			2	1.580	0.1
			4	1.581	0.2
			8	1.582	0.3
			15	1.585	0.6
			30	1.590	1.1
	8.18		60	1.601	2.2
	9.18		120	1.629	5.0
	11.18		240	1.659	8.0
	16.18		540	1.738	15.9
	18.00		644	1.760	18.1
	20.00		764	1.790	21.1
14.10.78	7.15		1433	1.920	34.1
	11.35		1699	1.958	37.9
	15.35		1939	1.992	41.3
	17.15		2039	2.008	42.9
15.10.78	7.15		2839	2.100	52.1
	12.35		3159	2.124	54.5
	15.35		3339	2.135	55.6
16.10.78	7.35		4299	2.190	61.1
17.10.78	7.35		5739	2.238	65.9
	15.30		6214	2.245	66.6
18.10.78	7.12		7156	2.261	68.2
19.10.78	7.20		8604	2.273	69.4
	15.15		9084	2.275	69.6
20.10.78	7.35		10509	2.282	70.3
21.10.78	7.35		11949	2.288	70.9
22.10.78	9.13		13487	2.290	71.1

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL HASTA LLEGAR A UN ESFUERZO VERTICAL $\sigma_v = 3.00$ K/cm². BAJO ESE ESFUERZO SE REALIZO LA SATURACION

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUÑOS. CORO.

ENSAYO Nº CB.H3.16 SONDEO Nº: P.C.4.

MUESTRA Nº 3 PROF: 2.00 m.

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 3 FECHA: 22.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura	$\Delta \cdot 10^2$
	Hrs. min.			micrometro	
22.10.78	9.27		0	2.290	0
			15"	2.262	2.8
			30"	2.261	2.9
			1	2.260	3.0
			2	2.259	3.1
			4	2.258	3.2
			8	2.255	3.5
			15	2.252	3.8
			30	2.260	4.0
	10.27		60	2.243	4.7
	11.27		120	2.240	5.0
	13.27		240	2.232	5.8
	14.27		480	2.225	6.5
23.10.78	7.35		1328	2.221	6.9
	11.41		1574	2.219	7.1
	19.00		2003	2.215	7.5
	21.00		2123	2.215	7.5
24.10.78	6.25		2688	2.215	7.5

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 5.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura	$\Delta \cdot 10^2$
	Hrs. min.			micrometro	
24.10.78	6.31		0	2.215	0
			15"	2.191	2.4
			30"	2.190	2.5
			1	2.188	2.7
			2	2.183	3.2
			4	2.181	3.4
			8	2.178	3.7
			15	2.172	4.3
			30	2.168	4.7
	7.31		60	2.161	5.4
	8.31		120	2.152	6.3
	10.31		240	2.145	7.0
	15.00		509	2.135	8.0
	18.00		689	2.131	8.4
	20.10		819	2.130	8.5
25.10.78	7.45		1049	2.125	9.0
	12.05		1309	2.122	9.3
	15.05		1489	2.120	9.5
26.10.78	6.50		2434	2.120	9.5

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_V = 3.00 \text{ K/cm}^2$

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS. CORO
 ENSAYO N°: CB.MB.16 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 3 FECHA: 26.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta \cdot 10^{-2}$
				min.	mm.	
26.10.78	6.56		0	2.120	0	
			15"	2.098	2.2	
	30"		2.092	2.8		
	1		2.091	2.9		
	2		2.090	3.0		
	4		2.087	3.3		
	8		2.082	3.8		
	15		2.078	4.2		
	30		2.070	5.0		
	7.56		60	2.062	5.8	
	8.56		120	2.052	6.8	
	10.56		240	2.042	7.8	
	14.56		480	2.031	8.9	
	18.44		708	2.022	9.8	
20.20	804	2.021	9.9			
27.10.78	7.40	1484	2.018	10.2		
	12.30	1774	2.014	10.6		
	17.38	2082	2.012	10.8		

INCREMENTO 2.00 kg/cm² TOTAL 8.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\delta \cdot 10^{-2}$
				min.	mm.	
27.10.78	17.44		0	2.012	0	
			15"	1.948	6.4	
	30"		1.940	7.2		
	1		1.932	8.0		
	2		1.920	9.2		
	4		1.908	10.4		
	8		1.896	11.6		
	15		1.881	13.1		
	30		1.868	14.4		
	18.44		60	1.854	15.8	
	19.44		120	1.842	17.0	
28.10.78	20.44	180	1.834	17.8		
	7.25	822	1.812	20.0		
	9.45	962	1.811	20.1		
	11.45	1082	1.809	20.3		
	13.45	1202	1.808	20.4		
29.10.78	17.25	1422	1.804	20.8		
	9.10	2367	1.801	21.1		

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 3.00$ K/cm².

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO N°: C4.43.14 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 20.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.25 kg/cm² TOTAL 0.25 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \times 10^{-2}$
_____	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
20.9.78	9.12		0	7.892	0
			15"	7.875	1.7
			30"	7.872	2.0
			1	7.870	2.2
			2	7.865	2.7
			4	7.862	3.0
			8	7.859	3.3
			15	7.751	14.1
			30	7.749	14.3
	10.12		60	7.741	15.1
	11.12		120	7.724	16.8
	13.12		240	7.730	16.2
21.9.78	8.30		1398	7.720	17.2

INCREMENTO 0.25 kg/cm² TOTAL 0.60 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \times 10^{-2}$
_____	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
21.9.78	8.34		0	7.720	0
			15"	7.689	3.1
			30"	7.685	3.5
			1	7.682	3.8
			2	7.681	3.9
			4	7.680	4.0
			8	7.679	4.1
			15	7.675	4.5
			30	7.674	4.6
	9.34		60	7.672	4.8
	10.34		120	7.670	5.0
	12.34		240	7.668	5.2
	16.34		480	7.662	5.8
	19.00		626	7.662	5.8
22.9.78	8.30		1436	7.652	6.8

OBSERVACIONES: BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL.

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS. CORO
 ENSAYO N°: C4.M3.14 SONDEO N°: P.C.A.
 MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 22.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.50* kg/cm² TOTAL 1.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		$\delta_s \cdot 10^{-2}$
				micrometro	mm.	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	
22.9.78	8.38		0	7.652	0	
			15"	7.618	3.4	
			30"	7.615	3.7	
			1	7.612	4.0	
			2	7.611	4.1	
			4	7.610	4.2	
			8	7.609	4.3	
			15	7.608	4.4	
			30	7.605	4.7	
	9.38		60	7.603	4.9	
	10.38		120	7.601	5.1	
	13.35		297	7.597	5.5	
	15.15		397	7.594	5.8	
23.9.78	9.58		1520	7.585	6.7	

INCREMENTO 1.00* kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		$\delta_s \cdot 10^{-2}$
				micrometro	mm.	
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.	
23.9.78	9.58		0	7.585	0	
			15"	7.550	3.5	
			30"	7.549	3.6	
			1	7.548	3.7	
			2	7.547	3.8	
			4	7.545	4.0	
			8	7.542	4.3	
			15	7.542	4.3	
			30	7.540	4.5	
	10.58		60	7.539	4.6	
	11.58		120	7.538	4.7	
	12.58		180	7.535	5.00	
24.9.78	8.58		1200	7.528	5.7	

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS
LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUNOS, CORO
ENSAYO N°: C4.M3.14 SONDEO N°: P.C.A.
MUESTRA N°: 3 PROF: 2.00 m.
DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DEL DOCTORADO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION[^]
(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 24.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
24.9.78	8.57		0	7.526	0
			15"	7.508	2.0
			30"	7.507	2.1
			1	7.507	2.1
			2	7.506	2.2
			4	7.505	2.3
			8	7.504	2.4
			15	7.503	2.5
			30	7.502	2.6
	9.57		60	7.501	2.7
	10.57		120	7.500	2.8
	12.57		240	7.499	2.9
	14.27		330	7.498	3.0
25.9.78	8.30		1413	7.490	3.8

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 4.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta \cdot 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
25.9.78	8.30		0	7.490	0
			15"	7.475	1.5
			30"	7.472	1.8
			1	7.472	1.8
			2	7.472	1.8
			4	7.471	1.9
			8	7.471	1.9
			15	7.470	2.0
			30	7.465	2.5
	9.30		60	7.464	2.6
	10.30		120	7.463	2.7
	12.30		240	7.459	3.1
	16.30		480	7.455	3.5
	17.30		540	7.454	3.6
	19.15		645	7.453	3.7
26.9.78	8.35		1445	7.443	4.7

OBSERVACIONES: BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZO VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORD

ENSAYO Nº C4.M3.14 SONDEO Nº: P.C.A.

MUESTRA Nº 3 PROF: 2.00 m.

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION*

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 4 FECHA: 26.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: <u>1.00</u> kg/cm² TOTAL <u>5.00</u> kg/cm²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_v \cdot 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
26.9.78	8.55		0	7.443	0
			15"	7.427	1.6
			30"	7.427	1.6
			1	7.427	1.6
			2	7.427	1.6
			4	7.426	1.7
			8	7.426	1.7
			15	7.426	1.7
			30	7.425	1.8
	9.55		60	7.424	1.9
	10.55		120	7.422	2.1
	12.55		240	7.417	2.6
	16.30		480	7.414	2.9
	18.40		610	7.413	3.0
27.9.78	8.00		1410	7.403	4.00

INCREMENTO <u>1.00</u> kg/cm² TOTAL <u>6.00</u> kg/cm²					
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta_v \cdot 10^2$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
27.9.78	8.02		0	7.403	0
			15"	7.390	1.3
			30"	7.390	1.3
			1	7.390	1.3
			2	7.389	1.4
			4	7.388	1.5
			8	7.387	1.6
			15	7.386	1.7
			30	7.386	1.7
	9.02		60	7.386	1.7
	10.02		120	7.384	1.9
	12.02		240	7.381	2.2
	16.02		480	7.376	2.7
	18.00		598	7.375	2.8
28.9.78	7.50		1428	7.367	3.6

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS
LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUJOS. CORO
ENSAYO N°: C4.H3.14 SONDEO N°: P.C.A.
MUESTRA N°: 3 PROF.: 2.00 m.
DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DEL DOCTORADO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION*
(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 4 FECHA: 28.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 2.00 kg/cm² TOTAL 8.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		$\delta_{10^{-2}}$
	Hrs. min.			micrometro	mm.	
<u>28.9.78</u>	<u>8.11</u>		0	<u>7.367</u>	<u>0</u>	
			<u>15"</u>	<u>7.337</u>	<u>3.0</u>	
			<u>30"</u>	<u>7.336</u>	<u>3.1</u>	
			<u>1</u>	<u>7.336</u>	<u>3.1</u>	
			<u>2</u>	<u>7.335</u>	<u>3.2</u>	
			<u>4</u>	<u>7.335</u>	<u>3.2</u>	
			<u>8</u>	<u>7.334</u>	<u>3.3</u>	
			<u>15</u>	<u>7.334</u>	<u>3.3</u>	
			<u>30</u>	<u>7.334</u>	<u>3.3</u>	
	<u>9.11</u>		<u>60</u>	<u>7.333</u>	<u>3.4</u>	
	<u>10.11</u>		<u>120</u>	<u>7.329</u>	<u>3.8</u>	
	<u>12.11</u>		<u>240</u>	<u>7.327</u>	<u>4.0</u>	
	<u>14.11</u>		<u>360</u>	<u>7.325</u>	<u>4.2</u>	
	<u>16.40</u>		<u>509</u>	<u>7.324</u>	<u>4.3</u>	
	<u>19.11</u>		<u>660</u>	<u>7.323</u>	<u>4.4</u>	
<u>29.9.78</u>	<u>7.50</u>		<u>1419</u>	<u>7.316</u>	<u>5.1</u>	

INCREMENTO _____ kg/cm² TOTAL _____ kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura		δ
	Hrs. min.			micrometro	mm.	

OBSERVACIONES: * BAJO ESTE INCREMENTO DE ESFUERZO VERTICAL EL MATERIAL SE COMPRIMIO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS

LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, CORO

ENSAYO N°: C3M2/3 SONDEO N°: P.C.A.

MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m

DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION*

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 3 FECHA: 8.9.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

INCREMENTO: 0.25 kg/cm² TOTAL 0.25 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta, 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
<u>8.9.78</u>	<u>9.05</u>		<u>0</u>	<u>4.411</u>	<u>0</u>
			<u>15"</u>	<u>4.321</u>	<u>9.0</u>
			<u>30"</u>	<u>4.320</u>	<u>9.1</u>
			<u>1</u>	<u>4.319</u>	<u>9.2</u>
			<u>2</u>	<u>4.319</u>	<u>9.2</u>
			<u>4</u>	<u>4.318</u>	<u>9.3</u>
			<u>8</u>	<u>4.317</u>	<u>9.4</u>
			<u>15</u>	<u>4.315</u>	<u>9.6</u>
			<u>30</u>	<u>4.312</u>	<u>9.9</u>
	<u>10.05</u>		<u>60</u>	<u>4.312</u>	<u>9.9</u>
	<u>11.05</u>		<u>120</u>	<u>4.309</u>	<u>10.2</u>
	<u>13.05</u>		<u>240</u>	<u>4.309</u>	<u>10.2</u>
	<u>16.30</u>		<u>445</u>	<u>4.309</u>	<u>10.2</u>
<u>10.9.78</u>	<u>14.45</u>		<u>1780</u>	<u>4.312</u>	<u>9.9</u>
<u>11.9.78</u>	<u>14.45</u>		<u>3220</u>	<u>4.311</u>	<u>10.0</u>

INCREMENTO: 0.25 kg/cm² TOTAL 0.50 kg/cm²

Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro	$\delta, 10^{-2}$
	Hrs. min.	°C	min.	mm.	mm.
<u>11.9.78</u>	<u>15.03</u>		<u>0</u>	<u>4.311</u>	<u>0</u>
			<u>15"</u>	<u>4.300</u>	<u>1.1</u>
			<u>30"</u>	<u>4.300</u>	<u>1.1</u>
			<u>1</u>	<u>4.300</u>	<u>1.1</u>
			<u>2</u>	<u>4.300</u>	<u>1.1</u>
			<u>4</u>	<u>4.299</u>	<u>1.2</u>
			<u>8</u>	<u>4.299</u>	<u>1.2</u>
			<u>15</u>	<u>4.298</u>	<u>1.3</u>
			<u>30</u>	<u>4.298</u>	<u>1.3</u>
	<u>16.03</u>		<u>60</u>	<u>4.297</u>	<u>1.4</u>
	<u>17.03</u>		<u>120</u>	<u>4.297</u>	<u>1.4</u>
	<u>19.03</u>		<u>240</u>	<u>4.297</u>	<u>1.4</u>
	<u>20.35</u>		<u>332</u>	<u>4.296</u>	<u>1.5</u>
<u>12.9.78</u>	<u>7.25</u>		<u>982</u>	<u>4.294</u>	<u>1.7</u>
<u>12.9.78</u>	<u>18.00</u>		<u>1617</u>	<u>4.289</u>	<u>2.2</u>
<u>13.9.78</u>	<u>7.27</u>		<u>2304</u>	<u>4.289</u>	<u>2.2</u>

OBSERVACIONES: * BAJO ESTOS INCREMENTOS DE ESFUERZOS VERTICALES EL MATERIAL SE COMPRIMO EN ESTADO DE HUMEDAD NATURAL

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS, COBO
 ENSAYO N°: C3.M2.13 SONDEO N°: P.C.4.
 MUESTRA N°: 2 PROF: 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO N°: 3 FECHA: 14.8.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

EXPANSION

INCREMENTO: 0 kg/cm² TOTAL 2.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Temp. °C	Lectura micrometro		$\delta_v \cdot 10^2$
	Hra.	min.		min.	mm.	
14.8.78	18.42			0	4.210	0
				8	4.212	0.2
				15	4.218	0.8
				30	4.225	1.5
	19.42			60	4.235	2.5
	20.42			120	4.251	4.1
15.8.78	8.00			798	4.412	20.2
	17.50			1388	4.539	32.9
16.9.78	9.35			2333	4.691	48.1
	16.30			2748	4.732	52.2
17.9.78	11.05			3863	4.821	61.1
18.9.78	8.30			5148	4.841	63.1
	18.55			5773	4.902	69.2
19.9.78	9.35			6653	4.903	72.0
	14.00			6918	4.933	72.3
	19.00			7218	4.940	73.0
20.9.78	9.00			8058	4.951	74.1
21.9.78	8.30			9468	4.971	76.1
	19.00			10098	4.979	76.8
22.9.78	8.30			10980	4.988	77.8
23.9.78	11.15			12513	4.998	78.0
24.9.78	8.52			13810	5.005	79.5
25.9.78	8.33			15231	5.009	79.9
26.9.78	8.37			16678	5.012	80.2
27.9.78	8.00			18081	5.012	80.2

INCREMENTO 1.00 kg/cm² TOTAL 3.00 kg/cm²

Fecha	Tiempo		Temp. °C	Lectura micrometro		$\delta_v \cdot 10^2$
	Hra.	min.		min.	mm.	
27.9.78	8.04			0	5.012	0
				15"	4.972	4.0
				30"	4.970	4.2
				1	4.968	4.4
				2	4.964	4.8
				4	4.960	5.2
				8	4.955	5.7
				15	4.950	6.2
				30	4.943	6.9
	9.04			60	4.938	7.4
	10.04			120	4.928	8.4
	12.04			240	4.919	9.3
	16.04			480	4.910	10.2
	18.00			596	4.908	10.4
28.9.78	7.50			1426	4.902	11.0
	19.06			2102	4.899	11.3
29.9.78	7.50			2866	4.898	11.4

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 2.00$ K/cm².

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS CORO
 ENSAYO Nº: C3.M2.13 SONDEO Nº: P.C.A.
 MUESTRA Nº: 2 PROF: 2.00
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (REGISTRO DE CARGA)

CONSOLIDOMETRO Nº: 3 FECHA: 3.10.78 OPERADOR: _____ CALCULO: _____

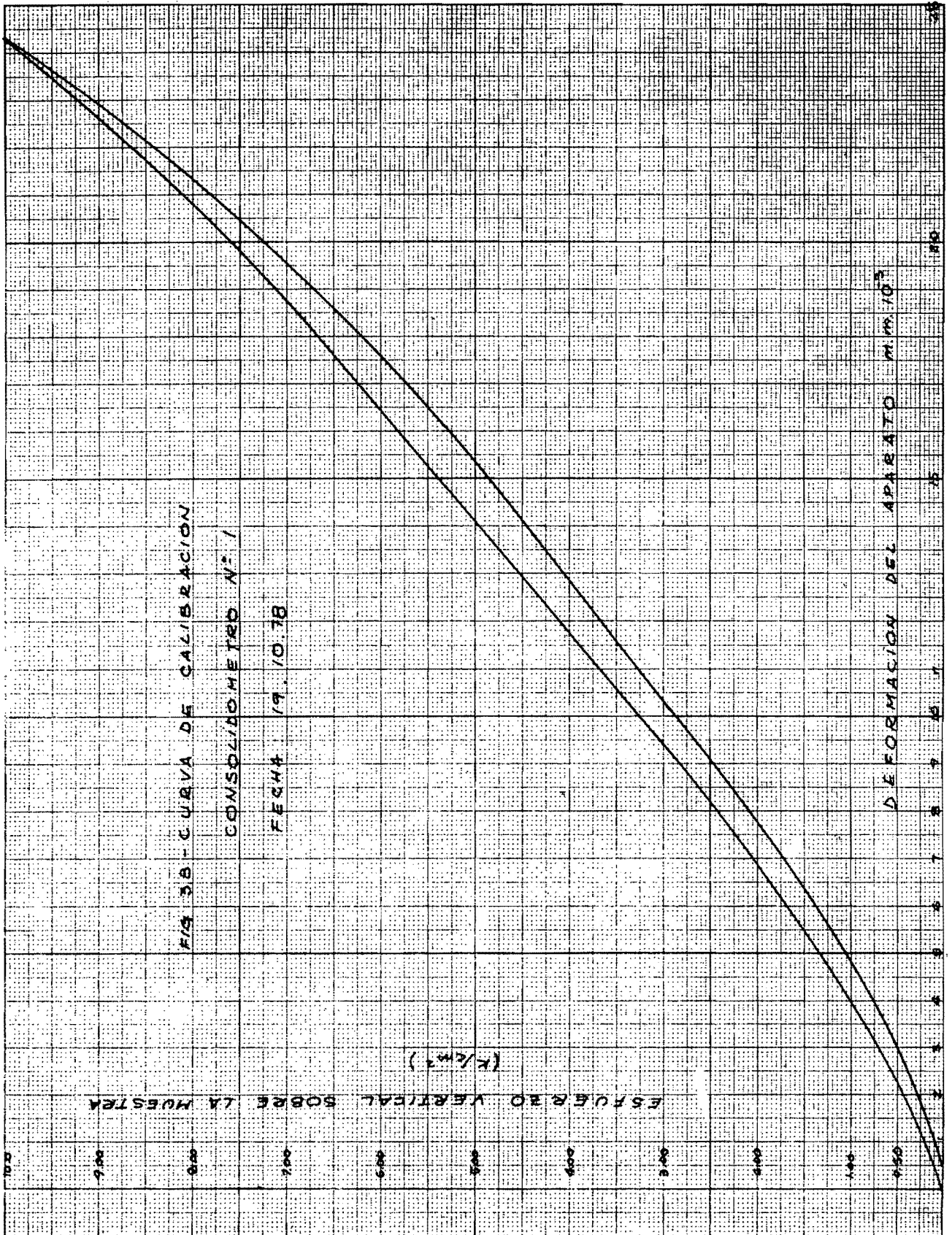
INCREMENTO: 1.00 kg/cm² TOTAL 6.00 kg/cm²

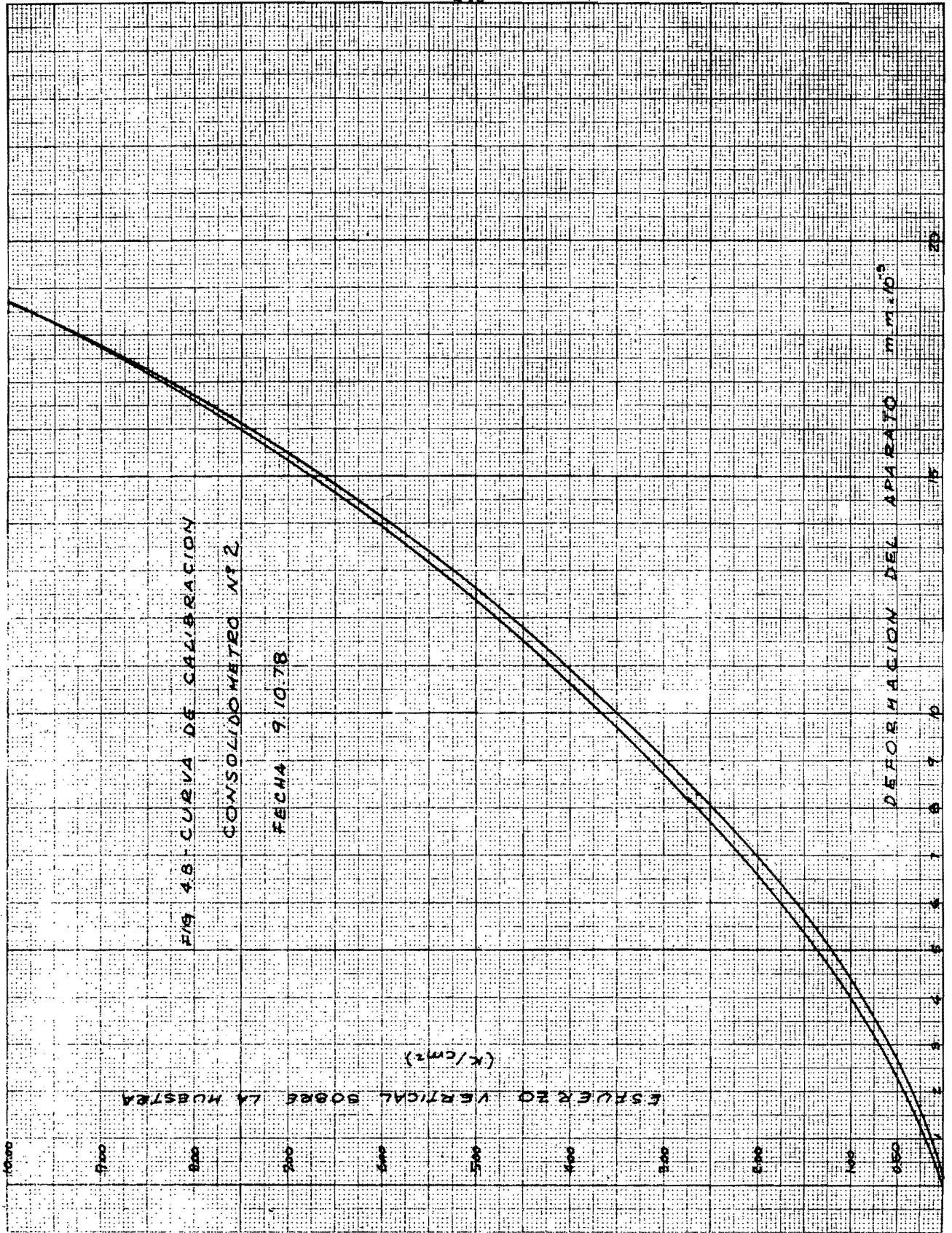
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\Delta \times 10^2$
				min.	mm.	
Hrs	min.	°C	min.	mm.	mm.	
3.10.78	7.20		0	4.595	0	
			15"	4.568	2.7	
			30"	4.565	3.0	
			1	4.562	3.3	
			2	4.561	3.4	
			4	4.558	3.7	
			9	4.552	4.3	
			15	4.549	4.6	
			32	4.539	5.6	
	8.20		60	4.529	6.6	
	9.20		120	4.513	8.2	
	11.20		240	4.493	10.2	
	14.30		430	4.474	12.1	
	18.50		690	4.464	13.1	
	21.35		855	4.460	13.5	
4.10.78	8.35		1515	4.465	14.0	
	12.43		1763	4.451	14.4	
	14.05		1845	4.451	14.4	
	18.20		2100	4.449	14.6	
	21.27		2287	4.448	14.7	
5.10.78	7.48		2908	4.448	14.7	

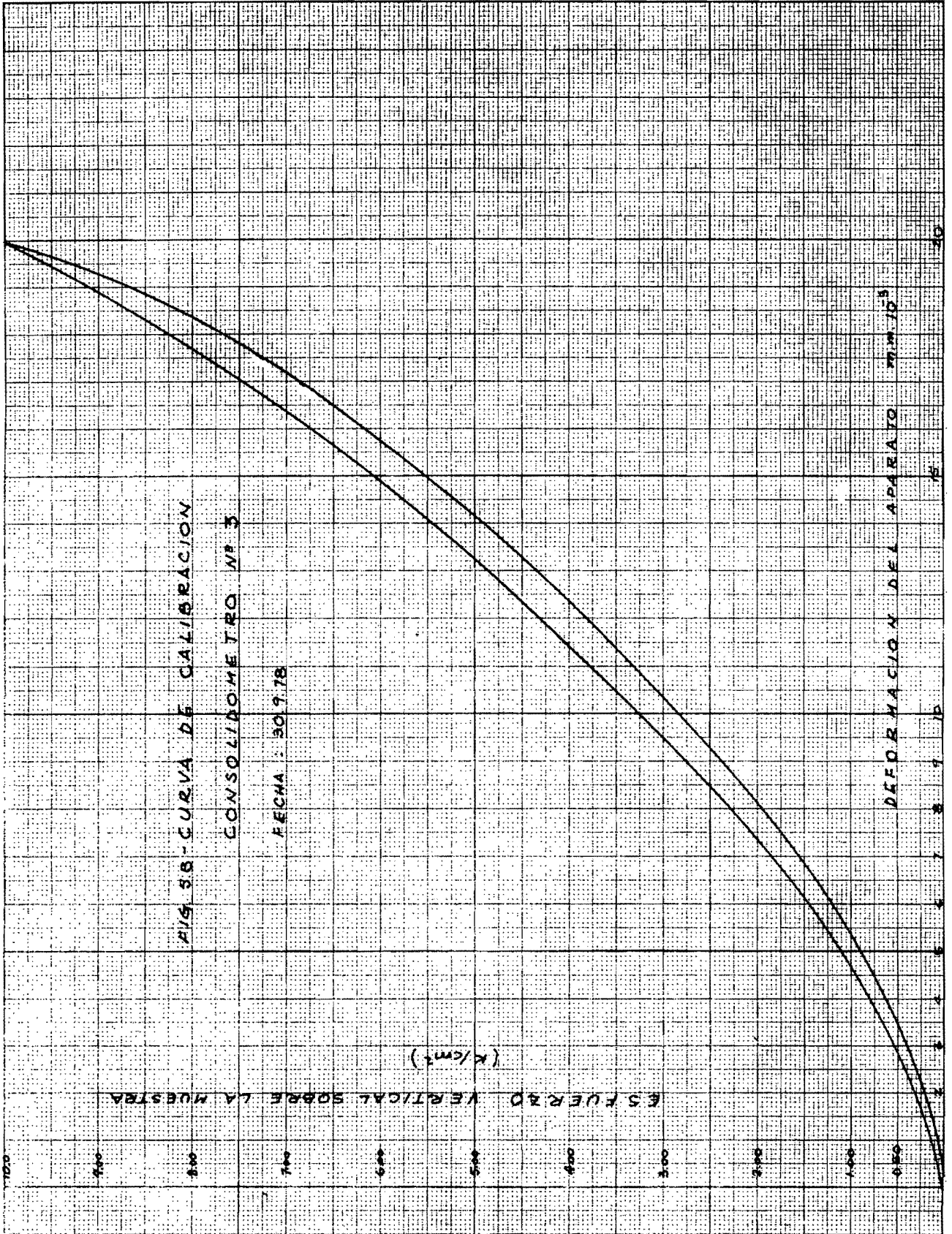
INCREMENTO 2.00 kg/cm² TOTAL 8.00 kg/cm²

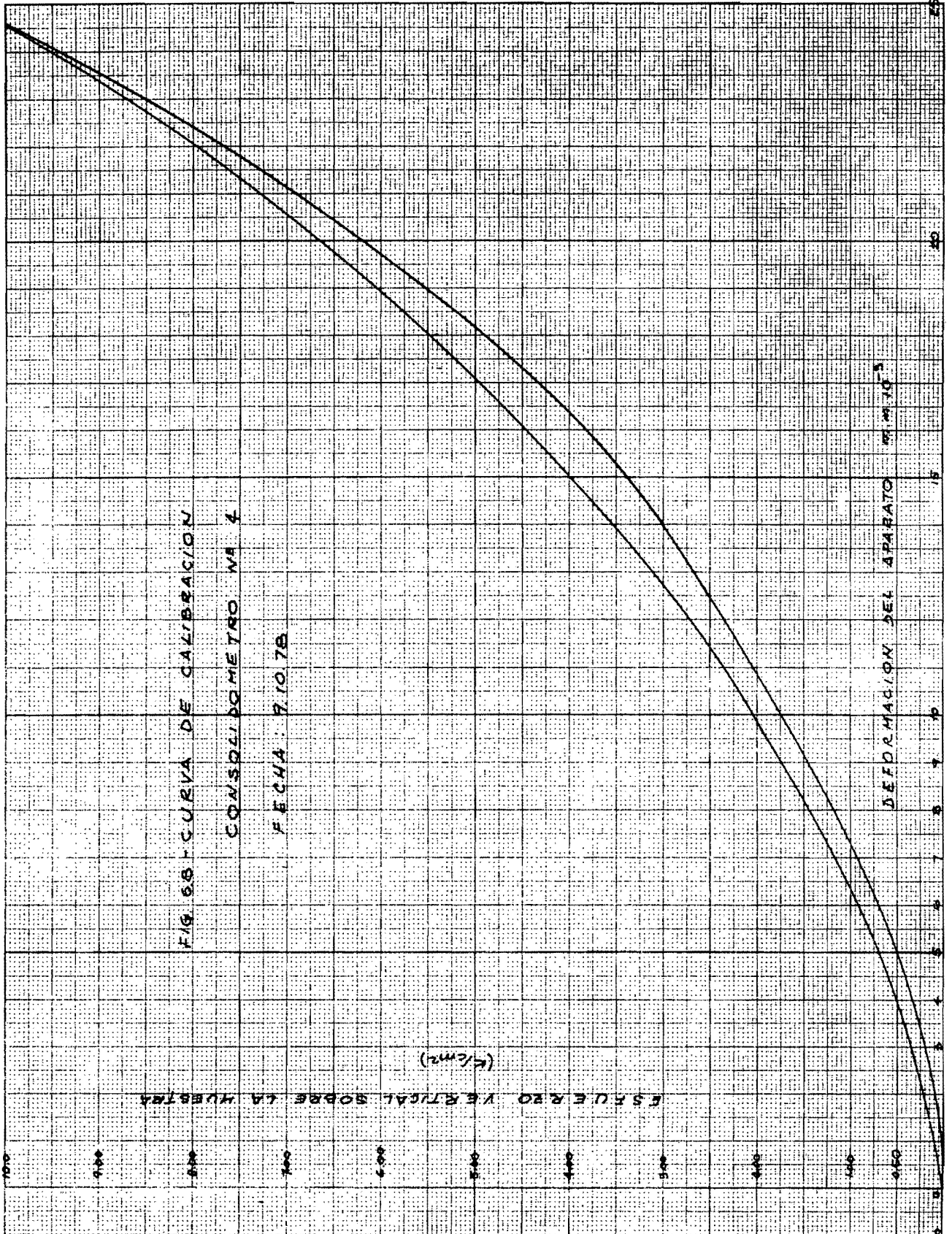
Fecha	Tiempo	Temp.	Tiempo transcurrido	Lectura micrometro		$\Delta \times 10^2$
				min.	mm.	
Hrs	min.	°C	min.	mm.	mm.	
5.10.78	7.54		0	4.448	0	
			15"	4.382	6.6	
			30"	4.375	7.3	
			1	4.369	7.9	
			2	4.359	8.9	
			4	4.349	9.9	
			8	4.332	11.6	
			15	4.318	13.0	
			30	4.293	15.5	
	8.54		60	4.266	18.2	
	9.54		120	4.259	18.9	
	11.54		240	4.210	23.8	
	13.10		316	4.195	25.3	
	18.15		621	4.175	27.3	
	20.18		738	4.172	27.6	
6.10.78	7.49		1435	4.165	28.3	
	12.50		1735	4.161	28.7	
	18.16		2061	4.162	28.6	
7.10.78	7.25		2850	4.162	28.6	

OBSERVACIONES: EL MATERIAL SE SATURO BAJO UN ESFUERZO VERTICAL
 $\sigma_v = 2.00 \text{ Kg/cm}^2$









APENDICE C. RESULTADOS EXPERIMENTALES. TABLAS Y GRAFICAS.

Se reportan los resultados en forma gráfica. Las Tablas y Figuras fueron desarrolladas a partir de los registros de prueba -- consignados en el Apéndice B.

Este Apéndice está subdividido en:

- 1o.- Apéndice C.1 -correspondiente a las pruebas de Potencial - de Expansión a Volumen Constante, págs. 147 a 158 .
- 2o.- Apéndice C.2 -correspondiente a las pruebas de Potencial - de Expansión a Carga Constante, págs. 159 a 206 .

C.1 Pruebas de Potencial de Expansión a Volumen Constante.

La Tabla 1C, pág. 148 , corresponde a un cuadro que permite una visión de conjunto de todos los ensayos realizados bajo este tipo de prueba. Las Figs. de la 1C a la 8C, págs.149 a 156 , las cuales representan la variación de la carga de expansión vs. tiempo, fueron graficadas con los valores de los registros de prueba de las págs. 91 a la 141 del Apéndice B.

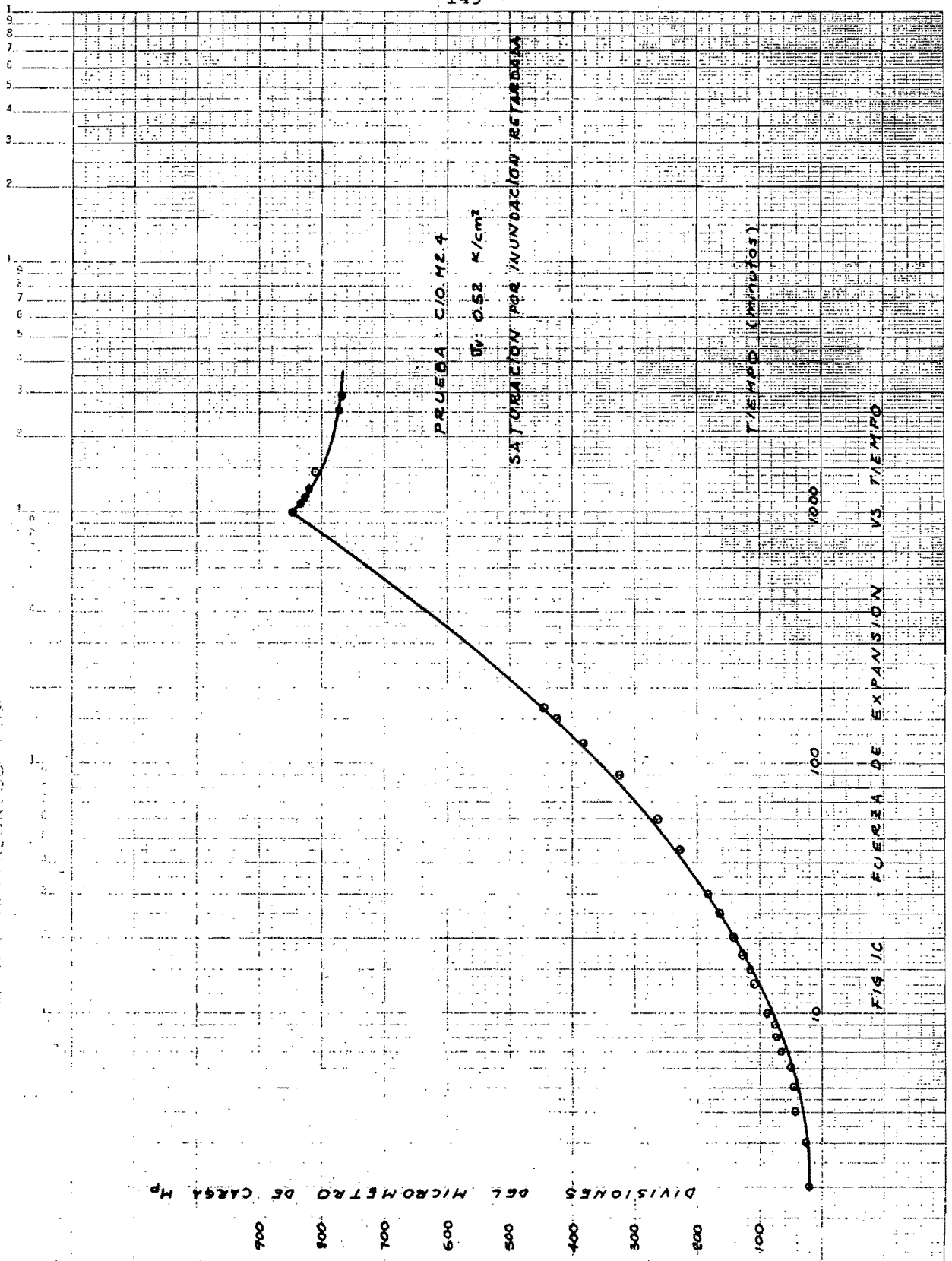
La Tabla 2C, pág.157 presenta un resumen de los resultados de las pruebas de potencial de expansión realizadas a volumen constante, con cuyos valores correspondientes se construyó la Fig. 9C, pág. 158 , la cual representa la variación del potencial de expansión desarrollado en cada prueba, con los valores máximos de los esfuerzos verticales a los cuales hubo de someter el suelo para mantener el volumen constante durante la expansión originada por la saturación del material en los casos estudiados.

TABLA N° 10 PRUEBA DE POTENCIAL DE EXPANSION A VOLUMEN CONSTANTE.

Ensayo	Fecha		Muestra		Humedad		Espesor Pastilla (cms.)	Grado de Saturación		f_m ton/m ³	S s	L L (%)	L P (%)	I P (%)	Saturación por inundación	Relac. de Vacías		Esfuerzo Vertical K/cm ²	Símbolo	Potenc. de Expans. K/cm ²	Tiempo Estabilización hrs.
	inicio	termin.	identif.	ubicac.	Natural (%)	Final (%)		Inicial (%)	Final (%)							Inicial 60	Final 6 f				
C10-M3-19	7-10-78	10-10-78	M3	C II	12.23	23.64	1.99	66.30	100.00	2.06	2.77	62.80	26.02	36.78	instant.	0.511	0.634	0.15	\	4.28	7
C10-M2-4	3-8-78	1-9-78	M2	A II	12.46	24.93	1.50	63.19	100.00	2.01	2.75	63.00	27.25	35.75	retardad.	0.542	0.660	0.52	>	5.36	> 48
C10-M3-10	22-9-78	3-10-78	M3	A I	12.02	23.10	1.49	68.39	100.00	2.07	2.73	80.00	29.74	50.26	retardad.	0.480	0.501	1.00	∪	5.61	24
C10-M2-10	5-9-78	22-9-78	M2	A IV	10.59	19.19	1.47	60.38	100.00	2.05	2.72	68.70	25.17	43.53	retardad.	0.477	0.490	2.00	E	5.63	24
C10-M3-15	3-10-78	13-10-78	M3	A IV	12.74	21.29	1.47	70.68	100.00	2.07	2.74	74.00	28.90	45.10	retardad.	0.494	0.578	3.00	∩	5.43	24
C10-M3-18	26-10-78	2-11-78	M3	B V	12.84	25.34	1.49	63.01	98.60	2.01	2.79	66.00	28.54	37.46	instant.	0.561	0.717	4.60	X	3.43	7
C10-M3-16	13-10-78	19-10-78	M3	A V	12.16	18.60	1.50	67.91	100.00	2.08	2.77	69.30	26.84	42.46	instant.	0.496	0.514	6.66	⊖	3.72	9
C10-M3-17	20-10-78	26-10-78	M3	B IV	11.53	21.01	1.50	59.91	100.00	2.02	2.78	69.50	24.86	44.64	instant.	0.535	0.570	6.66	/	3.55	5.5

6210 714

REPUBLICAN TRUSS
CORPORATION
DIVISION OF
MANUFACTURING



PRUEBA: C/O. M2.4

U: 0.52 K/cm²

SATURACION POR INUNDACION RETARDA

T/EMPO (MINUTOS)

FUERZA DE EXPANSION VS TIEMPO

FIG 10

DIVISIONES DEL MICROMETRO DE CASCA MP

6210-714

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES

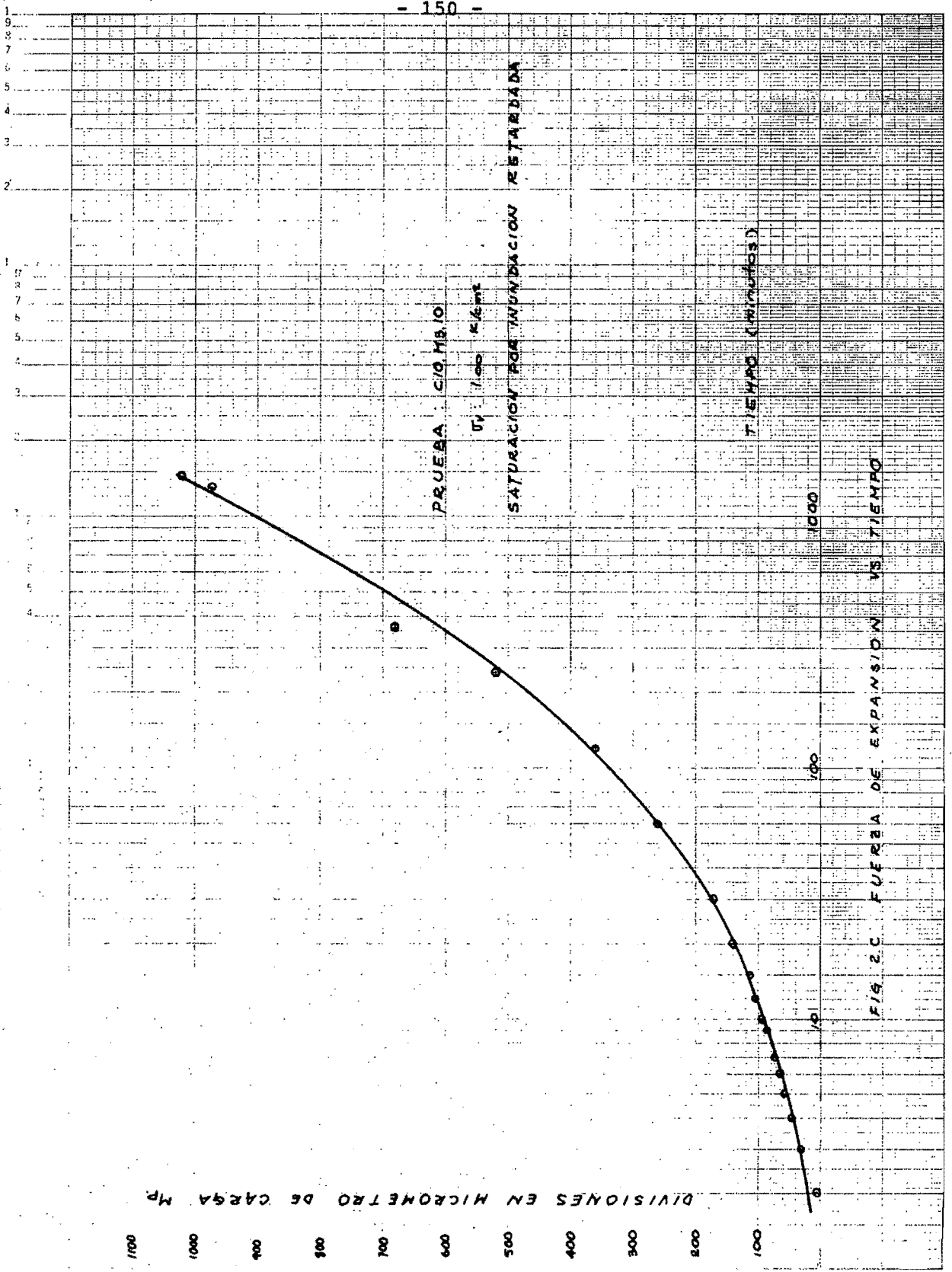


FIG. 2.C FUERZA DE EXPANSION VS TIEMPO

6210-714

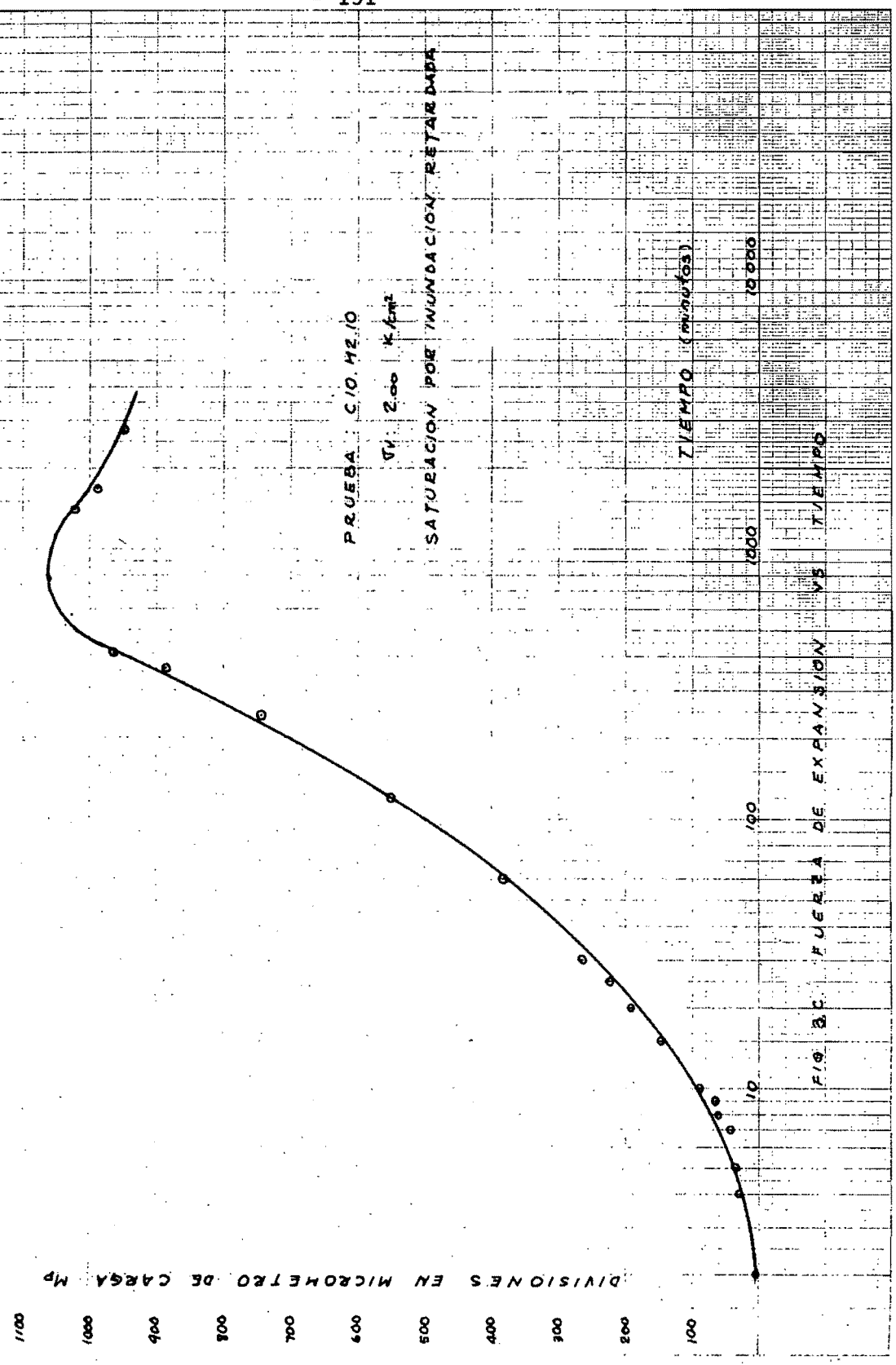


FIG. B.C.

6210-714

SEMILOGARITMICO
2 CICLOS X 70 DIVISIONES
HARRY CHOPERENA SUCHS S.A.

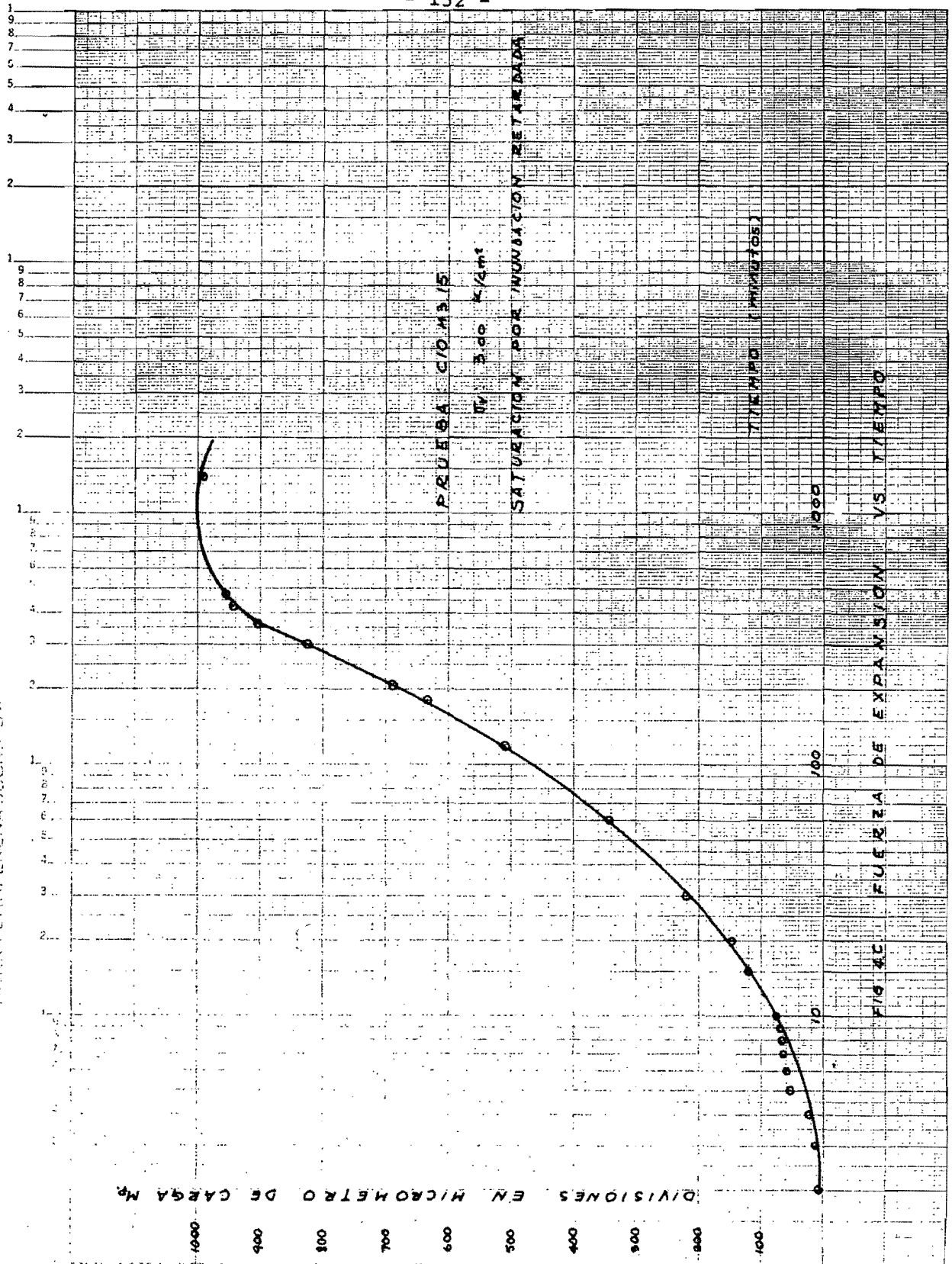
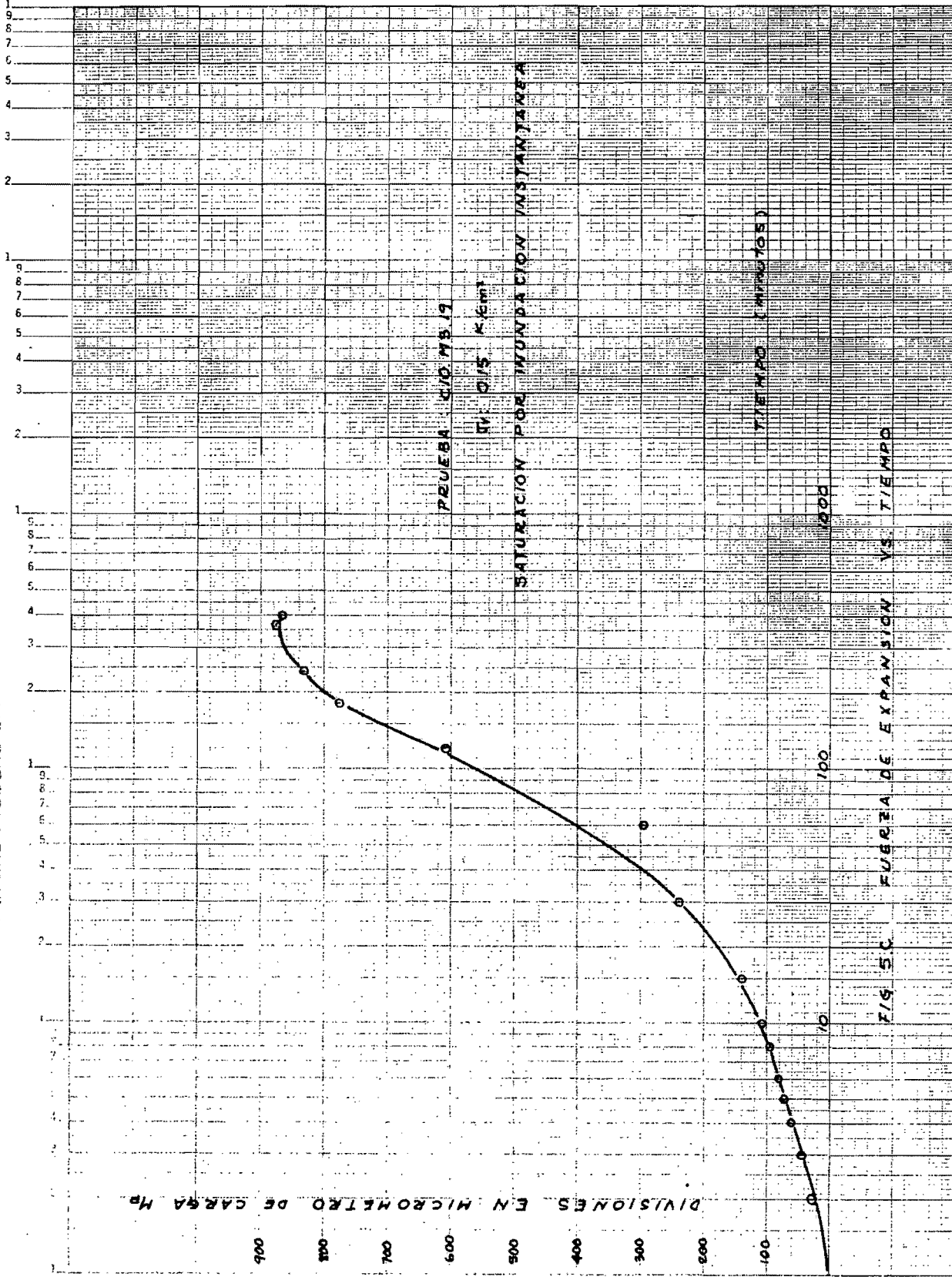


FIG. 42 FUERZA DE EXPANSION VS TIEMPO

6210-714

SEMILOGARITMICO
5 CICLOS X 70 DIVISIONES
MIDIDA VIBROTERNA SUCCRS SA



6210-714

SEMILICORRIMIENTO
DE UNAS DIVISIONES
EN UN MICROMETRO 5A

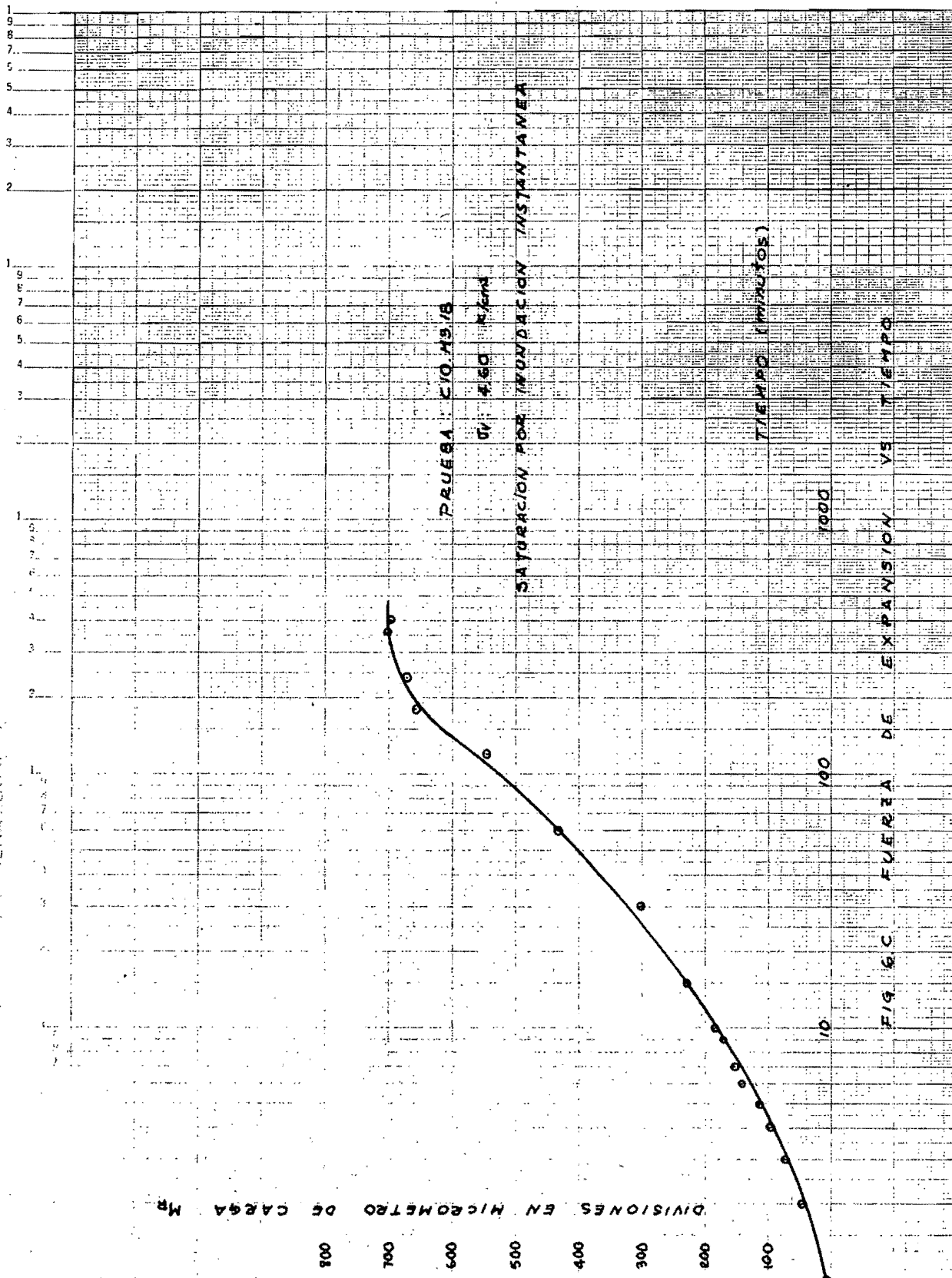


FIG 6/C FUERZA DE EXPANSION VS TIEMPO

6210-714

SECRETARIA DE ECONOMIA
COMISIÓN NACIONAL ENERGETICA

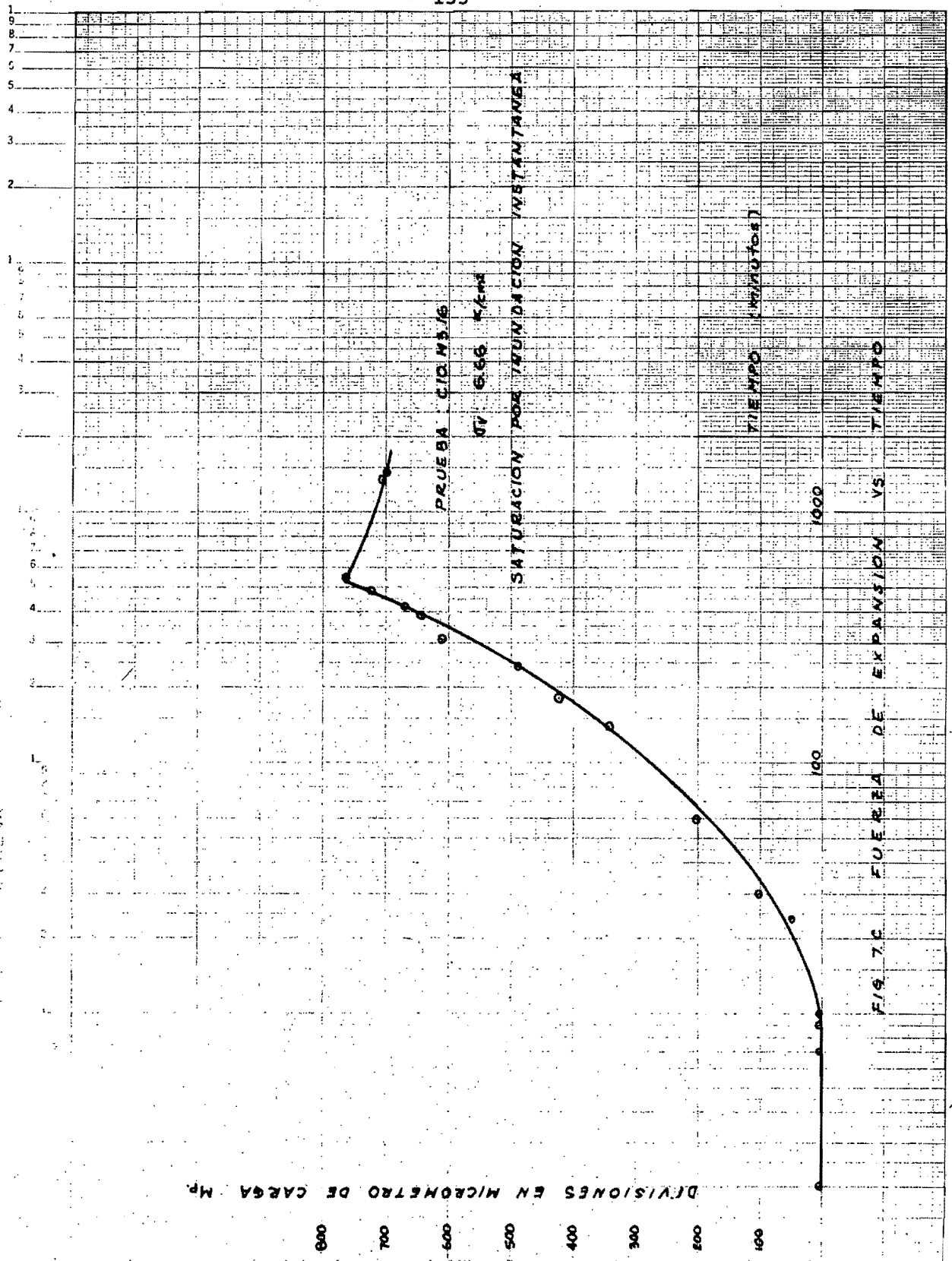


FIG. 7.5. FUERZA DE EXPANSION VS. TIEMPO

6210-714

SEÑAL TERMICA
DE LAS DIVISIONES

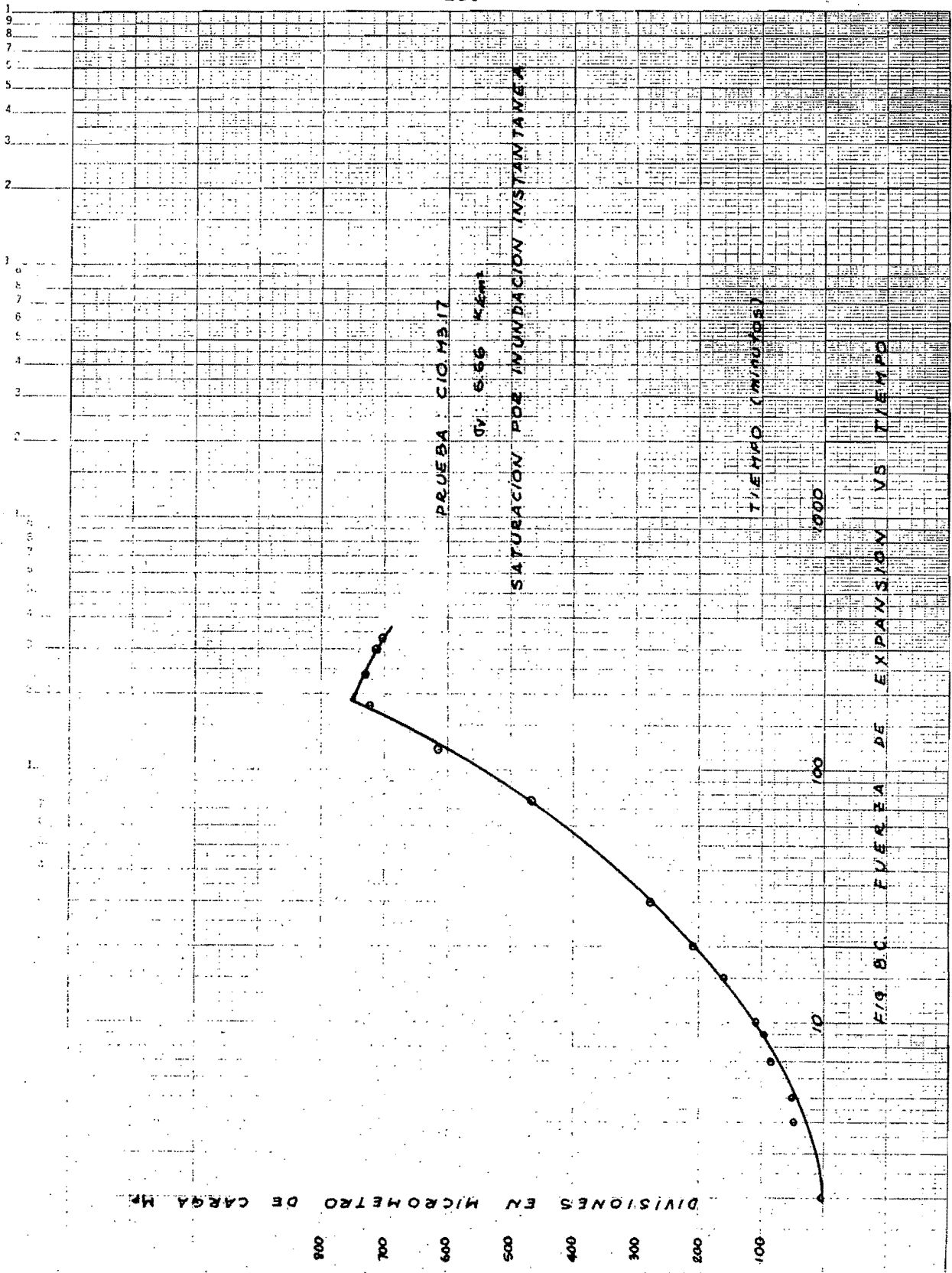
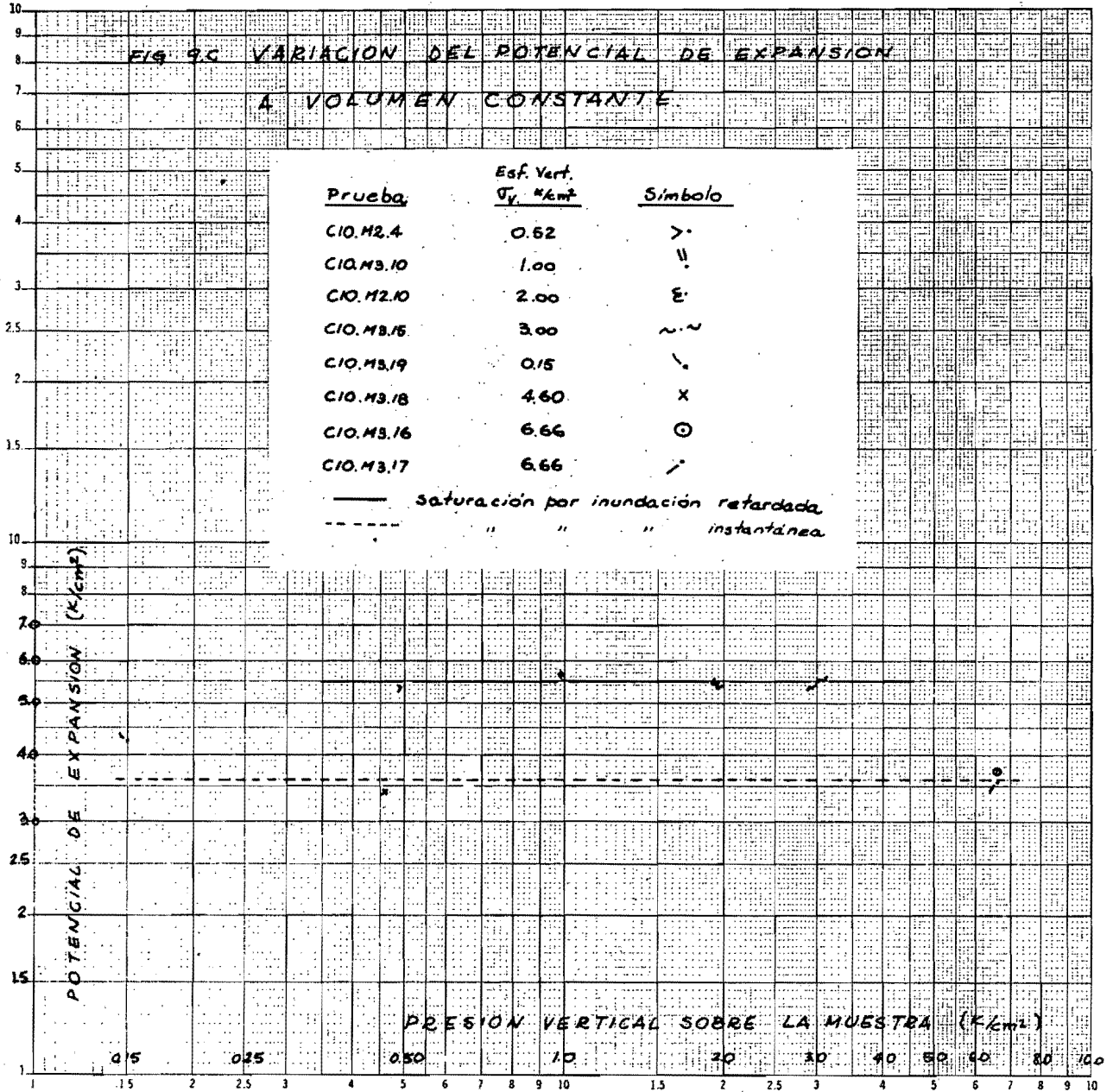


FIG. 8.C. EVOLUCION DE LA EXPANSION VS TIEMPO

TABLA No. 2.C. RESUMEN DE LA PRUEBA DE POTENCIAL DE EXPANSION A VOLUMEN CONSTANTE

Ensayo	Saturación por Inundación	Grado Saturación Inicial %	σ_v kg/cm ²	Potencial de Expansión kg/cm ²	Tiempo de Estabilización hs	Símbolo
C10M24	Retardada	63.19	0.52	5.36	> 48	>.
C10M310	Retardada	68.39	1.00	5.61	24	
C10M210	Retardada	60.38	2.00	5.63	24	8.
C10M315	Retardada	70.68	3.00	5.43	24	2.2
C10M319	Instantánea	66.30	0.15	4.28	7	/.
C10M318	Instantánea	63.01	4.60	3.43	7	x
C10M316	Instantánea	67.91	6.66	3.72	9	⊙
C10M317	Instantánea	59.91	6.66	3.55	5.5	/.

FIG. 9C VARIACION DEL POTENCIAL DE EXPANSION
A VOLUMEN CONSTANTE



LOGARITHMIC 46 7202
 2 1/2 CYCLES
 KEUFFEL & ESSER CO.

C.2 Pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante.

La Tabla 3C, pág. 164 corresponde a un cuadro general que comprende todos los ensayos realizados en este tipo de prueba. De las Figs. 10C a la 14C, págs. 165 a 169 se presentan las curvas de expansión vs. tiempo, realizadas con saturación rápida, y de las Figs. 15C a la 19C, págs. 170 a 174, las realizadas con saturación lenta.

Las Tablas 4C a 8C, págs. 175 a 179, consignan la variación del grado de expansión (β) con el tiempo, y fueron realizadas a partir de los registros de prueba en la etapa de expansión del Apéndice B, comprendidos entre las págs. 91 y 141. En estas tablas, la nomenclatura empleada corresponde a:

t : tiempo de realización de la prueba
t₀ : tiempo de ajuste
t-t₀ : tiempo ajustado de la prueba para relacionar el inicio de las mismas.

Las Figs. 20C y 21C, págs. 180 y 181, muestran cada una en forma conjunta, la variación del grado de expansión con el tiempo, de las pruebas realizadas con saturación rápida y lenta respectivamente. Las Figs. 22C a la 30C, págs. 182 a 190 se presenta la misma variación antedicha, pero ahora de manera individual para cada probeta, desarrollada de acuerdo a su forma de saturación correspondiente.

En la Tabla 9C, pág. 191 , está la determinación de la altura de sólidos (H_s) y de la relación de vacíos en estado natural (e_{nat}), valores utilizados en las Tablas 10C. a la 19C, págs. 192 a 201 , las cuales registran el Resumen de Datos y Cálculos de las pruebas de potencial de expansión manteniendo la carga constante durante la saturación, y son utilizadas para graficar las curvas de compresibilidad de las Figs. 31C. y 32C. págs. 202 y 203 .

-Explicación de las tablas de resumen de datos y cálculos.

Estas tablas constan de 11 columnas, el significado y la forma directa de obtener o calcular los datos se detalla a continuación:

Presión.- Esfuerzo vertical sobre la muestra, obtenido de la carga colocada en el portapesas multiplicada por la relación de palanca, dividida entre el área de la muestra.

La relación de palanca en el consolidómetro es de 1:10. El diámetro de los anillos de prueba es de 8.00 cms.

Lectura de micrómetro.- Los micrómetros utilizados tienen precisión de 0.01 mm.

Deformación ($\Delta \delta'_i$).- Corresponde a la deformación parcial entre incrementos de carga. Los signos - y + indican respectivamente compresión y expansión del material. El valor parcial de la deformación se obtiene por la diferencia entre dos lecturas consecutivas, es decir, $\Delta \delta'_i = L_{i-1} - L_i$

Corrección por deformación del aparato ($\Delta \delta_a$). - los consolidómetros sufren deformaciones en el sistema debido a la carga o descarga de los mismos durante la realización de las pruebas. Cada aparato está calibrado dentro del rango de cargas utilizados durante los ensayos, y las curvas de calibración correspondientes se encuentran en el Apéndice B, de las Figs. 3.B a 6.B.

Los signos + y - corresponden a la carga y descarga del aparato respectivamente.

La corrección por deformación del aparato se obtiene de la calibración del equipo para cada incremento de carga o descarga.

Deformación corregida ($\Delta \delta'_i$). - Cuando se obtiene al valor de la deformación $\Delta \delta'_i$ va incluido en ese registro la deformación del material y la del equipo utilizado; por lo tanto habrá que separarlas.

Entonces

$$\Delta \delta_i = \pm \Delta \delta'_i \pm \Delta \delta_a$$

donde $\Delta \delta_a$, es la deformación del aparato en el incremento de carga con siderado.

Relación de vacíos e . - Calculada a partir de

$$e = \frac{V_m S_s \gamma_w}{W_s} - 1 = H_m \frac{A S_s \gamma_w}{W_s} - 1 = \frac{H_m}{H_s} - 1$$

$$e = \frac{H_m - H_s}{H_s}$$

H_m altura de la muestra al final de cada incremento de carga, por lo que también se puede expresar:

$$H_{m_i} = H_{m_{i-1}} + \Delta \delta_i$$

luego
$$e = \frac{H_{m_{i-1}} + \Delta \delta_i - H_s}{H_s}$$

La cual es la expresión que se emplea en la columna correspondiente a *relación de vacíos*.

Los valores de H_s son tomados de la Tabla 9.C .

Deformación volumétrica unitaria ϵ :- (%)

En la etapa de la compresión se calcula:

$$\epsilon = \frac{e_{nat.} - e_i}{1 + e_{nat.}} \times 100$$

En la etapa de expansión, consolidación y descarga

$$\epsilon = \frac{e_{is} - e_i}{1 + e_{is}} \times 100$$

donde e_{is} es la relación de vacíos al inicio de la saturación.

e Corregida. - En cualquier material ocurren variaciones significativas en la relación de vacíos y la humedad, dentro de distancias muy pequeñas; por esta razón, para establecer comparaciones entre las pruebas realizadas con muestras de un mismo origen se hizo una corrección de la relación de vacíos, tomando como e_o :0.522. El valor de corrección en cada caso es:

$$e_{\text{correc}} = 0.522 - e_{oi}$$

donde

e_{oi} es el valor de la relación de vacíos natural de cada probeta en particular.

Por tanto, cualquier relación de vacíos que se encuentre en la columna de "*e corregida*" se calculó: $e = e_{\text{prueba}} + e_{\text{correc}}$.

La Tabla 20C, pág. 204, corresponde al resumen de los resultados de las pruebas de Potencial de Expansión a Carga Constante de los ensayos que se consideraron confiables. El criterio de la confiabilidad consistió en comparar las curvas expansión-tiempo (Figs. 10.C a 19.C), págs. 165 a 174, en este caso la curva del ensayo C1.M2.1 resultó dudosa debido a que su configuración difiere mucho del comportamiento típico manifestado por las demás. Con los valores de esta Tabla se graficaron -- las Figs. 33.C y 34.C, págs. 205 y 206 las cuales representan la variación de la expansión volumétrica unitaria con el esfuerzo vertical sobre la muestra durante la saturación.

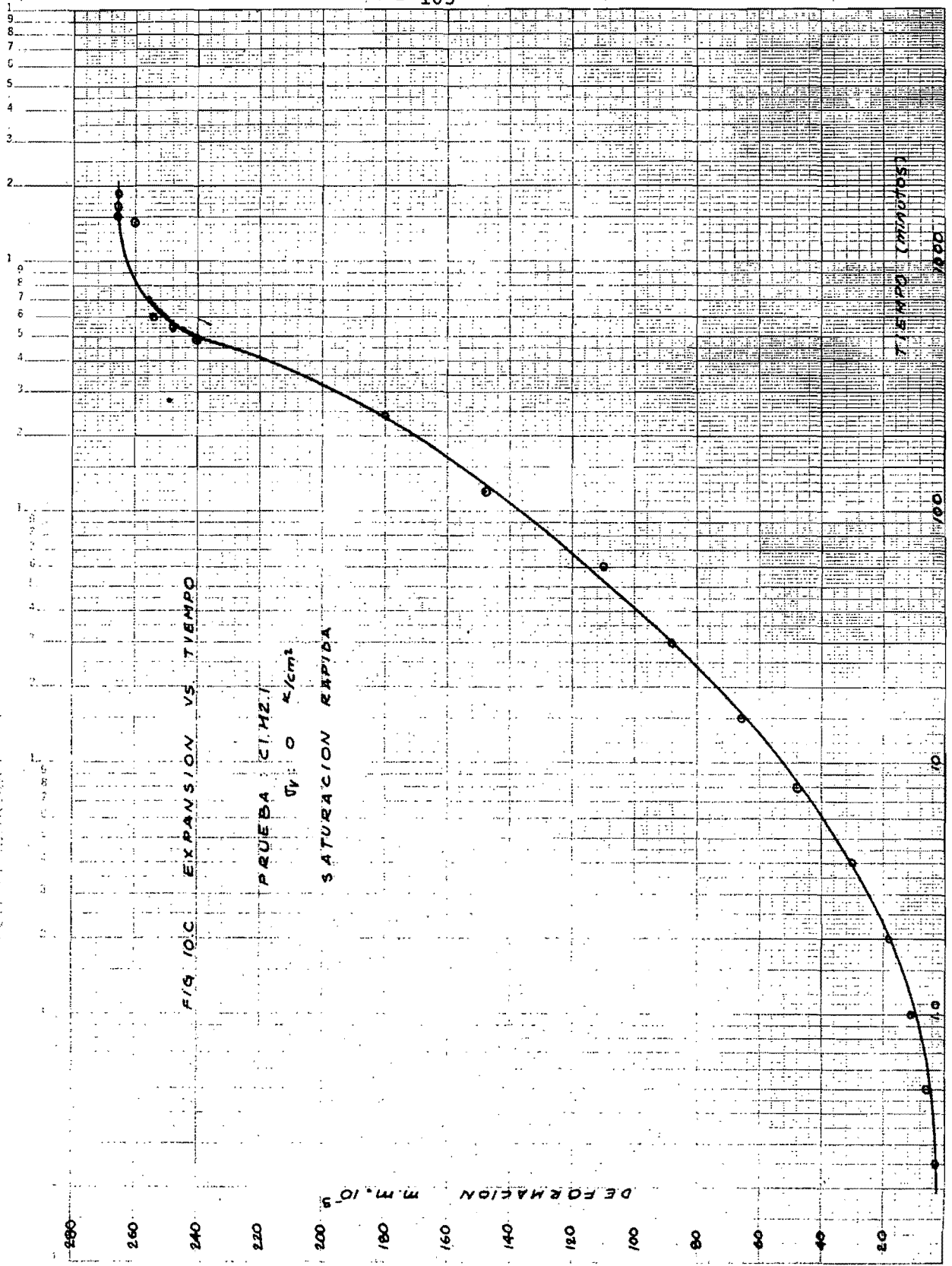
La Fig. 34.C, pág. 206, corresponde exclusivamente a las pruebas realizadas con saturación lenta, la cual se analizó para encontrar la ley natural que rige el fenómeno expansivo.

TABLA N° 3C PRUEBA DE POTENCIAL DE EXPANSION A CARGA CONSTANTE.

Ensayo	Fecha		Muestra		Humedad		Espesor Postilla (cm.)	Grado de Saturación		f_w ton/m ³	S _s	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Saturación	Relac. de Vacíos		Esfuerzo Vertical $\frac{kg}{cm^2}$	Símbolo	Expansión E (%)	Tiempo Estabilización hrs.
	Inicio	termin.	identif.	ubicación	Natural (%)	Final (%)		Inicial (%)	Final (%)							Inicial e _o	Final e _f				
C1-M2-1	2-6-78	9-6-78	M2	A I	14.26	18.72	1.99	80.77	100.-	2.10	2.73	67.00	27.00	40.00	rapida	0.482	0.511	0	∩	13.50	31
C4-M3-15	30-9-78	31-10-78	M3	A III	12.47	21.68	1.50	68.50	100.-	2.06	2.74	64.10	27.08	37.02	lento	0.499	0.578	0.10	∩	14.02	405
C4-M2-5	14-8-78	7-9-78	M2	B II	11.85	22.00	1.99	69.13	100.-	2.09	2.76	62.00	25.06	36.94	rapida	0.473	0.548	0.50	∩	7.60	141
C3-M2-6	16-8-78	31-8-78	M2	C II	11.77	25.48	1.98	70.38	100.-	2.09	2.73	59.00	24.13	34.87	rapida	0.457	0.591	1.00	∩	7.91	20
C2-M2-7	17-8-78	6-9-78	M2	D II	12.61	24.94	1.99	66.95	1.00-	2.03	2.72	73.00	25.89	47.11	rapida	0.512	0.526	2.00	∩	3.05	80
C1-M2-8	18-8-78	6-9-78	M2	A III	11.63	24.52	1.47	62.28	1.00-	2.01	2.72	63.75	28.30	35.45	rapida	0.508	0.583	3.00	X	1.92	44
C1-M2-11	7-9-78	18-10-78	M2	B V	10.83	21.15	1.50	59.79	1.00-	2.04	2.76	63.50	25.00	38.50	lento	0.500	0.576	0.50	=	8.97	571
C2-M2-12	7-9-78	8-10-78	M2	C III	11.35	21.83	1.50	63.82	1.00-	2.04	2.72	73.70	27.73	45.97	lento	0.484	0.536	1.00	A	6.99	311
C3-M2-13	8-9-78	7-10-78	M2	C IV	10.31	21.43	1.50	59.08	1.00-	2.05	2.73	74.90	26.69	48.21	lento	0.471	0.542	2.00	∩	5.36	301
C3-M3-16	16-8-78	31-8-78	M3	A V	12.62	20.02	1.49	67.75	1.00-	2.09	2.77	62.50	26.13	36.33	lento	0.516	0.573	3.00	∩	4.81	225
C4-M3-14	20-9-78	29-9-78	M3	A II	11.29	11.18	1.47	59.23	62.64	2.00	2.74	63.00	26.52	36.48	—	0.522	0.489		∩	—	—

6210-714

ELI VILLAS-CORTEZ
MEXICO CITY, MEXICO
1967



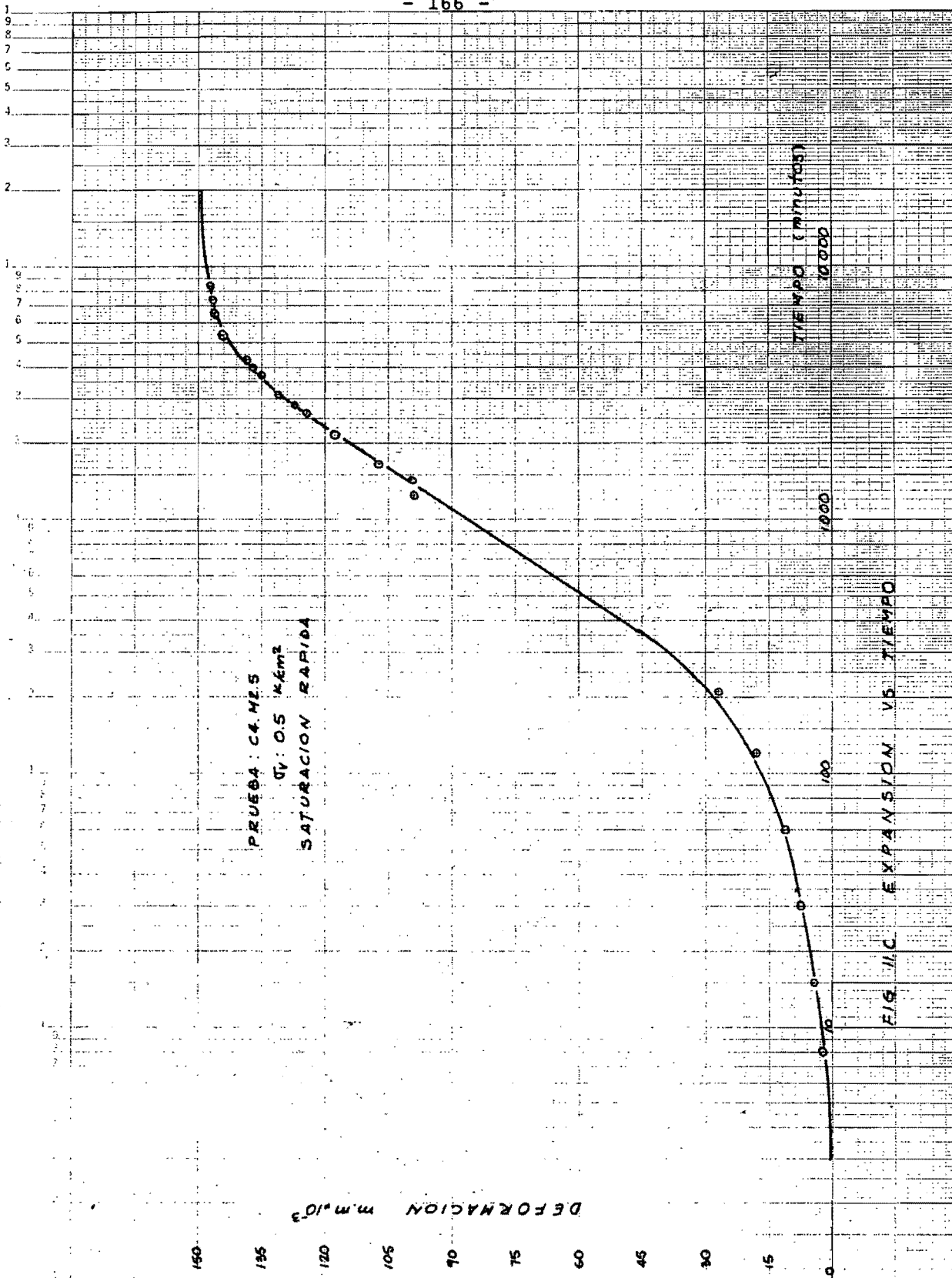
6210-714

SECCION DE TRABAJO
N.º 107

PRUEBA : C4.M2.5
CV : 0.5 KéM2
SATURACION RAPIDA

DEFORMACION $m.m. \cdot 10^3$

150
135
120
105
90
75
60
45
30
15
0



TIEMPO (min · 10³)

1000

100

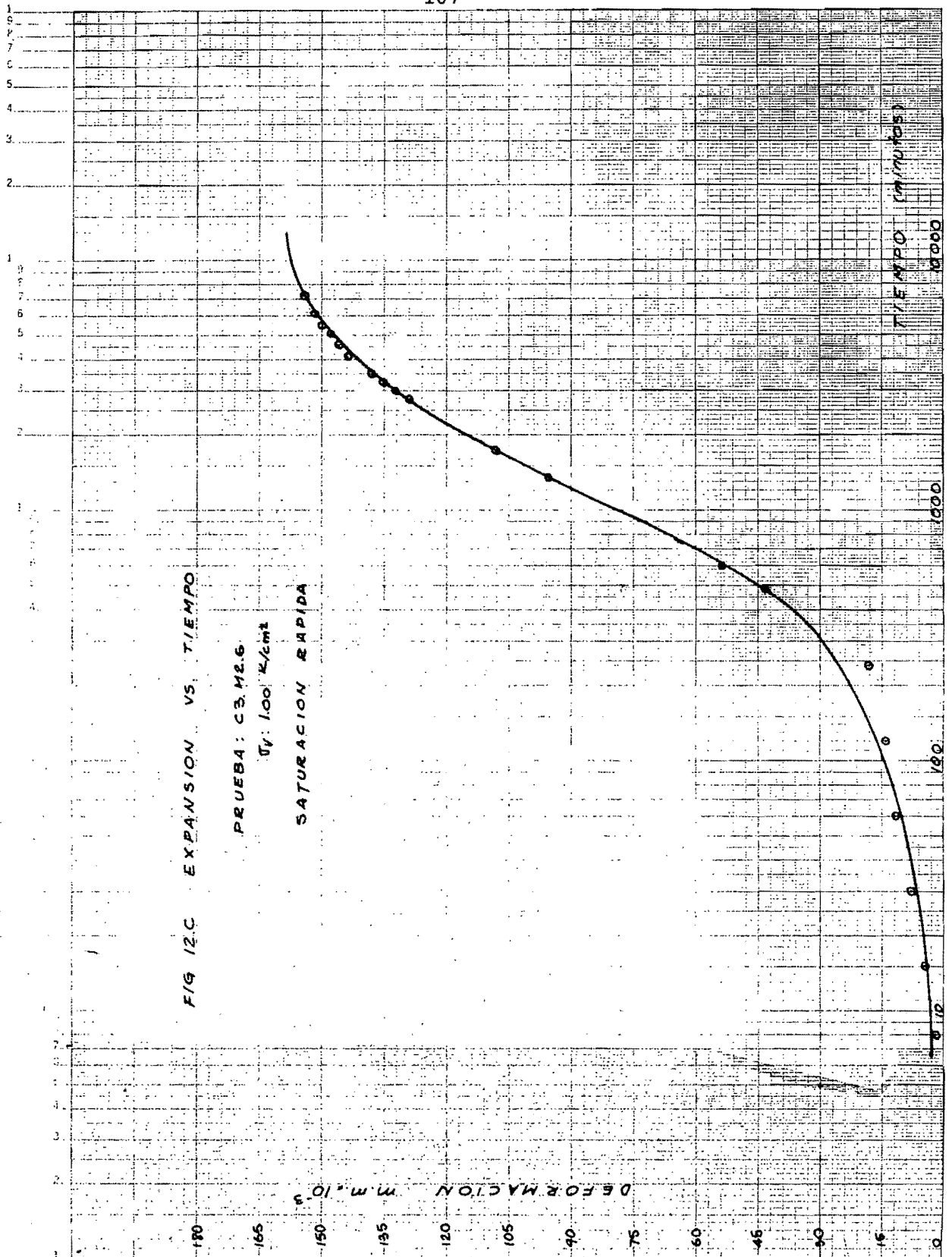
FIG. II.C EXPANSION VS. TIEMPO

6210-714

FIG 12.C EXPANSION VS. TIEMPO

PRUEBA: C3. M2.6
 $\sigma_v: 100 \text{ K/cm}^2$

SATURACION RAPIDA



6210-714

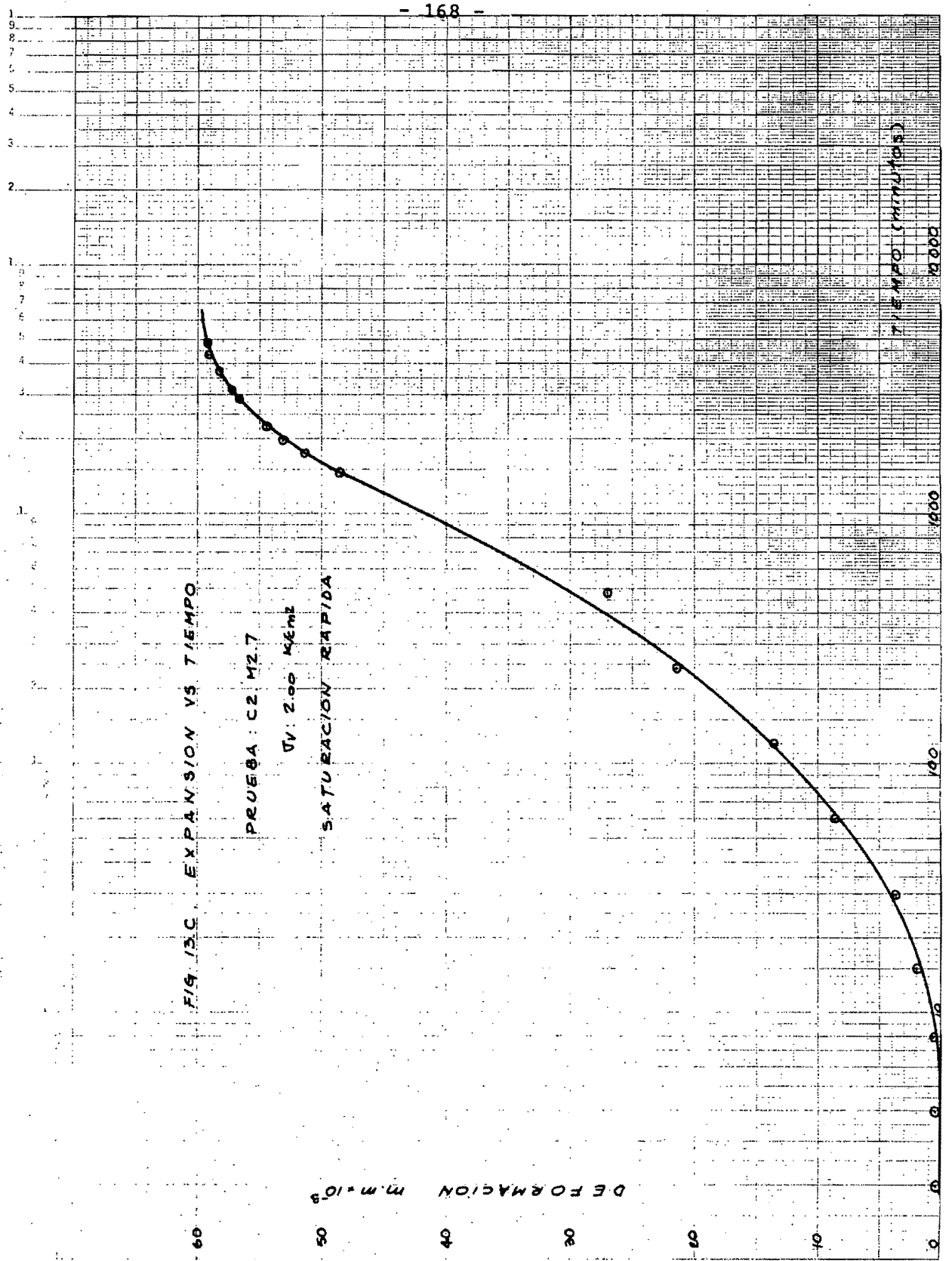
SENYA LABORATORIO

FIG. 13C. EXPANSION VS TIEMPO

PRUEBA: C2 M2.7

UV: 2.00 K/cm²

SATURACION RAPIDA



DEFORMACION m.m. x 10⁻³

TIEMPO (min)

12 000

100

10

1

6210-714

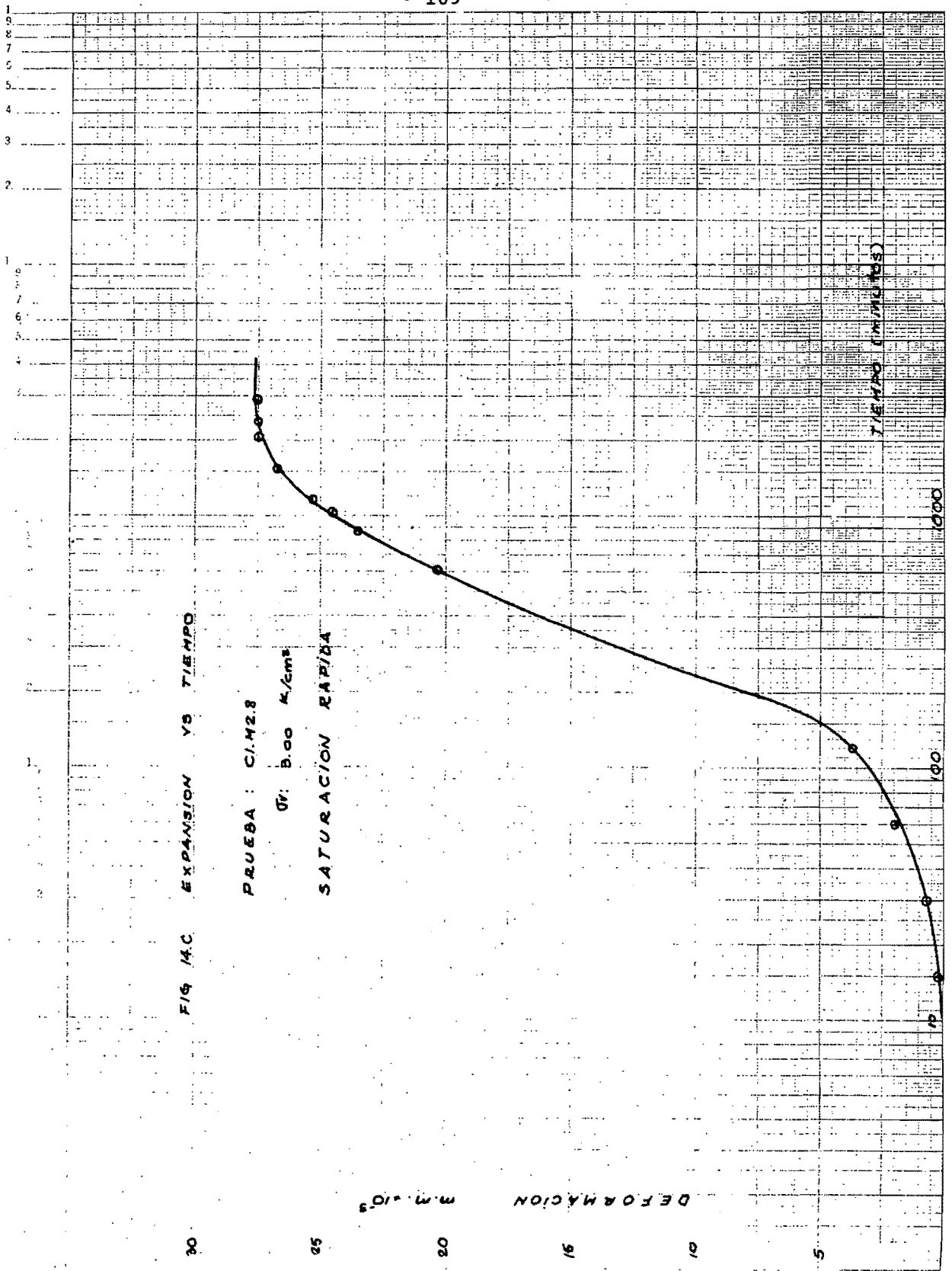
SEPT 20 1950
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES
CIVILES Y AERONAUTICAS

FIG 14C EXPANSION VS TIEMPO

PRUEBA : C1.H2.8

Gr: B.00 K/cms

SATURACION RAPIDA



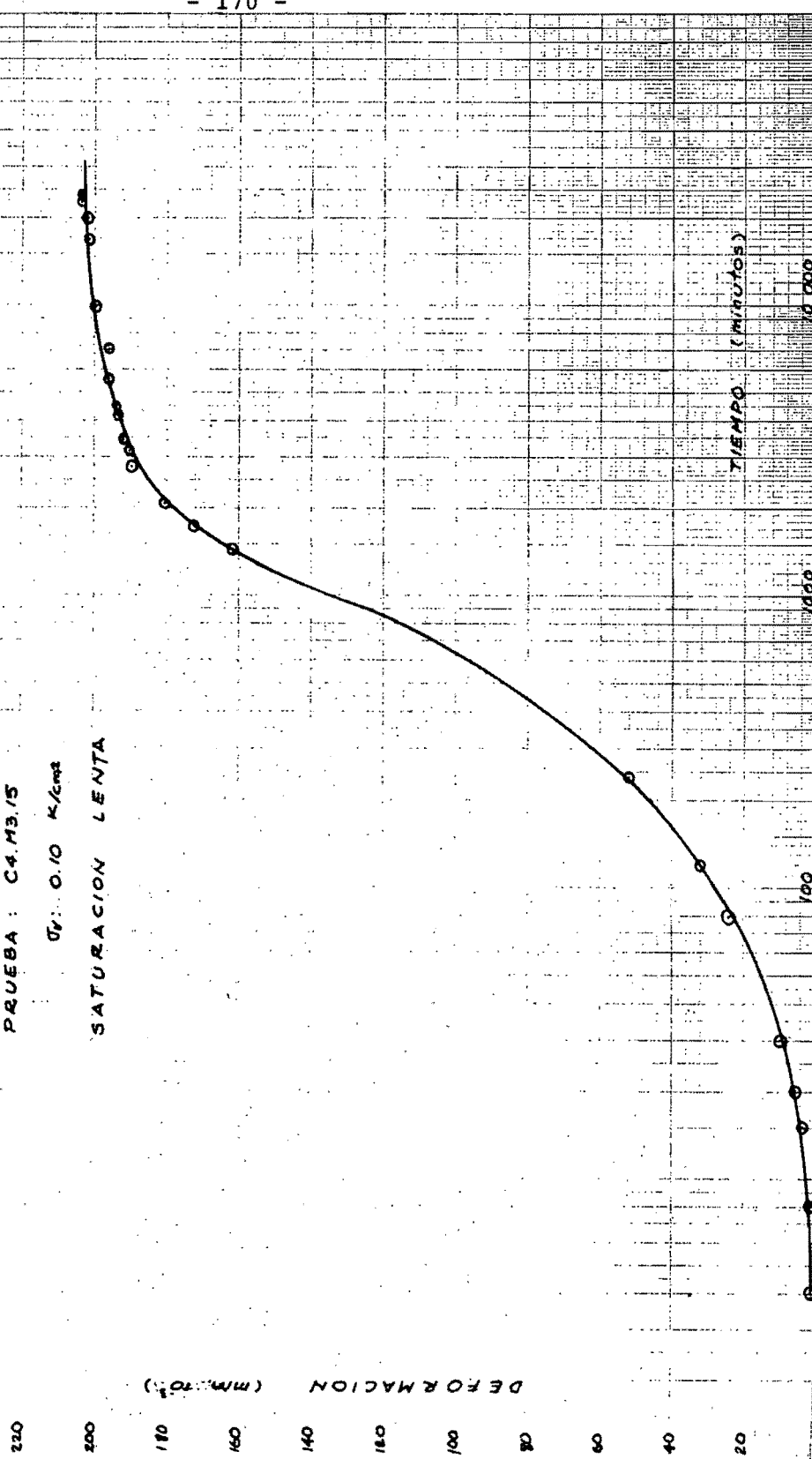
0210-714

FIG 15.C EXPANSION VS. TIEMPO

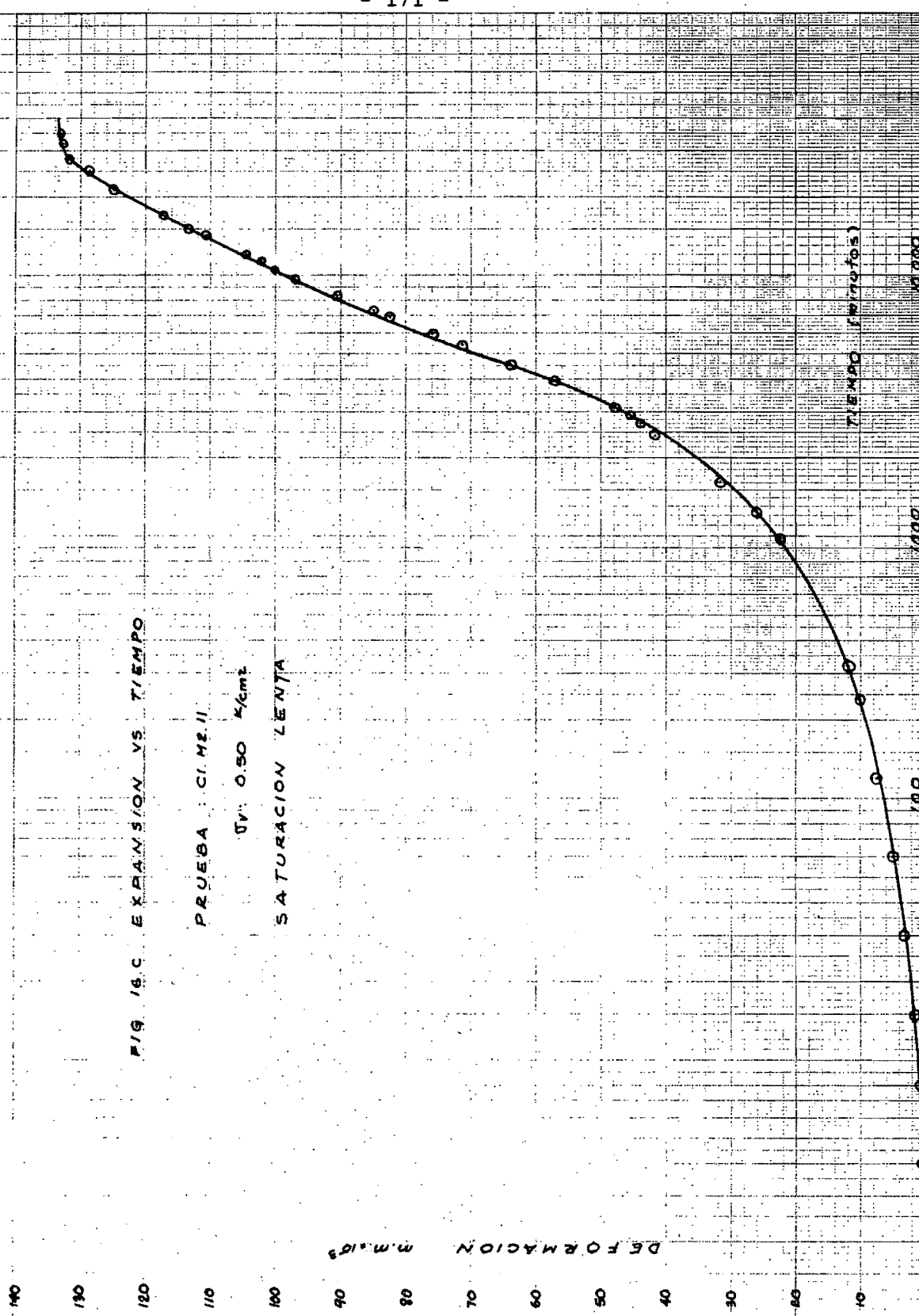
PRUEBA : C4.M3.15

σ_v : 0.10 K/cm²

SATURACION LENTA

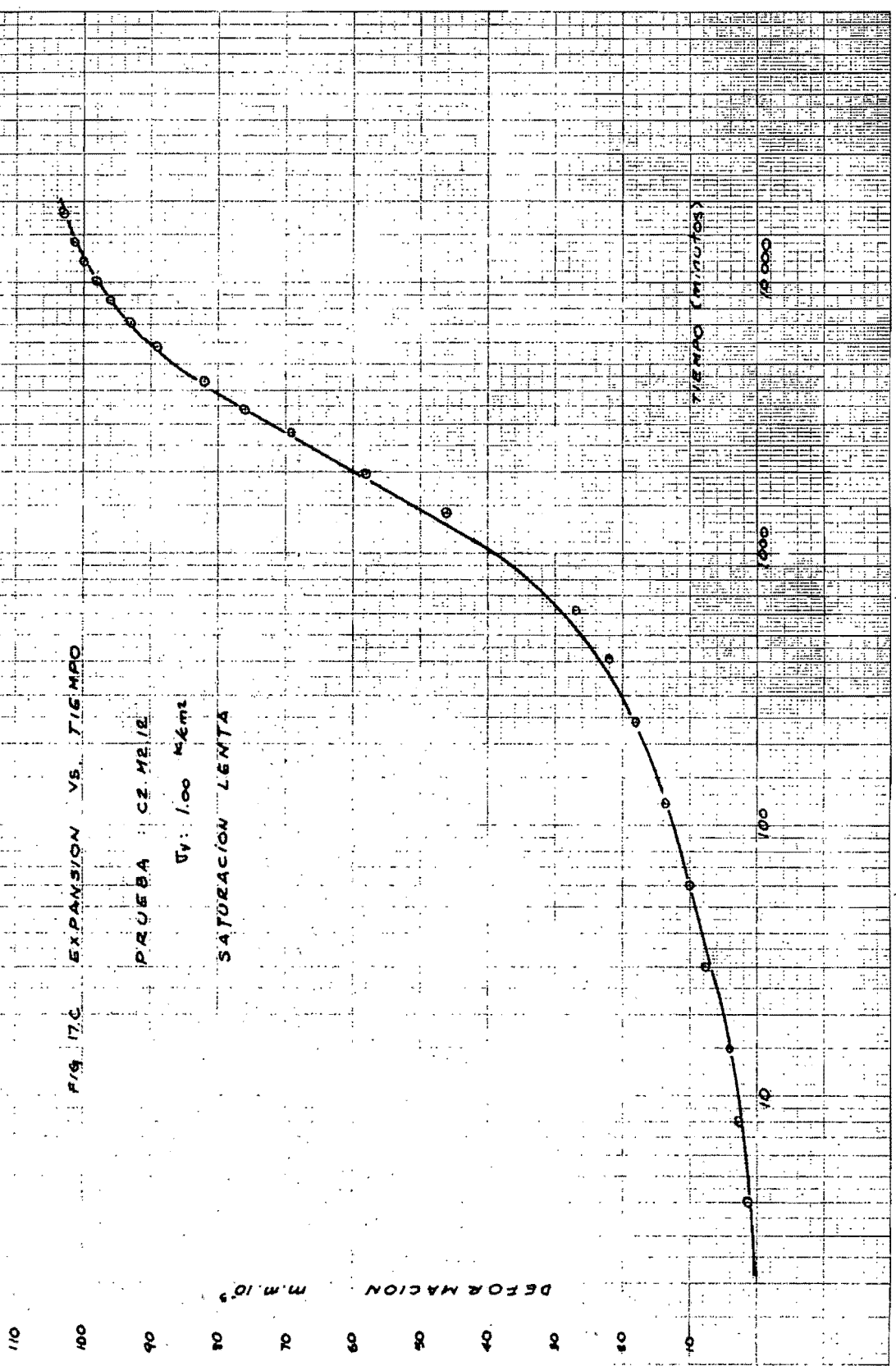


6210-714



6210-714

LABORATORIO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



6210-714

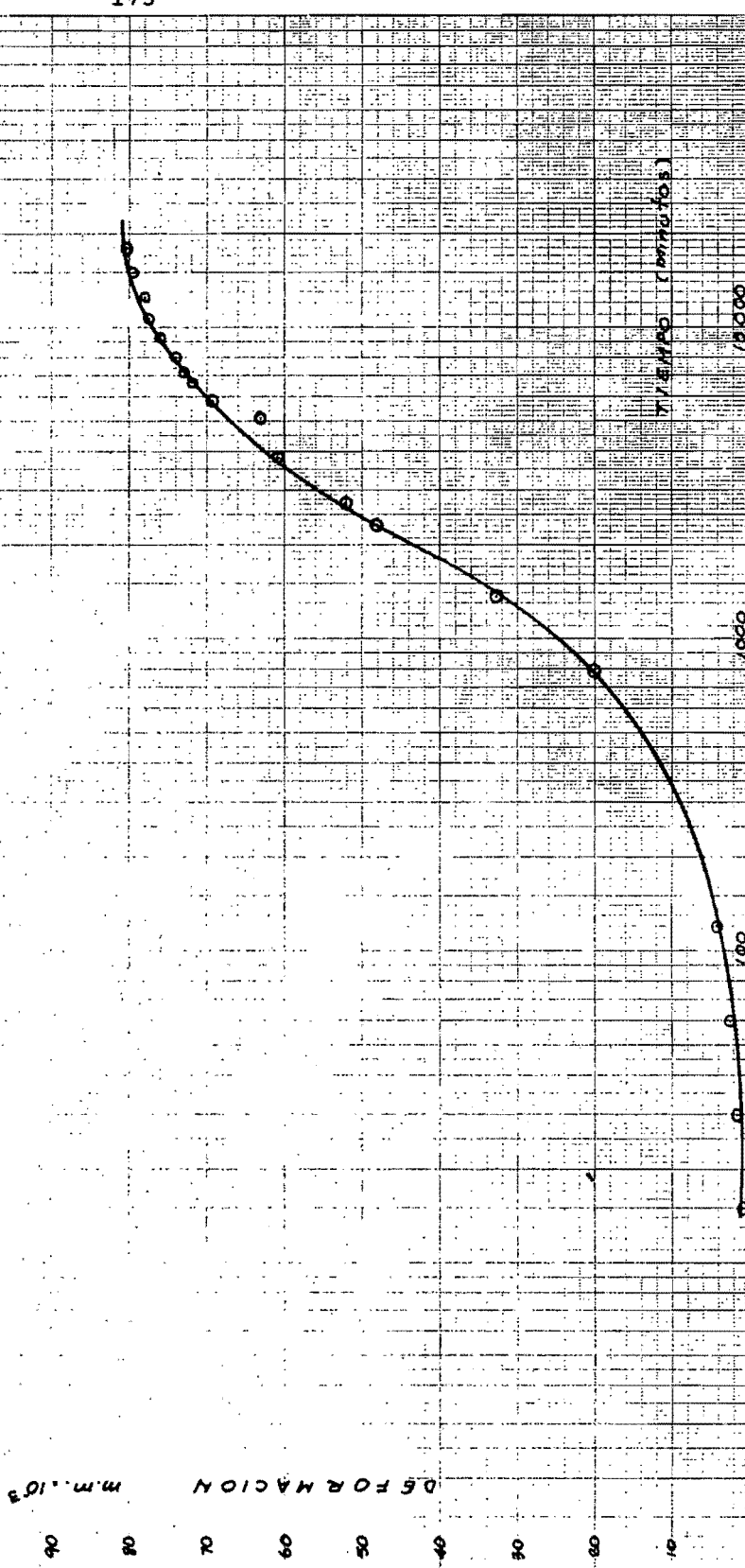
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO S.A.

FIG. 16 C EXPANSION VS. TIEMPO

PRUEBA C3 H213

σ_f : 2.00 K/cm²

SATURACION LENTA



6210-714

SENIOR ENGINEER
GEORGE W. BROWN
PROPERTY CONTROL DIVISION

FIG 19.C EXPANSION VS. TIEMPO

PRUEBA : C3.M3.16

UV: 3.00 K/cm²

SATURACION LENTA

DEFORMACION
M.M. · 10³

TIEMPO (MINUTOS)

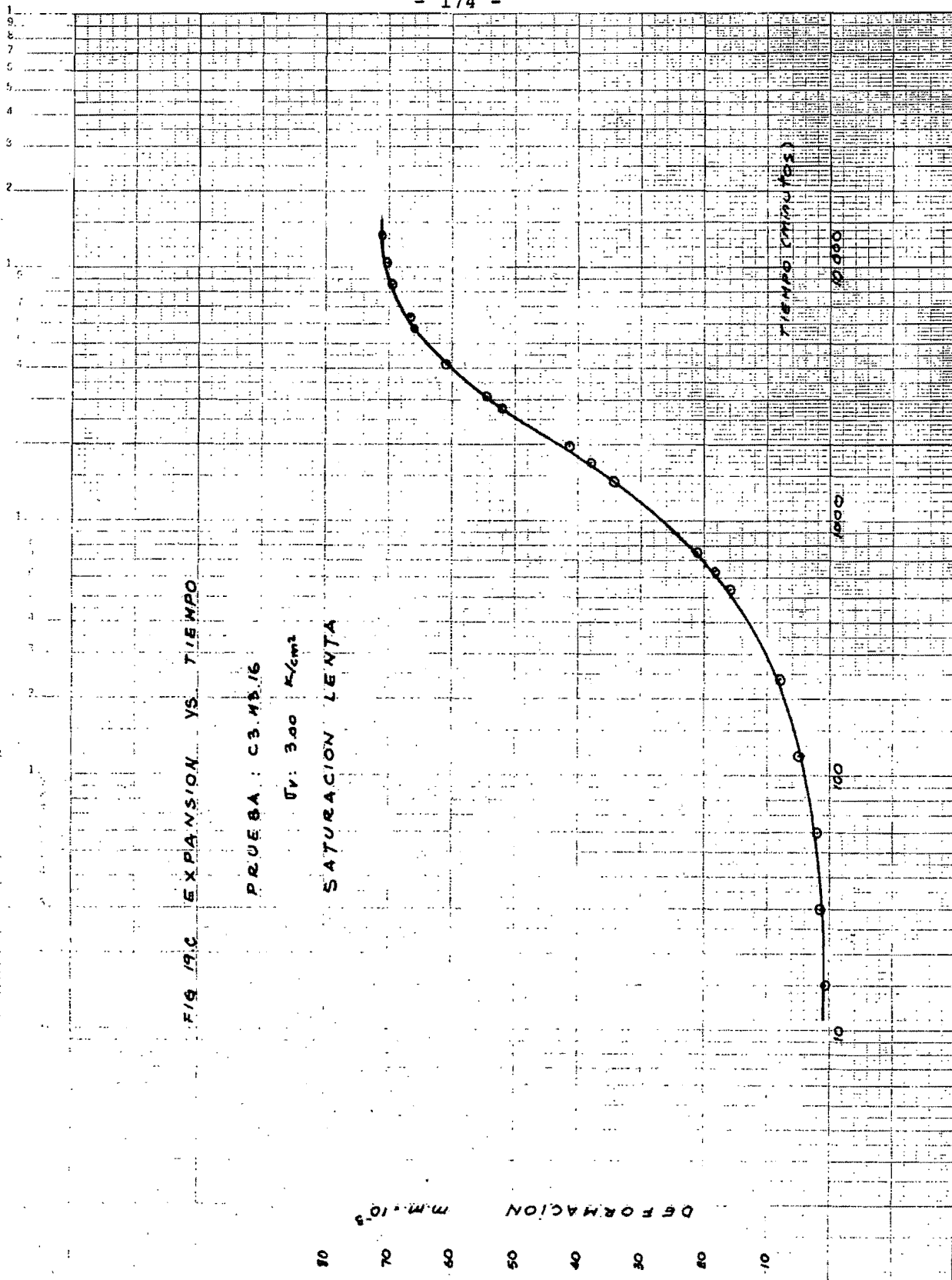


TABLA N° 4.C. Variación del grado de expansión (ρ_e) con el tiempo.

Saturación : RAPIDA

PRUEBA: C4.M2.5 $\delta_t: 150 \cdot 10^2 \text{ mm}$
 $\nabla v: 0.50 \text{ K/cm}^2$ $t_0: 10 \text{ min.}$

t	t - t ₀	δ_t	ρ_e
min	min	$10^2 \cdot \text{mm}$	(%)
10	0	0	0
18	8	2.5	1.7
25	15	4.5	3.0
40	30	7.4	4.9
70	60	11.0	7.3
130	120	18.0	12.0
220	210	27.5	18.3
1245	1235	99.4	66.3
1435	1425	100.6	67.1
1665	1655	107.5	71.7
2185	2175	118.0	78.7
2620	2610	124.6	83.1
2815	2805	127.3	84.9
3100	3090	130.3	86.9
3707	3697	135.6	90.4
3985	3975	137.3	91.5
5126	5115	142.5	95.0
6789	6779	146.2	97.47
7295	7285	146.9	98.3
8485	8475	147.7	98.47

PRUEBA: C3.M2.6 $\delta_t: 162 \cdot 10^2 \text{ mm}$
 $\nabla v: 1.00 \text{ K/cm}^2$ $t_0: 10 \text{ min.}$

t	t - t ₀	δ_t	ρ_e
min	min	10^2 mm	(%)
10	0	0	0
18	8	2.3	1.4
25	15	4.8	3.0
40	30	8.0	4.9
70	60	11.6	7.2
130	120	14.0	8.6
250	240	18.8	11.6
490	480	43.8	27.0
610	600	53.8	33.2
1345	1335	95.7	59.1
1745	1735	108.3	66.9
2765	2755	128.9	79.6
3009	2999	132.6	81.9
3249	3239	135.5	83.6
3515	3505	138.1	85.2
4155	4145	143.8	88.8
4580	4570	146.0	90.1
5060	5050	148.2	91.5
6095	6085	152.0	93.8
7255	7245	154.7	95.5

t : tiempo

t₀ : tiempo de ajuste

δ_t : expansión para un tiempo t.

δ_t : expansión total.

ρ_e : grado de expansión. = δ_t / δ_t

TABLA N° 5.C. Variación del grado de expansión (ρ_e) con el tiempo.

Saturación : RAPIDA

PRUEBA: C2.M2.7 $\delta_f: 61 \cdot 10^{-2} \text{ m.m.}$
 $\sigma_v: 2.00 \text{ K/cm}^2$ to: 10 min. □

t	t - to	δ_t	ρ_e
min	min	10^{-2} mm	(%)
10	0	0	0
25	15	2.0	3.3
40	30	3.6	5.9
70	60	8.7	14.3
130	120	13.7	22.5
250	240	21.5	35.3
490	480	27.0	44.3
1486	1476	48.6	79.7
1730	1720	51.5	84.4
1970	1960	53.2	87.2
2236	2226	54.6	89.5
2876	2866	56.7	93.0
3136	3126	57.4	94.1
3301	3291	57.6	94.4
3436	3426	57.8	94.8
3791	3781	58.4	95.7
4311	4301	59.3	97.2
4816	4806	59.3	97.2

PRUEBA: C1.M2.8 $\delta_f: 20.5 \cdot 10^{-2} \text{ m.m.}$
 $\sigma_v: 3.00 \text{ K/cm}^2$ to: 10 min. x

t	t - to	δ_t	ρ_e
min	min	10^{-2} mm	(%)
10	0	0	0
40	30	0.7	2.5
70	60	2.0	7.0
130	120	3.7	13.0
620	610	20.4	71.6
870	860	23.5	82.5
1045	1035	24.5	86.0
1180	1170	25.3	88.8
1535	1525	26.7	93.7
2145	2135	27.5	96.5
2355	2345	27.5	96.5
2550	2540	27.5	96.5

t : tiempo

to : tiempo de ajuste

δ_t : expansión para un tiempo t.

δ_f : expansión total.

ρ_e : grado de expansión. = δ_t / δ_f

TABLA N° 6.C. Variación del grado de expansión (ρ_e) con el tiempo.

Saturación : LENTA

PRUEBA: C4.H3.15 $\delta_f: 205 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$
 $\sigma_v: 0.10 \text{ K/cm}^2$ $t_0: 30 \text{ min.}$ N.4

t	t - t ₀	δ_t	ρ_e
min	min	10^{-2} mm	(%)
30	0	0	0
45	15	3.8	1.85
50	20	6.0	2.93
60	30	10.8	5.27
110	80	25.8	12.59
150	120	32.3	15.76
270	240	52.0	25.37
1472	1442	161.9	78.98
1772	1742	173.1	84.44
2107	2077	181.1	88.34
2902	2872	190.2	92.78
4302	4272	194.6	94.93
8550	8520	198.8	96.98
17150	17120	202.5	98.78
24350	24320	204.9	99.95

PRUEBA: C1.M2.11 $\delta_f: 135 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$
 $\sigma_v: 0.50 \text{ K/cm}^2$ $t_0: 30 \text{ min.}$ N.

t	t - t ₀	δ_t	ρ_e
min	min	10^{-2} mm	(%)
30	0	0	0
45	15	1.6	0.5
60	30	3.0	2.2
90	60	5.0	3.7
150	120	7.6	5.6
270	240	10.3	7.6
369	339	11.9	8.8
1654	1624	31.6	23.4
2514	2484	41.6	30.8
3164	3134	47.9	35.5
3984	3954	57.0	42.2
4624	4594	64.0	47.4
5434	5404	71.7	53.1
6019	5989	76.3	56.5
6969	6939	82.8	61.3
8494	8464	90.8	67.3
10404	10374	99.8	74.0
11853	11823	104.8	77.6
15543	15513	118.8	84.3
18445	18415	120.5	89.3
25583	25553	128.6	95.2
34268	34238	133.0	98.5

t : tiempo t₀ : tiempo de ajuste
 δ_t : expansión para un tiempo t.
 δ_f : expansión total.
 ρ_e : grado de expansión. = δ_t / δ_f

TABLA N° 7.C. Variación del grado de expansión (f_e) con el tiempo.

Saturación : LENTA

PRUEBA: C2.M2.12 $\delta_f: 105 \cdot 10^2 \text{ mm}$
 $\sigma_v: 1.00 \text{ K/cm}^2$ $t_0: 30 \text{ min.}$ Δ

t	t - t ₀	δ_f	f_e
min	min	10^2 mm	(%)
30	0	0	0
34	4	1.2	1.1
38	8	2.7	2.6
45	15	4.3	4.1
60	30	7.9	7.5
90	60	10.2	9.7
150	120	13.9	13.2
270	240	18.2	17.3
435	405	22.2	21.1
655	625	27.2	25.9
1475	1445	46.1	43.9
2015	1985	58.1	55.3
2805	2775	69.1	65.8
3390	3360	75.9	72.3
4340	4310	82.1	78.2
5870	5840	88.9	84.7
7780	7750	94.3	89.8
8925	8895	96.8	92.2
10055	10035	98.2	93.5
12105	12075	100.0	95.2
14490	14460	101.6	96.8
17248	17218	102.9	98.0
18692	18662	103.3	98.4

PRUEBA: C3.M2.13 $\delta_f: 82 \cdot 10^2 \text{ mm}$
 $\sigma_v: 2.00 \text{ K/cm}^2$ $t_0: 30 \text{ min.}$ \sim

t	t - t ₀	δ_f	f_e
min	min	10^2 mm	(%)
30	0	0	0
60	30	1.5	1.8
90	60	2.5	3.1
150	120	4.1	5.0
828	798	20.2	24.6
1418	1388	32.9	40.1
2363	2333	48.1	58.7
2778	2748	52.2	63.7
3893	3863	61.1	74.5
5178	5148	63.1	77.0
5803	5773	69.2	84.4
6683	6653	72.0	87.8
6948	6918	72.3	88.2
7248	7218	73.0	89.0
8088	8058	74.1	90.4
9498	9468	76.1	92.8
10128	10098	76.8	93.7
10938	10908	77.8	94.9
12643	12613	78.0	95.1
13840	13810	79.6	97.0
15261	15231	79.9	97.4
16708	16678	80.2	97.8
18111	18081	80.2	97.8

t : tiempo

t₀ : tiempo de ajuste

δ_f : expansión para un tiempo t.

δ_f : expansión total.

f_e : grado de expansión. = δ_t / δ_f

TABLA N° 8C. Variación del grado de expansión (ρ_e) con el tiempo .

Saturación : LENTA

PRUEBA: G3 M316 $\delta_f: 73 \times 10^2 \text{ mm}$
 $\sigma_v: 3.00 \text{ K/cm}^2$ $t_0: 30 \text{ min.}$ > C

t	t - t ₀	δ_t	ρ_e
min	min	10^2 mm	(%)
30	0	0	0
60	30	1.1	1.51
90	60	2.2	3.01
150	120	5.0	6.85
270	240	8.0	10.96
570	540	15.9	21.78
674	644	18.1	24.79
794	764	21.1	28.9
1463	1433	34.1	46.71
1729	1699	37.9	51.92
1969	1939	41.3	56.6
2069	2039	42.9	58.7
2869	2839	52.1	71.4
3189	3159	54.1	74.7
3369	3339	55.6	76.2
4329	4299	61.1	83.7
5769	5739	65.9	90.2
6244	6214	66.6	91.2
8634	8604	69.4	95.1
10539	10509	70.3	96.3
11979	11949	70.9	97.1
13517	13487	71.1	97.4

PRUEBA : $\delta_f:$
 $\sigma_v:$ _____ $t_0:$ _____

t	t - t ₀	δ_t	ρ_e
min	min	10^2 mm	(%)

t : tiempo t₀ : tiempo de ajuste

δ_t : expansión para un tiempo t.

δ_f : expansión total.

ρ_e : grado de expansión. = δ_t / δ_f

6210-714

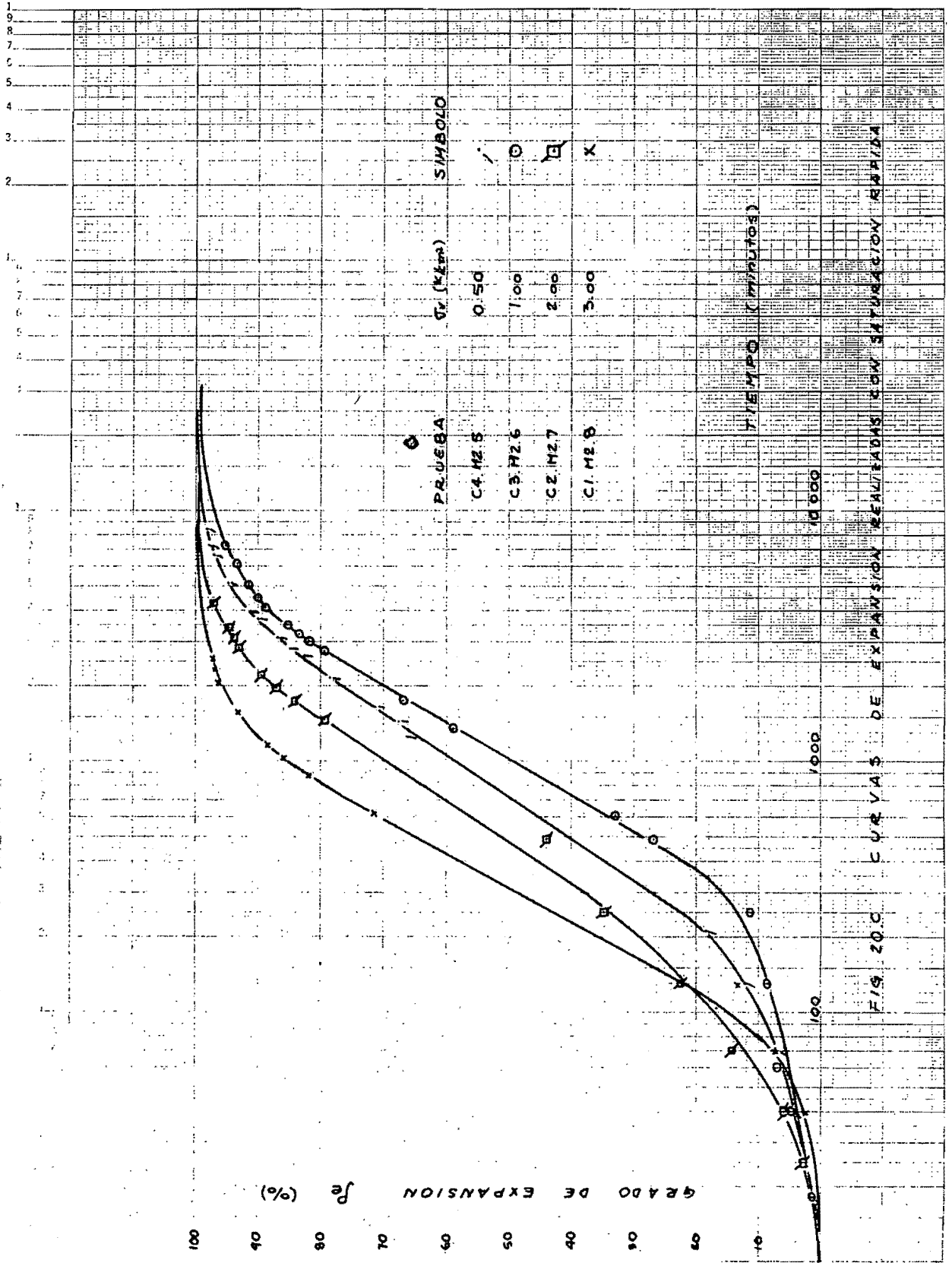


FIG. 20.C CURVAS DE EXPANSION REALIZADAS CON SATURACION RAPIDA

6210-714

SEMILÓGARITMICO
 510 A LOS 87 DIVISIONES
 HORIZONAL EN PENALUCONES 2 A

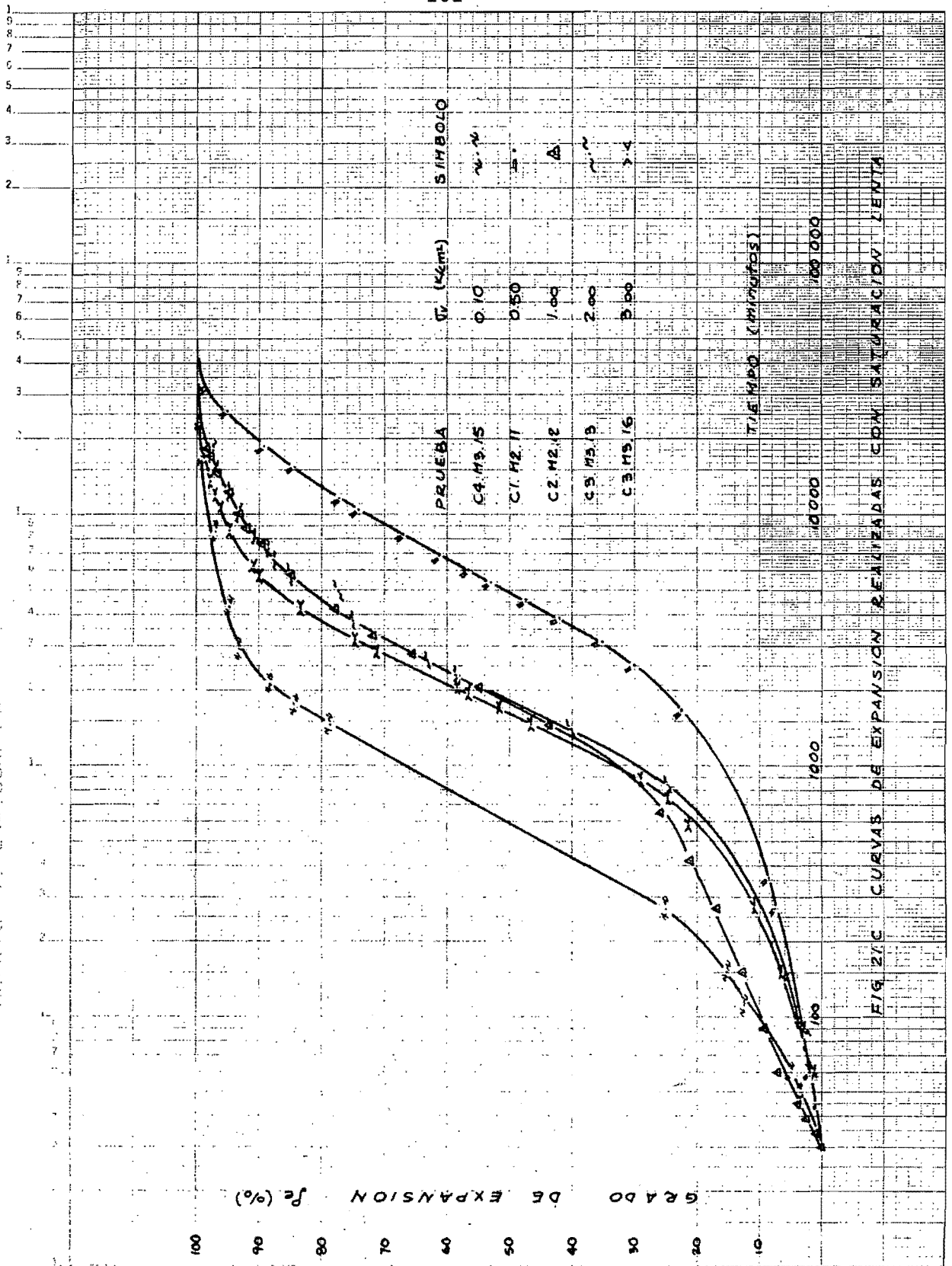
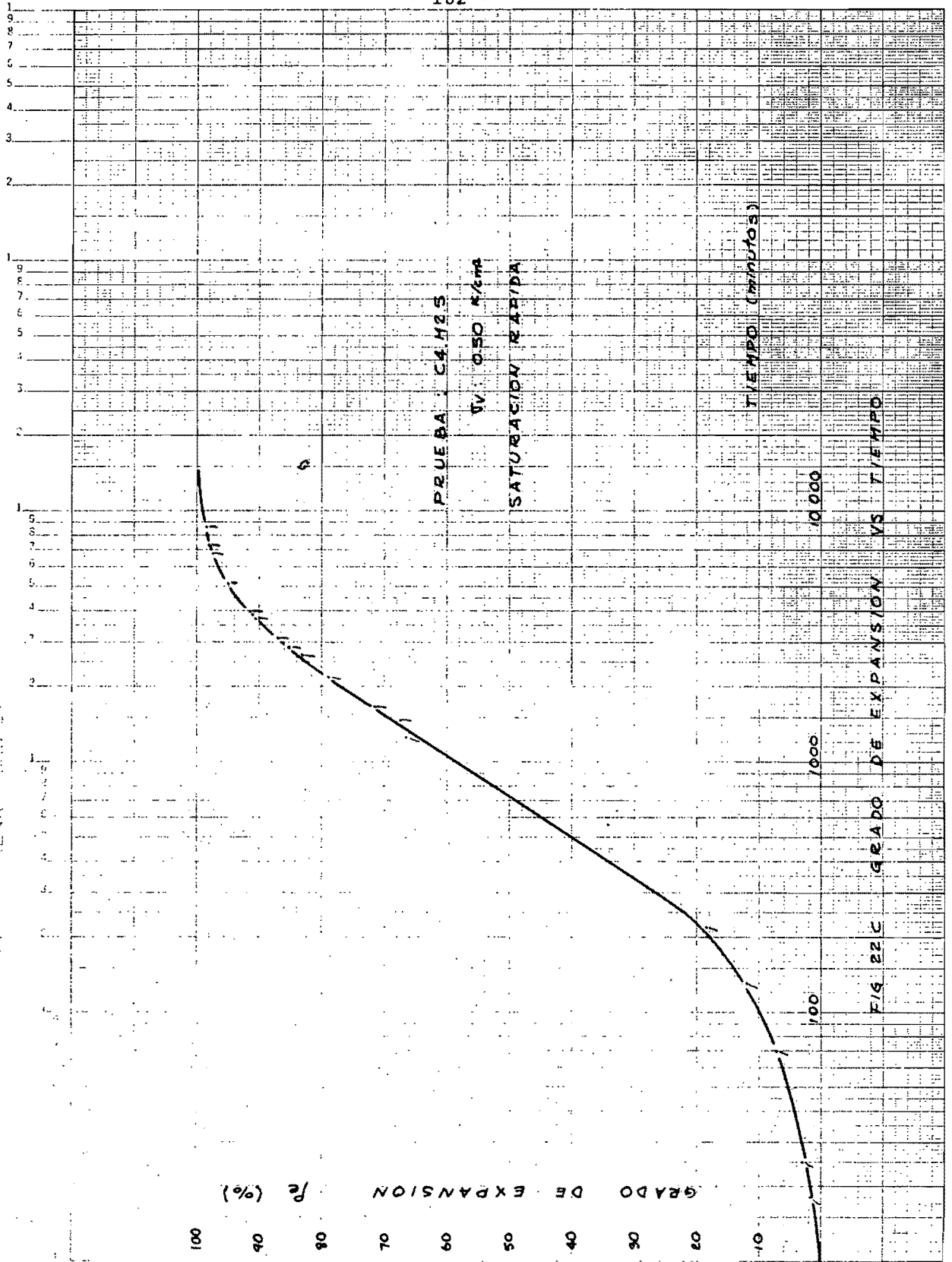


FIG 27C CURVAS DE EXPANSION REALIZADAS CON SATURACION LENTA

6210-714

SENTEC S.A. S. DE C.V.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES
CALLE TOLUCA 1000, TOLUCA, TOLUCA, S.P.A.



6210-714

SEMI-ANALISIS DE
CIMENTOS
MEXICANOS

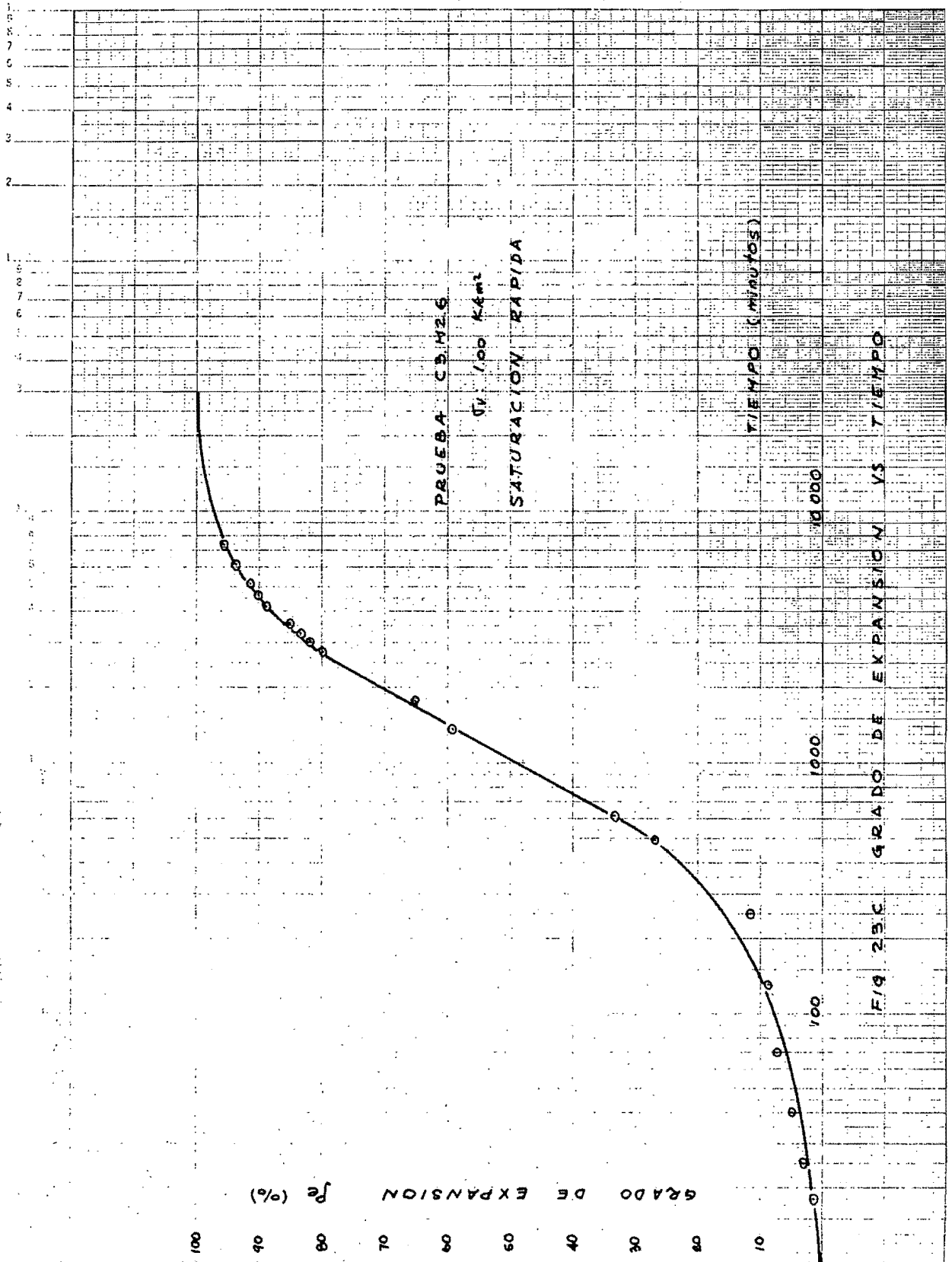


FIG 23C

6210-714

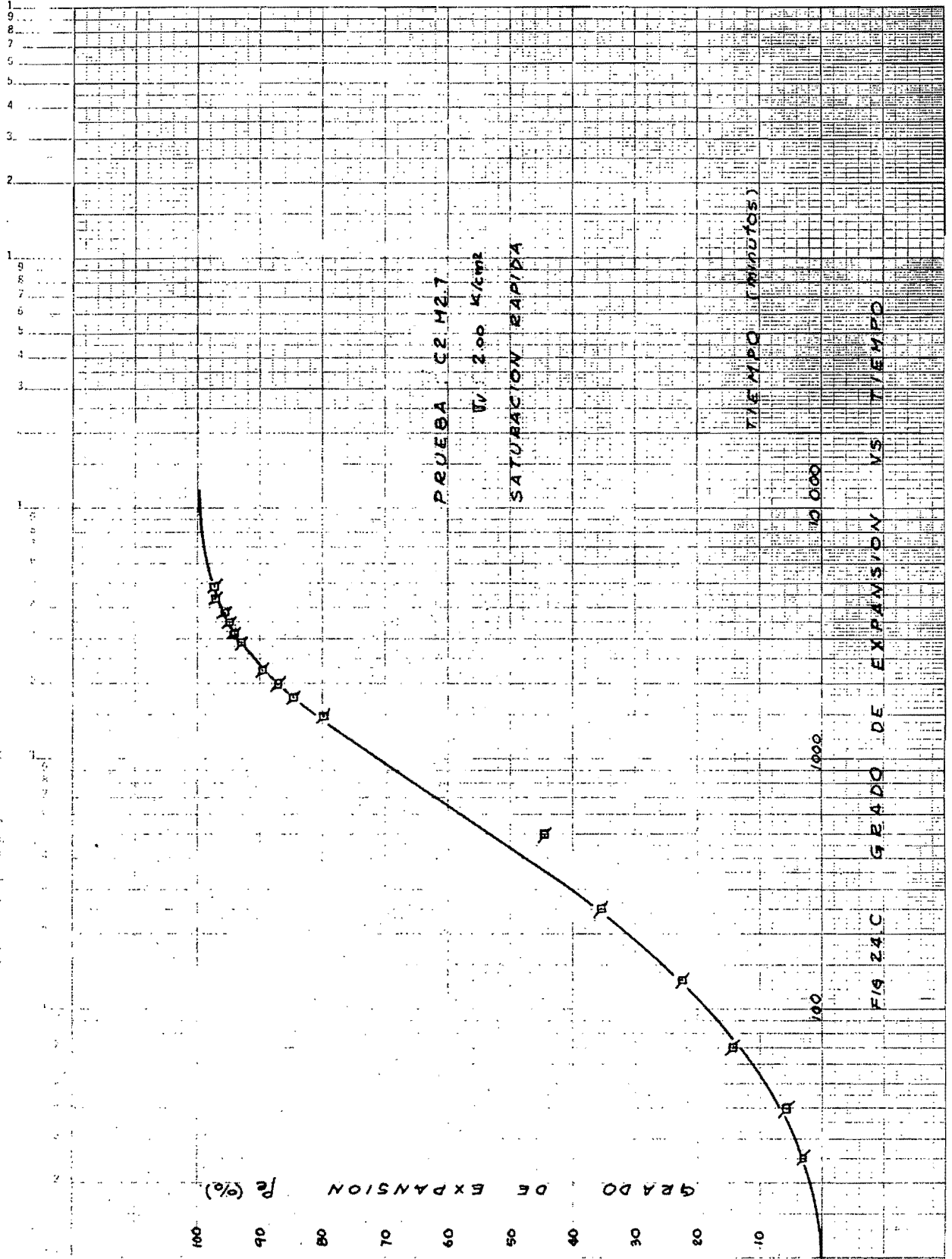


FIG 24 C

6210-714

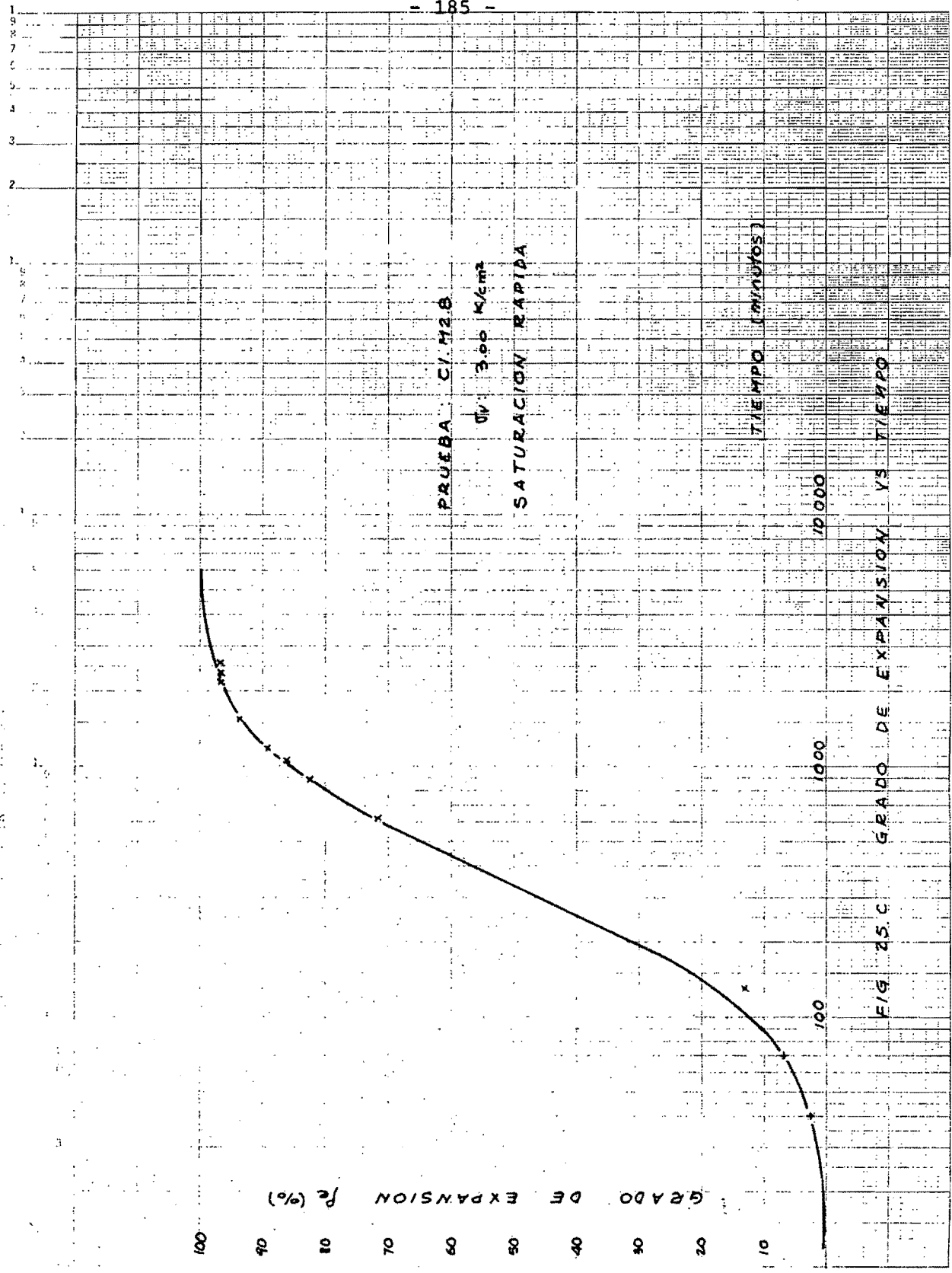


FIG 25.C GRADO DE EXPANSION VS TIEMPO

5210-714

SEMI LABORATORIO
SICILIA 75 DIVISIONES
HORRY 75 DIVISIONES

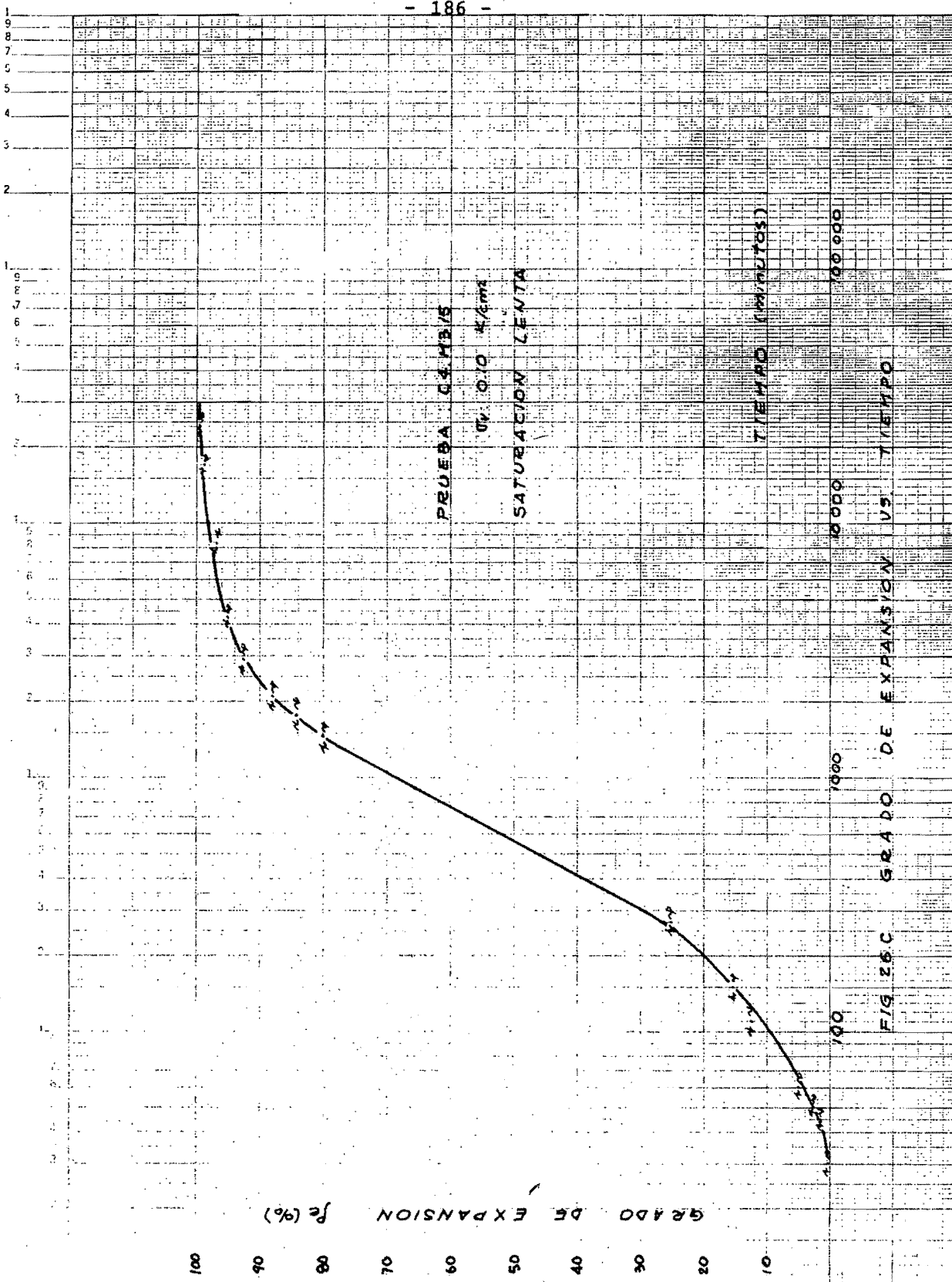
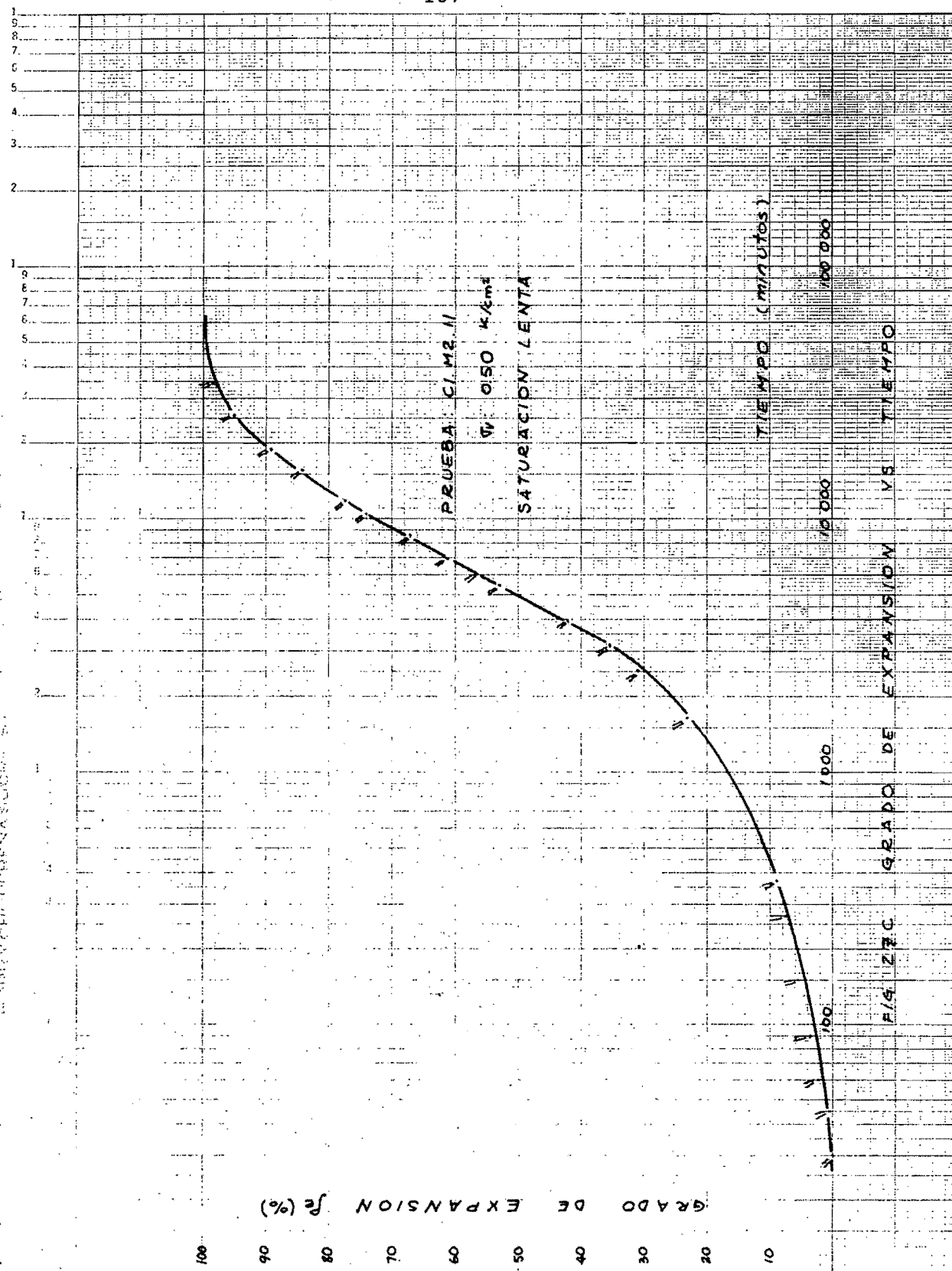


FIG 28C

6210-714

SEMI LOGARITMICO
Escala 10 x 7 DIVISIONES
WATERBURY CHEMICAL INDUSTRIES



6210-714

GRUPO DE INVESTIGACIONES
DE MATERIALES

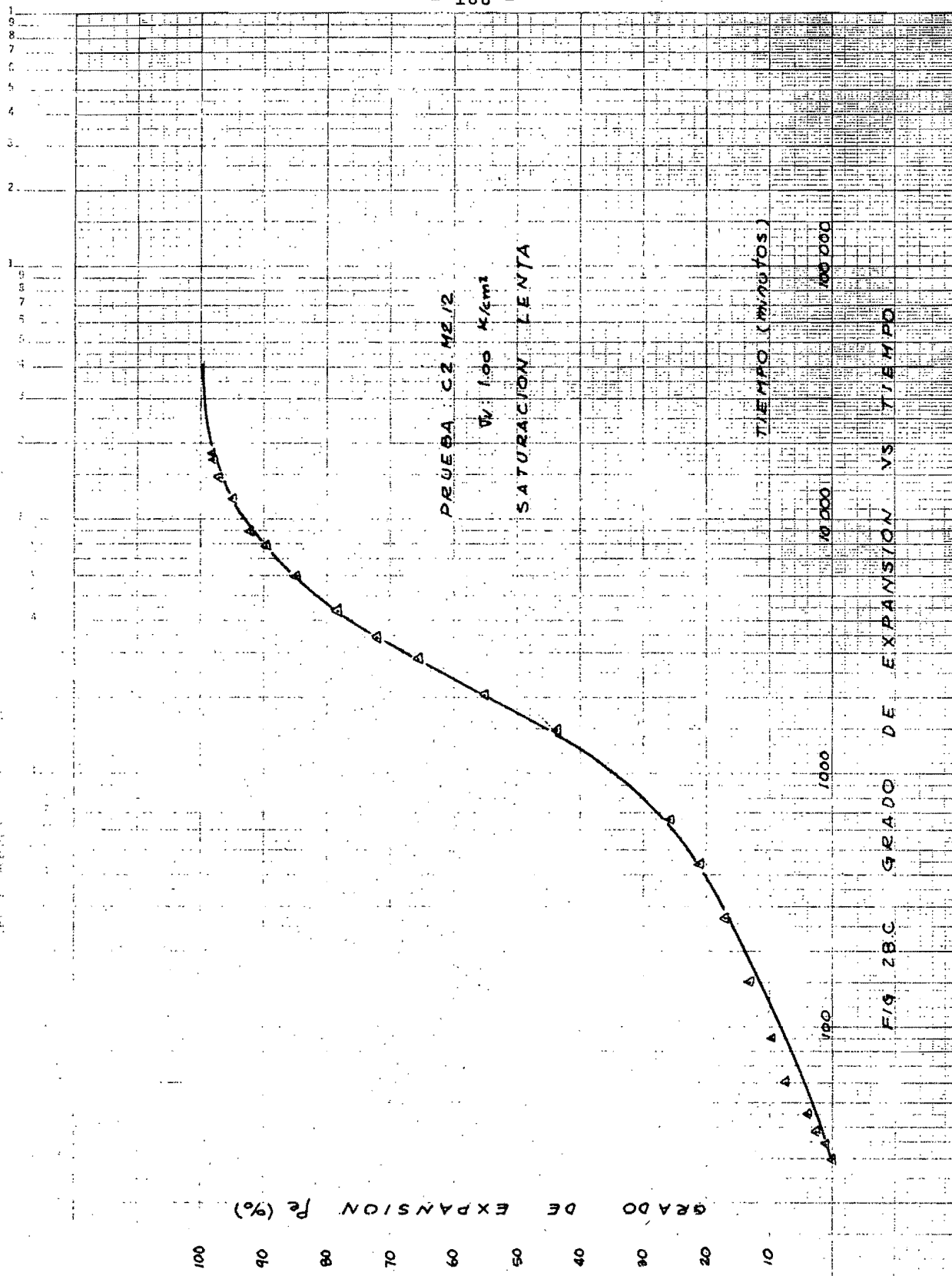
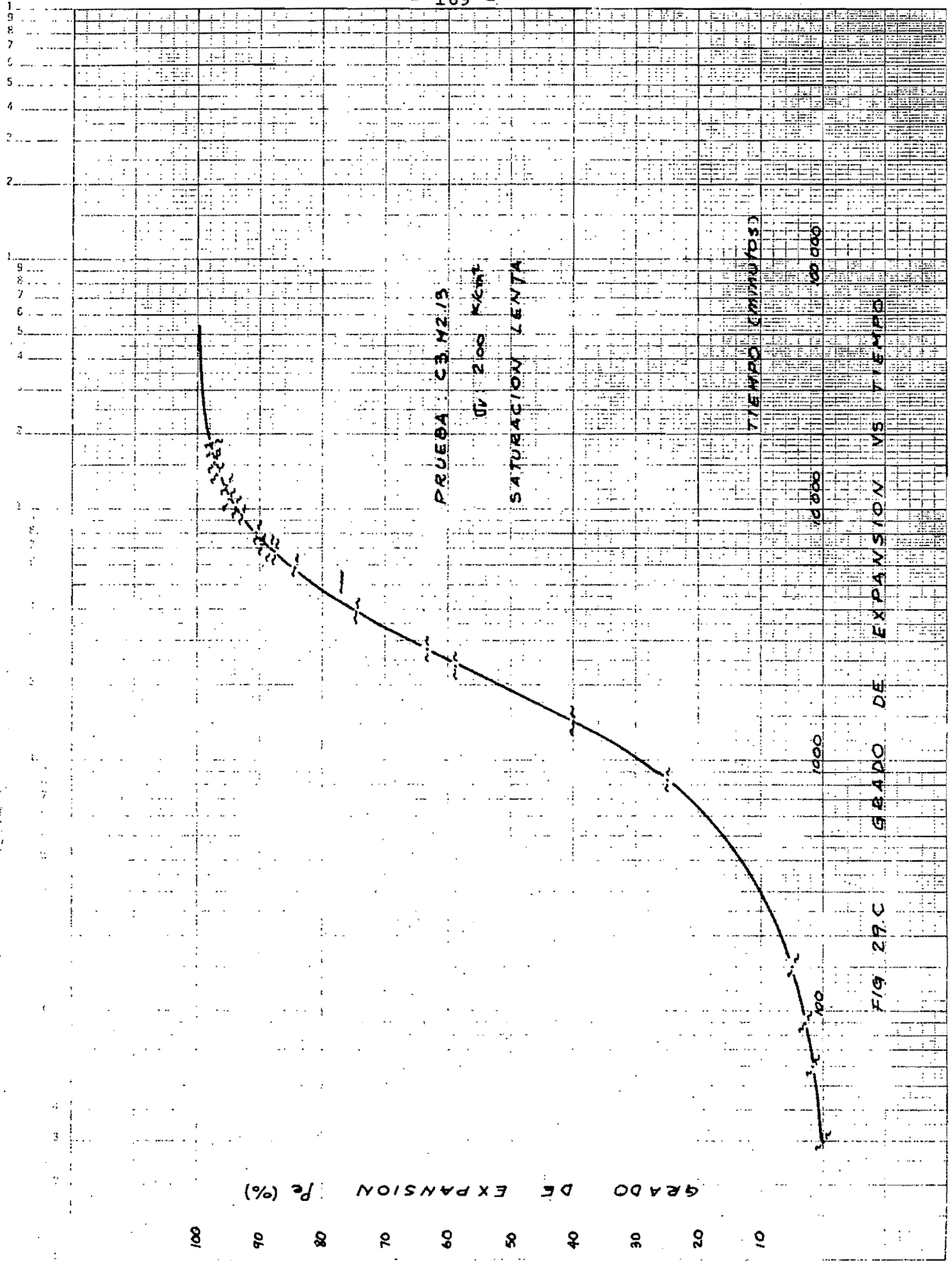


FIG 2BC GRADO DE EXPANSION VS TIEMPO

6210-714

SEY. PORTAICO
DEL COMISIONES
DE INGENIERIA



6210-714

SE MUESTRAN EN ESTE GRÁFICO
LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA
DE SATURACIÓN LENTA

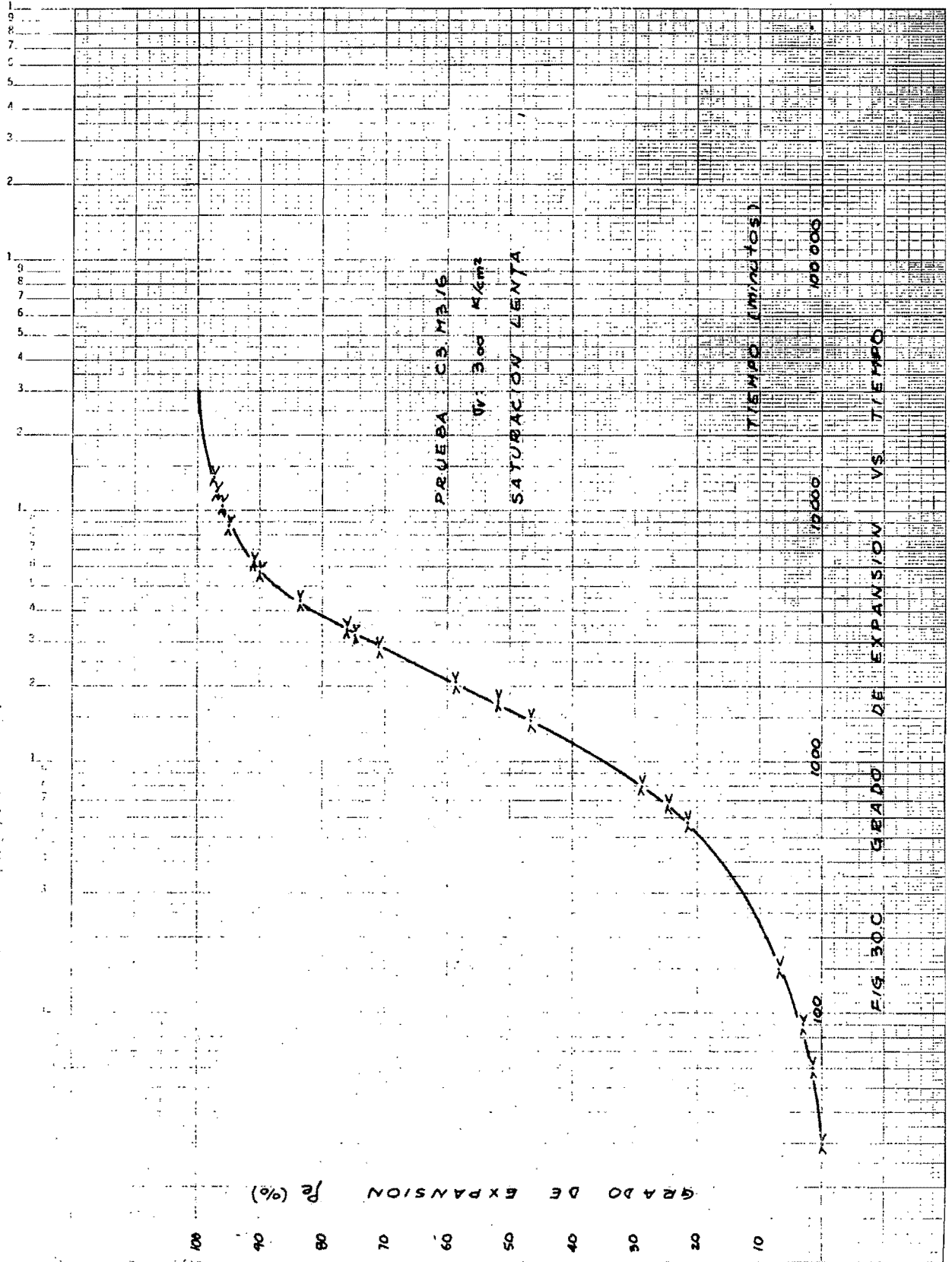


FIG. 30.C

TABLA No. 9.C

Determinación de la altura de sólidos (H_s) y de la relación de vacíos en estado natural (e_{nat}).

ENSAYO	H_1 m.m	Area cm.	s_s	W_s	H_s m.m.	e_{nat} .
C4M315	14.98	49.99	2.74	136.90	9.995	0.499
C4M25	19.90	50.37	2.76	187.80	13.509	0.473
C3M26	19.80	50.11	2.73	185.97	13.594	0.457
C2M27	19.90	50.37	2.72	180.29	13.159	0.512
C1M28	14.70	50.37	2.72	133.55	9.748	0.508
C1M211	15.00	50.24	2.76	138.68	10.001	0.500
C2M212	15.00	50.24	2.72	138.15	10.110	0.484
C3M213	15.00	50.24	2.73	139.84	10.196	0.471
C3M316	14.90	50.24	2.77	136.80	9.830	0.516
C4M314	14.70	50.24	2.74	132.93	9.657	0.522

$$H_s = \frac{W_s}{A \cdot s_s \cdot w}$$

$$e_{nat} = \frac{H_1 - H_s}{H_s}$$

H_1 : altura inicial de la muestra, corresponde al espesor de la pastilla de prueba.

s_s : gravedad específica

w : peso de los sólidos

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUJOS. CORD
 ENSAYO Nº : C4.H2.5
 MUESTRA Nº : 2 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba : _____
 $H_s = 13.509$ mm. $H_l = 19.9$ mm

FECHA : _____

OPERADOR : _____

CALCULO : _____

TABLA Nº 10.C

Fecha en que se aplicó el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presion	Lectura micrometro	Deformación $\Delta S'$	Corrección por deformac. del aparato ΔS_a	Deformación corregida ΔS_c	$H_{m_c} - H_s$	Relación de vacios e	Deformación Unitaria ϵ	e Corregida
14.8.78	0	0	7.999	0	0	0	6.391	0.473	0	0.522
15.8.78	23	0.25	7.635	-0.364	0.022	-0.342	6.049	0.448	-1.712	0.497
16.8.78	24	0.50	7.425	-0.210	0.018	-0.162	5.887	0.436	-2.527	0.485
22.8.78	141	EXP.	8.902	+1.477	0	1.477	7.364	0.545	7.599	0.594
25.8.78	63	1.00	8.789	-0.113	0.023	-0.090	7.274	0.538	7.135	0.587
27.8.78	50	2.00	8.419	-0.370	0.035	-0.335	6.939	0.514	5.408	0.563
29.8.78	44	3.00	8.086	-0.333	0.029	-0.304	6.635	0.491	3.841	0.540
30.8.78	55	4.00	7.815	-0.271	0.023	-0.248	6.387	0.473	2.562	0.522
31.8.78	40	5.00	7.605	-0.210	0.021	-0.189	6.198	0.459	1.588	0.508
1.9.78	34	6.00	7.364	-0.241	0.018	-0.223	5.975	0.442	0.439	0.491
		D	E	S	C	A	R	G	A	
1.9.78	68	4.00	7.442	0.042	-0.033	0.009	5.984	0.443	0.485	
4.9.78	24	3.00	7.535	0.093	-0.024	0.069	6.053	0.448	0.841	
5.9.78	4	2.00	7.635	0.100	-0.031	0.069	6.122	0.453	1.196	
5.9.78	9	1.00	7.871	0.236	-0.036	0.200	6.322	0.468	2.227	
6.9.78	13	0.50	7.989	0.118	-0.023	0.095	6.417	0.475	2.717	
6.9.78	3	0.25	8.170	0.181	-0.016	0.165	6.582	0.487	3.568	
7.9.78	14	0	9.020	0.850	-0.029	0.821	7.403	0.548	7.800	

OBSERVACIONES: _____

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N° : 03.M2.6
 MUESTRA N° : 2 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba : _____

H_g = 13.594 mm. H_i = 19.8 mm

FECHA : _____

OPERADOR : _____

CALCULO : _____

TABLA N° 11.C

Fecha en que se aplicó el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presion	Lectura micrometro	Deformación Δδ'	Corrección por deformac. del aparato Δδ _a	Deformación corregida Δδ _c	H _m - H _s	Relación de vacíos e	Deformación Unitaria ε	e Corregida
—	Hrs.	kg/cm ²	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	—	%	—
16.8.78	0	0	7.541	0	0	0	6.206	0.457	0	0.522
16.8.78	24	0.25	7.321	-0.220	0.016	-0.204	6.002	0.442	-1.063	0.507
17.8.78	24	0.50	7.250	-0.071	0.012	-0.059	5.943	0.437	-1.360	0.502
18.8.78	14	1.00	7.182	-0.068	0.019	-0.049	5.894	0.434	-1.680	0.499
19.8.78	20	EXP.	8.730	1.548	0	1.548	7.442	0.547	7.911	0.612
24.8.78	48	2.00	8.570	-0.160	0.026	-0.134	7.308	0.538	7.224	0.603
26.8.78	44	3.00	8.360	-0.210	0.022	-0.188	7.120	0.524	6.259	0.589
28.8.78	49	4.00	8.150	-0.210	0.019	-0.191	6.929	0.510	5.280	0.575
30.8.78	48	5.00	7.979	-0.171	0.018	-0.153	6.776	0.498	4.495	0.563
31.8.78	35	6.00	7.780	-0.199	0.017	-0.182	6.594	0.485	3.561	0.550
1.9.78	8	D	E	S	C	A	R	G	A	
		6.00	7.817	0.037	-0.015	0.022	6.616	0.487	3.674	
1.9.78	20	4.00	7.859	0.042	-0.018	0.024	6.640	0.488	3.797	
4.9.78	4	3.00	7.920	0.061	-0.024	0.037	6.677	0.491	3.987	
5.9.78	7	2.00	8.050	0.130	-0.031	0.099	6.776	0.498	4.495	
6.9.78	13	1.00	8.250	0.200	-0.036	0.164	6.940	0.511	5.336	
6.9.78	3	0.50	8.341	0.091	-0.023	0.068	7.008	0.516	5.685	
6.9.78	7	0.25	8.499	0.158	-0.016	0.142	7.150	0.526	6.413	
7.9.78	14	0	9.408	0.909	-0.029	0.880	8.030	0.591	10.928	

OBSERVACIONES: _____

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUJOS, CORO
 ENSAYO N° : C1. M2.8
 MUESTRA N° : 2 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba : _____
 $H_s = 9.748$ mm. $H_l = 14.7$ mm

FECHA : _____
 OPERADOR : _____
 CALCULO : _____

TABLA N° 13.C

Fecha en que se aplicó el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presion	Lectura micrometro	Deformación $\Delta \delta'$	Corrección por deformac. del aparato $\Delta \delta_a$	Deformación corregida $\Delta \delta_c$	$H_c - H_s$	Relación de vacías e	Deformación Unitaria ϵ	e Corregida
—	Hrs.	kg/cm ²	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	—	%	—
18.8.78	0	0	8.278	0	0	0	4.952	0.608	0	0.522
18.8.78	12	0.26	8.169	-0.109	0.012	-0.097	4.856	0.498	-0.660	0.512
19.8.78	6	0.50	8.112	-0.057	0.010	-0.047	4.808	0.493	-0.979	0.507
19.8.78	17	1.00	8.035	-0.077	0.018	-0.059	4.749	0.487	-1.381	0.501
20.8.78	23	2.00	7.958	-0.077	0.029	-0.049	4.700	0.482	-1.714	0.496
21.8.78	12.5	3.00	7.905	-0.053	0.026	-0.027	4.673	0.479	-1.898	0.493
21.8.78	44	EXP.	8.178	0.273	0	0.273	4.946	0.507	1.919	0.521
23.8.78	60	4.00	8.036	-0.142	0.023	-0.119	4.827	0.495	1.094	0.509
27.8.78	44	5.00	7.881	-0.155	0.024	-0.131	4.696	0.482	0.185	0.496
29.8.78	48	6.00	7.729	-0.152	0.023	-0.129	4.567	0.469	-0.710	0.483
		D	E	S	C	A	R	G	A	
31.8.78	6	5.00	7.750	0.021	-0.023	0	4.567	0.469	-0.710	
31.8.78	3	4.00	7.850	0.100	-0.025	0.075	4.642	0.476	-0.189	
1.9.78	10	3.00	7.970	0.120	-0.025	0.095	4.737	0.486	0.470	
2.9.78	68	2.00	8.120	0.150	-0.025	0.125	4.862	0.499	1.337	
5.9.78	10	1.00	8.250	0.130	-0.030	0.100	4.962	0.509	2.030	
6.9.78	12	0.50	8.405	0.155	-0.018	0.137	5.099	0.523	2.981	
6.9.78	3	0.25	8.706	0.301	-0.011	0.290	5.389	0.553	4.992	
6.9.78	7	0	9.010	0.304	-0.014	0.290	5.679	0.583	7.003	

OBSERVACIONES: _____

OBRA: TESIS
 LOCALIZACION: PARQUE LOS ORUMOS. CORO
 ENSAYO N°: C4. M3.15
 MUESTRA N°: 3 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION: _____

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
CONSOLIDACION
 (RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba: _____

$H_s =$ 9.996 mm. $H_i =$ 14.980 mm

TABLA N° 14.C

FECHA: _____

OPERADOR: _____

CALCULO: _____

Fecha en que se aplica el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presion	Lectura micrometro	Deformación $\Delta \delta'$	Corrección por deformac. del aparato $\Delta \delta_a$	Deformación corregida $\Delta \delta_c$	$H_c - H_s$	Relación de vacíos e	Deformación Unitaria ϵ	e Corregida
—	Hrs.	kg/cm ²	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	—	%	—
30.9.78	0	0	8.240	0	0	0	4.985	0.499	0	0.522
30.9.78	23	0.10	8.192	-0.048	0.009	-0.039	4.946	0.495	-0.277	0.518
1.10.78	405	EXP.	10.289	2.097	0	2.097	7.043	0.705	14.024	0.728
18.10.78	48	0.50	10.108	-0.181	0.031	-0.150	6.893	0.690	13.020	0.713
20.10.78	495	1.00	9.789	-0.319	0.023	-0.296	6.597	0.660	11.039	0.683
22.10.78	45	2.00	9.338	-0.451	0.035	-0.416	6.181	0.618	8.255	0.641
24.10.78	483	3.00	9.050	-0.288	0.029	-0.259	5.922	0.592	6.521	0.615
26.10.78	347	4.00	8.861	-0.189	0.023	-0.166	5.756	0.576	5.411	0.599
27.10.78	395	6.00	8.528	-0.333	0.039	-0.294	5.462	0.546	3.443	0.569
29.10.78	29	8.00	8.302	-0.226	0.032	-0.194	5.268	0.527	2.145	0.546
		D	E	S	C	A	R	G	A	
30.10.78	1	6.00	8.337	0.035	-0.027	0.008	5.276	0.528	2.198	
	1	4.00	8.401	0.064	-0.033	0.031	5.807	0.531	2.406	
	1	3.00	8.442	0.041	-0.024	0.017	5.324	0.533	2.519	
	1	2.00	8.488	0.046	-0.031	0.015	5.339	0.534	2.620	
	1	1.00	8.550	0.062	-0.036	0.026	5.365	0.537	2.794	
	1	0.50	8.650	0.100	-0.023	0.077	5.442	0.544	3.309	
	10	0	9.029	0.379	-0.045	0.334	5.776	0.578	5.644	

OBSERVACIONES: _____

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUNOS, CORO
 ENSAYO N° : C1.H2.11
 MUESTRA N° : 2 PROF. 2.00
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba : _____

H_g = 10.001 mm. H_i = 15.00 mm

TABLA N° 15C

FECHA : _____

OPERADOR : _____

CALCULO : _____

Fecha en que se aplicó el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presion	Lectura micrometro	Deformación ΔS^N	Corrección por deformac. del aparato ΔS_a	Deformación corregida ΔS_c	H _c - H _s	Relación de vacios e	Deformación Unitaria ϵ	e Corregida
—	Hrs.	kg/cm ²	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	—	%	—
7.9.78	0	0	6.148	0	0	0	4.999	0.500	0	0.522
7.9.78	24	0.25	6.051	-0.097	0.012	-0.085	4.914	0.491	-0.577	0.513
8.9.78	80	0.50	6.012	-0.039	0.010	-0.029	4.825	0.488	-0.770	0.510
11.9.78	570.5	EXP	7.342	1.330	0	1.330	6.215	0.621	8.968	0.643
5.10.78	41.5	1.00	7.280	-0.062	0.018	-0.044	6.171	0.617	8.672	0.639
7.10.78	41.5	2.00	7.040	-0.240	0.028	-0.212	5.959	0.596	7.247	0.618
9.10.78	34	3.00	6.792	-0.248	0.026	-0.222	5.737	0.574	5.756	0.596
10.10.78	42	4.00	6.589	-0.203	0.023	-0.180	5.557	0.556	4.546	0.578
12.10.78	46.5	5.00	6.438	-0.151	0.024	-0.127	5.430	0.543	3.693	0.665
14.10.78	48.5	6.00	6.318	-0.120	0.023	-0.097	5.330	0.533	3.041	0.555
16.10.78	47.5	8.00	6.059	-0.259	0.044	-0.215	5.118	0.512	1.596	0.534
		D	E	S	C	A	R	G	A	
18.10.78	1	6.00	6.100	0.041	-0.037	0.004	5.112	0.512	1.623	
	1	5.00	6.130	0.030	-0.023	0.007	5.129	0.513	1.670	
	1	4.00	6.158	0.008	-0.025	0	5.129	0.513	1.670	
	1	3.00	6.213	0.075	-0.025	0.050	5.179	0.518	2.006	
	1	2.00	6.275	0.062	-0.025	0.037	5.216	0.522	2.256	
	1	1.00	6.360	0.085	-0.030	0.055	5.271	0.527	2.624	
	1	0.50	6.413	0.053	-0.018	0.035	5.306	0.531	2.859	
	1	0.25	6.475	0.062	-0.011	0.051	5.357	0.536	3.202	
	16	0	6.895	0.420	-0.014	0.406	5.763	0.576	5.930	

OBSERVACIONES: _____

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUMOS. CORO
 ENSAYO N° : C3.M2.13
 MUESTRA N° : 2 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba : _____
 $H_s = 10.196$ mm. $H_l = 15.00$ mm

FECHA : _____

OPERADOR : _____

CALCULO : _____

TABLA N° 17.C

Fecha en que se aplicó el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presion	Lectura micrometro	Deformación $\Delta \delta'$	Corrección por deformac. del aparato $\Delta \delta_a$	Deformación corregida $\Delta \delta_c$	$H = H_s$	Relación de vacios e	Deformación Unitaria ϵ	e Corregida
—	Hrs.	kg/cm ²	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	—	%	—
8.9.78	0	0	4.411	0	0	0	4.804	0.471	0	0.522
8.9.78	54	0.25	4.311	-0.100	0.016	-0.084	4.720	0.463	-0.549	0.514
11.9.78	27	0.50	4.289	-0.022	0.012	-0.010	4.710	0.462	-0.616	0.513
13.9.78	25	1.00	4.251	-0.038	0.019	-0.019	4.691	0.460	-0.742	0.511
14.9.78	11	2.00	4.210	-0.041	0.026	-0.015	4.676	0.459	-0.842	0.510
14.9.78	301	EXP	5.012	0.802	0	0.802	5.478	0.537	5.365	0.588
27.9.78	48	3.00	4.898	-0.114	0.022	-0.092	5.386	0.528	4.746	0.579
29.9.78	48	4.00	4.745	-0.153	0.019	-0.134	5.252	0.515	3.845	0.566
1.10.78	48	5.00	4.595	-0.150	0.018	-0.132	5.120	0.502	2.958	0.553
3.10.78	48.5	6.00	4.448	-0.147	0.017	-0.130	4.990	0.489	2.084	0.540
5.10.78	47.5	8.00	4.162	-0.286	0.028	-0.258	4.732	0.464	0.350	0.515
		D	E	S	C	A	R	G	A	
7.10.78	1	6.00	4.205	0.043	-0.027	0.016	4.748	0.466	0.457	
	1.5	5.00	4.239	0.034	-0.015	0.019	4.767	0.468	0.525	
	0.5	4.00	4.281	0.042	-0.020	0.022	4.789	0.470	0.733	
	1	3.00	4.329	0.048	-0.019	0.029	4.818	0.473	0.928	
	1	2.00	4.400	0.071	-0.022	0.049	4.867	0.477	1.257	
	1	1.00	4.489	0.089	-0.028	0.061	4.928	0.483	1.667	
	1	0.50	4.550	0.061	-0.019	0.042	4.970	0.487	1.950	
	1	0.25	4.615	0.065	-0.013	0.052	5.022	0.493	2.299	
	1	0	5.142	0.527	-0.019	0.508	5.530	0.542	5.714	

OBSERVACIONES: _____

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUMOS, CORO
 ENSAYO N° : C3. H3.16
 MUESTRA N° : 3 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba : _____
 $H_s = 9.830$ mm. $H_1 = 14.9$ mm

FECHA : _____
 OPERADOR : _____
 CALCULO : _____

TABLA N° 18.C

Fecha en que se aplicó el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presion	Lectura micrometro	Deformación $\Delta \delta'$	Corrección por deformac. del aparato $\Delta \delta_a$	Deformación corregida $\Delta \delta_c$	$H_{m_c} - H_s$	Relación de vacíos e	Deformación Unitaria ϵ	e Corregida
8.10.78	0	0	1.882	0	0	0	5.070	0.516	0	0.522
8.10.78	21	0.25	1.802	-0.080	0.016	-0.064	5.006	0.509	-0.445	0.515
9.10.78	24	0.50	1.762	-0.040	0.012	-0.028	4.978	0.506	-0.633	0.512
10.10.78	22.5	1.00	1.700	-0.062	0.019	-0.043	4.935	0.502	-0.921	0.508
11.10.78	24.0	2.00	1.630	-0.070	0.026	-0.044	4.891	0.498	-1.216	0.504
12.10.78	23	3.00	1.579	-0.051	0.022	-0.029	4.862	0.495	-1.411	0.501
13.10.78	225	EXP.	2.290	0.711	0	0.711	5.573	0.567	4.812	0.573
22.10.78	45	4.00	2.215	-0.075	0.019	-0.056	5.517	0.561	4.431	0.567
24.10.78	40.5	5.00	2.120	-0.095	0.018	-0.077	5.440	0.553	3.907	0.559
26.10.78	35	6.00	2.012	-0.108	0.017	-0.091	5.349	0.544	3.244	0.550
27.10.78	39.5	8.00	1.801	-0.211	0.028	-0.183	5.166	0.526	2.048	0.532
		D	E	S	C	A	R	G	A	
29.10.78	1	6.00	1.840	0.039	-0.027	0.012	5.178	0.527	2.124	
	1	5.00	1.865	0.025	-0.015	0.010	5.188	0.528	2.192	
	1	4.00	1.901	0.036	-0.020	0.016	5.204	0.529	2.301	
	1	3.00	1.942	0.041	-0.019	0.022	5.226	0.532	2.451	
	1	2.00	1.992	0.050	-0.022	0.028	5.254	0.534	2.641	
	1	1.00	2.060	0.068	-0.028	0.040	5.294	0.539	2.913	
	1	0.50	2.115	0.055	-0.019	0.036	5.330	0.542	3.158	
	1	0.25	2.150	0.035	-0.013	0.022	5.352	0.544	3.308	
30.10.78	13.5	0	2.449	0.299	-0.019	0.280	6.632	0.573	5.213	

OBSERVACIONES : _____

OBRA : TESIS
 LOCALIZACION : PARQUE LOS ORUJOS. COBO
 ENSAYO N° : C4.H3.14
 MUESTRA N° : 3 PROF. 2.00 m.
 DESCRIPCION : _____

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DEL DOCTORADO
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CONSOLIDACION

(RESUMEN DE DATOS Y CALCULOS)

Duración de la prueba : _____
 $H_g = 9.657$ mm. $H_l = 14.7$ mm

FECHA : _____
 OPERADOR : _____
 CALCULO : _____

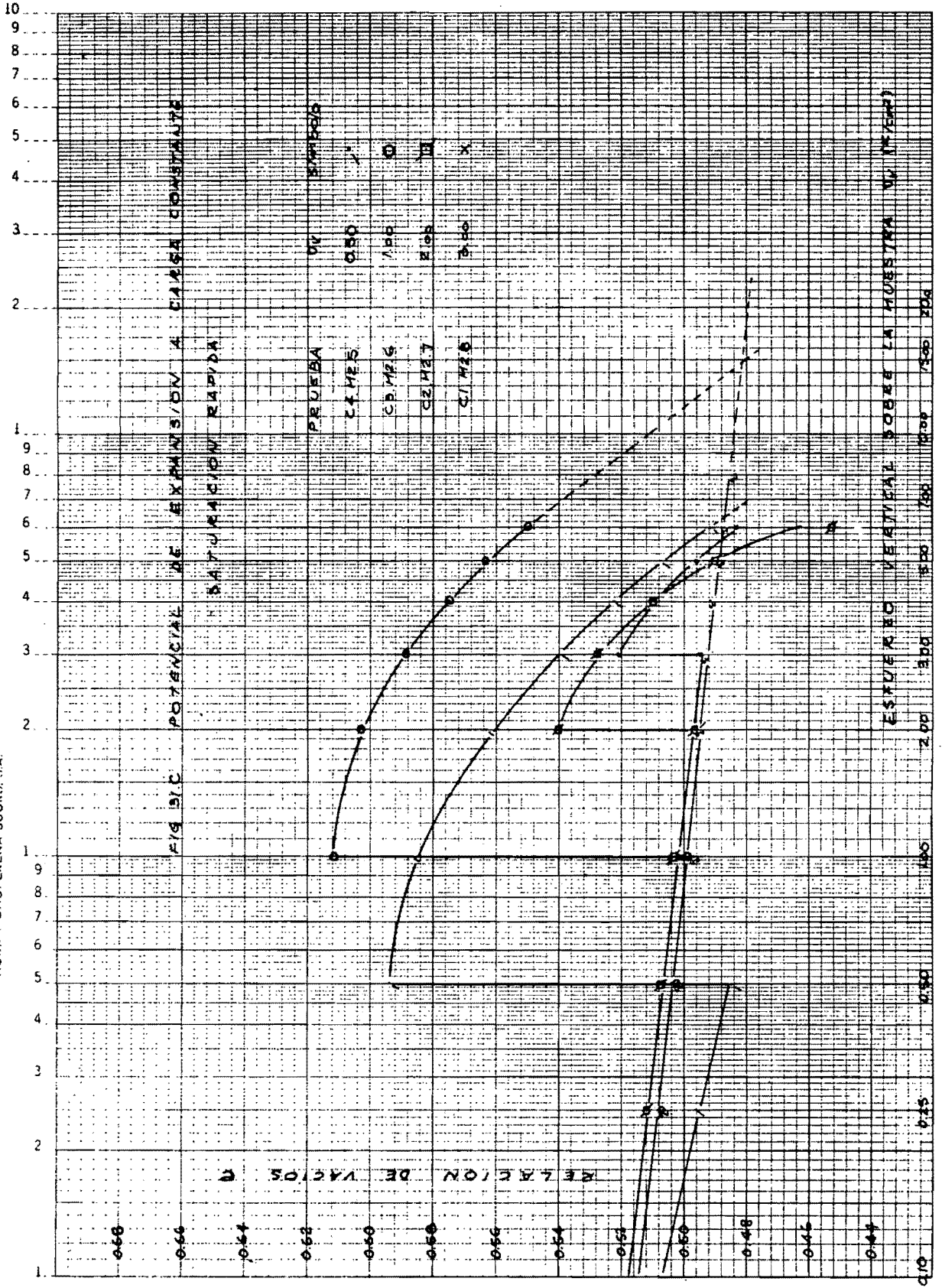
TABLA N° 19.C

Fecha en que se aplicó el incremento de carga	Tiempo transcurrido para cada incremento de carga	Presión	Lectura micrometro	Deformación $\Delta \delta'$	Corrección por deformac. del aparato $\Delta \delta_a$	Deformación corregida $\Delta \delta'_c$	$H_v - H_h$ m_v	Relación de vacíos e	Deformación Unitaria ϵ	e Corregida
—	Hra.	kg/cm ²	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	—	%	—
20.9.78	0	0	7.892	0	0	0	5.043	0.522	0	
20.9.78	23.5	0.25	7.720	-0.172	0.022	-0.150	4.893	0.507	-1.007	
21.9.78	24	0.50	7.652	-0.068	0.018	-0.058	4.843	0.502	-1.347	
22.9.78	25.5	1.00	7.585	-0.067	0.023	-0.044	4.799	0.497	-1.646	
23.9.78	20	2.00	7.528	-0.057	0.035	-0.022	4.777	0.495	-1.796	
24.9.78	23.5	3.00	7.490	-0.038	0.029	-0.009	4.768	0.494	-1.857	
25.9.78	24	4.00	7.443	-0.047	0.023	-0.024	4.744	0.491	-2.020	
26.9.78	24	5.00	7.403	-0.040	0.021	-0.019	4.725	0.489	-2.150	
27.9.78	24	6.00	7.367	-0.036	0.018	-0.018	4.707	0.487	-2.272	
28.9.78	23.5	8.00	7.316	-0.051	0.032	-0.019	4.688	0.485	-2.401	
		D	E	S	C	A	R	G	A	
29.9.78	1	6.00	7.360	0.044	-0.027	0.017	4.705	0.487	-2.286	
	1	5.00	7.370	0.010	-0.015	0	4.705	0.487	-2.286	
	1	4.00	7.383	0.013	-0.018	0	4.705	0.487	-2.286	
	1	3.00	7.400	0.030	-0.024	0.006	4.711	0.488	-2.245	
	1	2.00	7.419	0.019	-0.031	0	4.711	0.488	-2.245	
	1	1.00	7.447	0.028	-0.036	0	4.711	0.488	-2.245	
	1	0.50	7.467	0.020	-0.023	0	4.711	0.488	-2.245	
	1	0.25	7.484	0.017	-0.016	0.001	4.712	0.488	-2.238	
	16	0	7.522	0.038	-0.029	0.009	4.721	0.489	-2.177	

OBSERVACIONES: _____

5493-725

SEMI-LOGARITMICO
3 CICLOS X 70 DIVISIONES
HORY Y CHOPERENA SUCRS. S.A.



5493-725

SEMI-LOGARITMICO
3 CICLOS X 70 DIVISIONES
HERR Y CHOPERENA SUCRS. S.A.

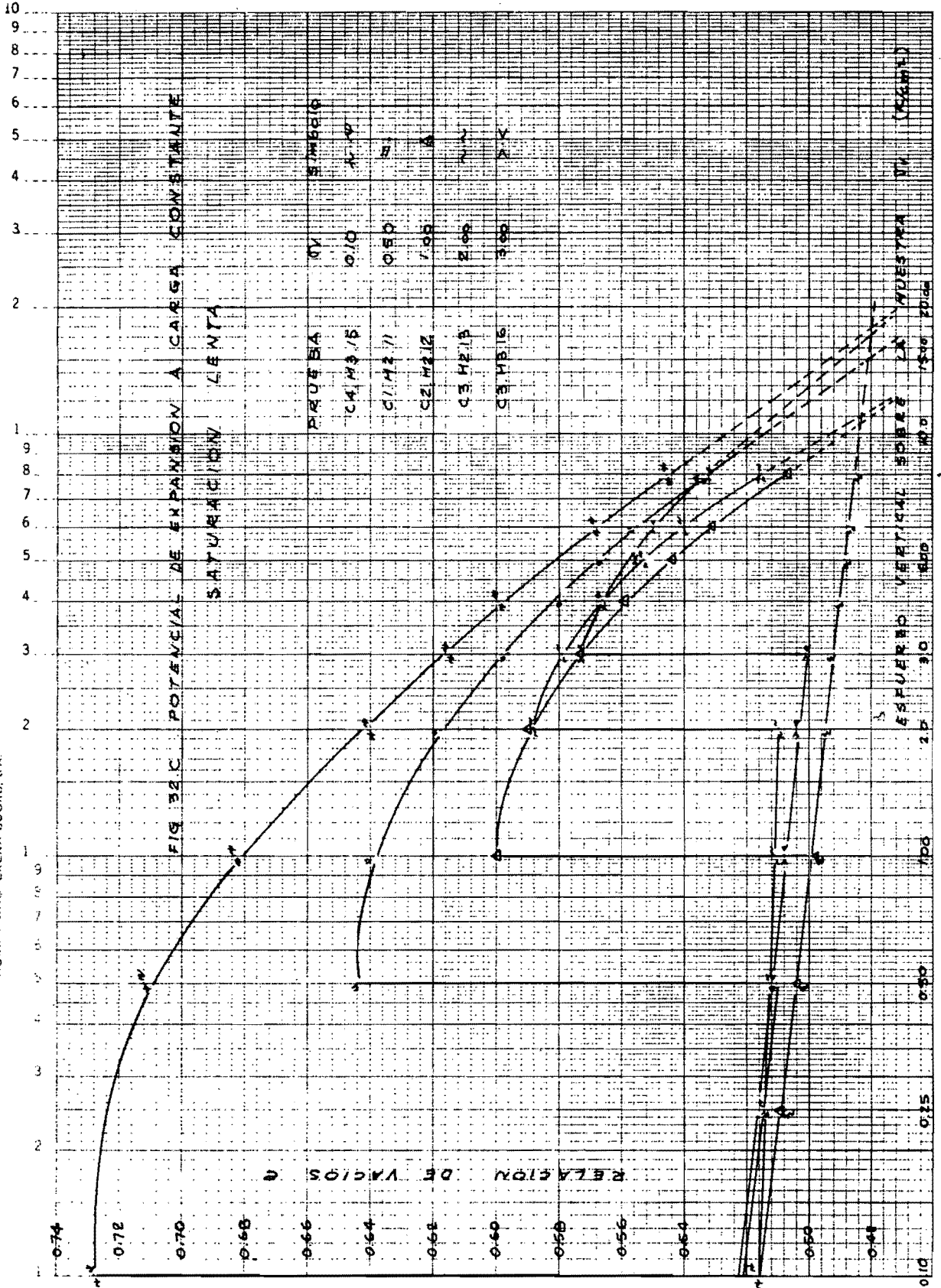


TABLA No. 20C. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS
DE POTENCIAL DE EXPANSION A CARGA CONS
TANTE

Ensayo	Forma de saturación	e_i	e_{i_s}	$\Delta\epsilon$ (%)	σ_v kg/cm ²	símbolo de repres.
C4M25	Rápida	0.436	0.545	7.60	0.50	/
C3M26	Rápida	0.434	0.547	7.91	1.00	o
C2M27	Rápida	0.486	0.531	3.05	2.00	h
C1M28	Rápida	0.479	0.507	1.92	3.00	x
C4M315	Lenta	0.495	0.705	14.02	0.10	~ ~
C1M211	Lenta	0.488	0.621	8.97	0.50	
C2M212	Lenta	0.460	0.562	6.99	1.00	Δ
C3M213	Lenta	0.459	0.537	5.36	2.00	~ . ~
C3M316	Lenta	0.495	0.567	4.81	3.00	> . <

e_i relación de vacíos para el σ_v antes de la saturación

e_{i_s} relación de vacíos al estabilizarse la expansión

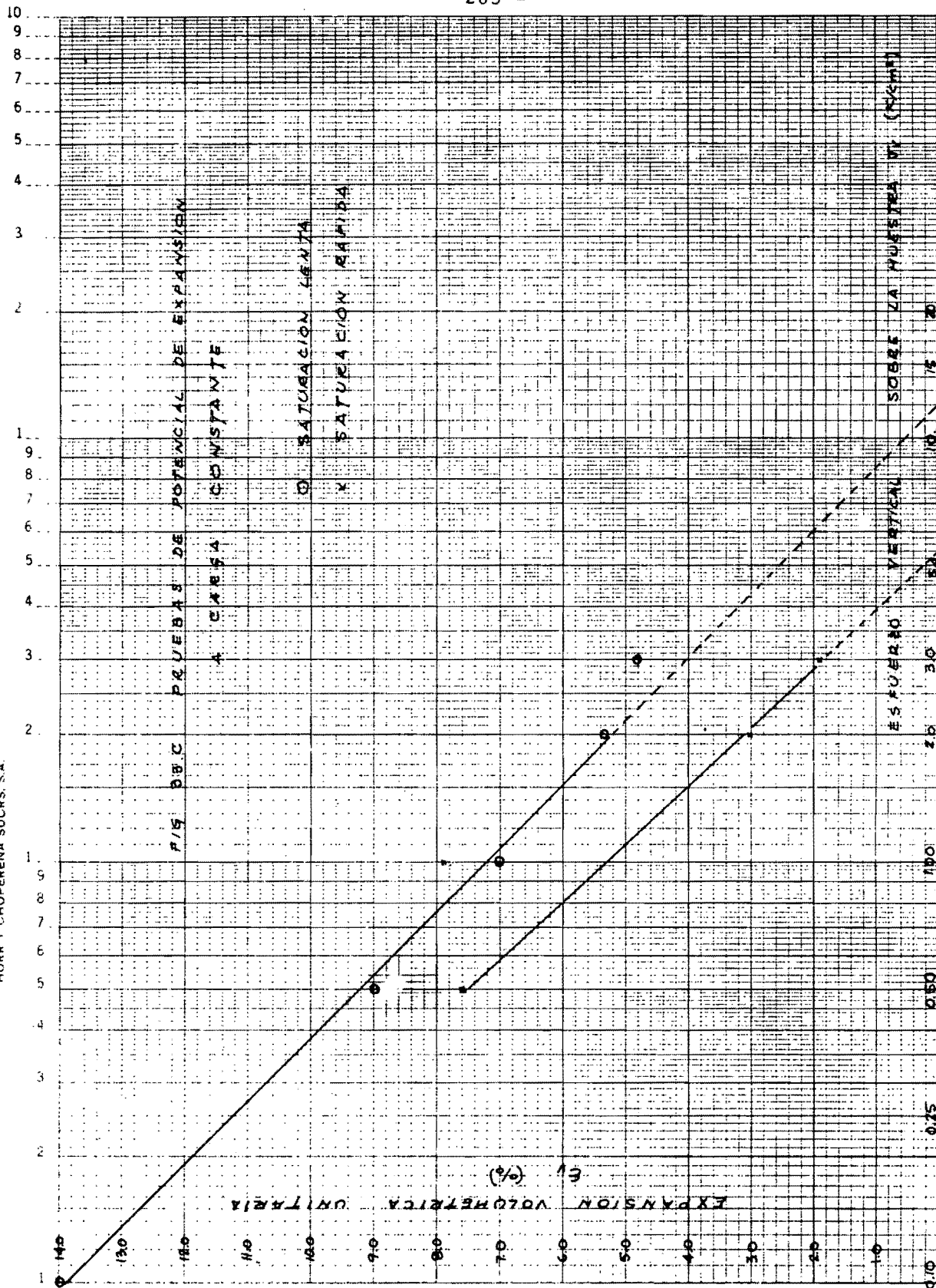
σ_v esfuerzo vertical sobre la muestra

Los valores e_i y e_{i_s} son sacados de las Tablas 10C a 19C. correspondientes a cada prueba

$$\Delta\epsilon = \frac{e_{i_s} - e_i}{1 + e_i}$$

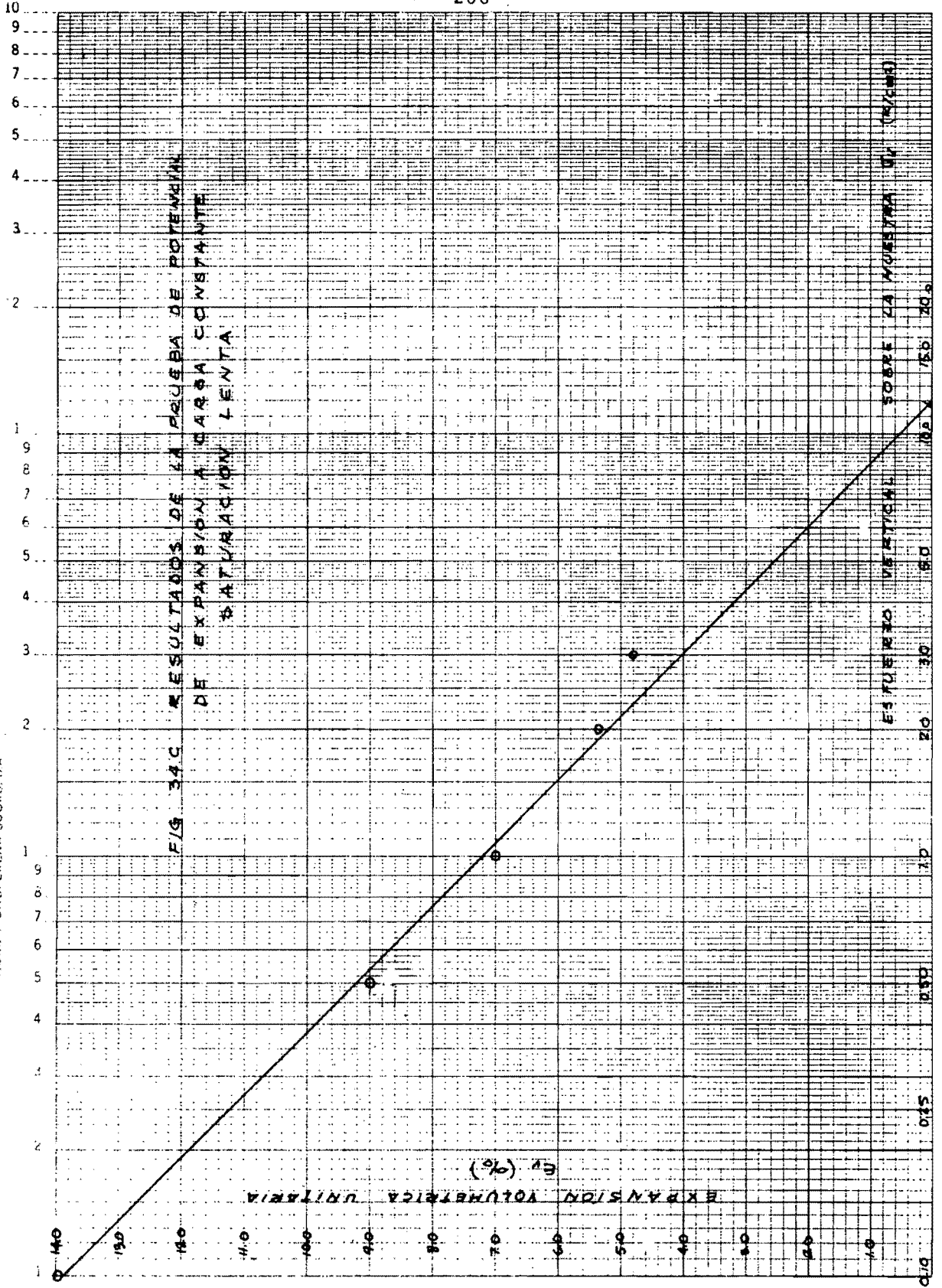
5493-725

SEMI-LOGARITMICO
3 CICLOS X 70 DIVISIONES
HERR Y CHOPERENA SUCRS. S.A.



5493-725

SEMILOGARITMICO
3 CICLOS X 70 DIVISIONES
HORN Y CHOPERENA SUCRS. S.A



ES FUERZO VIBRACIONAL SOBRE LA MOLESTRA (h:min)

APENDICE D.- Ejemplo Numérico

Se tiene una vivienda de dos niveles, desplantada sobre zapatas aisladas, a una profundidad de 1.50 metros. La planta de cimentación y distribución de cargas se presenta en la Fig. 1.D.

Para fines ilustrativos del problema, se han establecido las siguientes consideraciones:

- a) El suelo es homogéneo hasta la profundidad de 6.00 metros, limitado por un estrato de baja compresibilidad; en el perfil estratigráfico se han definido 4 estratos.
- b) La actividad expansiva cesa en la antedicha profundidad.
- c) El análisis de la predicción de hinchamientos se hará tomando los valores medios obtenidos del laboratorio, así se tienen:

i) Para $\sigma_0 = 0.10 \text{ k/cm}^2$ se produce un $\epsilon_{\text{máx}} = 13.90\%$

ii) El esfuerzo crítico $\sigma_{\text{crit}} = 12.00 \text{ k/cm}^2$

Por lo tanto sustituyendo en la ley fenomenológica obtenida:

queda:

$$\Delta \epsilon_{v_i} = 13.90 \left[1 - 0.48 \text{Log}_e (10 \sigma_v) \right] \quad (2.D)$$

El procedimiento de cálculo consistirá en:

- 1.- Diseño de las zapatas.
- 2.- Variación de los esfuerzos con la profundidad.
- 3.- Cálculo de los asentamientos.
- 4.- Predicción de los hinchamientos que se desarrollan cuando el material se satura totalmente.

1.- Diseño de las zapatas

1.a.- Capacidad de carga del suelo en estado de humedad natural

$$q_a = \frac{(\alpha_1 C N_c + \alpha_1' \sigma_d N_q + \alpha_2 B \gamma N_\gamma)}{G.S} (Dr + 0.1)$$

q_a : capacidad de carga admisible por el suelo.

$\alpha_1, \alpha_1', \alpha_2$: coeficientes de forma de la cimentación.

N_c, N_q, N_γ : parámetros de carga, los cuales dependen del ángulo de fricción interna del material.

σ_d : esfuerzo efectivo del suelo a nivel de desplante.

$2B$: lado de la zapata.

γ : peso volumétrico del suelo donde se desarrolla la superficie de falla.

(Dr+0.1) : factor recomendado por el Dr. Leonardo Zeevaert para ser aplicado a la fórmula de capacidad de carga de Terzaghi, ya que ésta supone que la superficie de falla se desarrolla en un material idealmente -

plástico ($\nu = 0.5$) [7].

D_r : densidad relativa (compacidad)

G_s : factor de seguridad.

$$q_a = \frac{(D_r + 0.1)}{G_s} (1.2 C N_c + 1.2 \sigma_d N_q + 0.6 B \gamma N_\gamma)$$

parámetros de resistencia:

$$C = 4 \text{ K/cm}^2; \quad \phi = 36^\circ$$

para $\phi = 36^\circ$

$N_c = 60$	} Valores tomados de Terzaghi [4]
$N_q = 45$	
$N_\gamma = 50$	

se propone una zapata de $2B=50 \text{ cms.}; \quad A=2500 \text{ cm}^2$.

$$q_a = \frac{(0.7+0.1)}{3} (1.2 \times 4 \times 60 + 1.2 \times 0.3 \times 45 + 0.6 \times 25 \times 2 \times 10^3 \times 50)$$

$$q_a = 81.52 \text{ K/cm}^2$$

Para la zapata que transmite mayor carga:

$$A = \frac{Q_p}{q_a} = \frac{50000}{81.52} = 613.35 \text{ cm}^2 < 2500.00 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto es aceptable la dimensión $2B=50 \text{ cms.}$

1.b.- Suelo en estado saturado

La variación de los parámetros de resistencia para la condición de saturación del suelo permanecen sin investigarse, razón por la cual se ha hecho la hipótesis de que los parámetros disminuyen, tomando valores en la cohesión del 10 % y en la fricción de la mitad de los determinados en la condición de estado natural. Es decir:

$$C=0.4 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi=18^\circ$$

De acuerdo a la Teoría de Terzaghi de capacidad de carga, para $\phi=18^\circ$ se tiene:

$$N_c = 16$$

$$N_q = 6$$

$$N_\phi = 0$$

$$q_a = \frac{0.8}{3} (1.2 \times 0.4 \times 16 + 1.2 \times 0.3 \times 6)$$

$$q_a = 2.62 \text{ kg/cm}^2$$

Para la zapata B_2 : $A = \frac{50000}{2.62} = 19\,083.97 \text{ cm}^2$

de donde $2B = 1.38 \text{ m.}$

se tomará $2B = 1.40 \text{ m.}$

Para la zapata A_1 : $A = \frac{15000}{2.62} = 5\,725.19 \text{ cm}^2$

de donde $2B = 75.66 \text{ cm.}$

se tomará $2B = 75 \text{ cm.}$

Por lo tanto las dimensiones de las zapatas, tomando en cuenta estas consideraciones, serán finalmente:

i.- en las esquinas: zapatas A_1 , A_4 , C_1 , C_4

dimensiones 75 cm x 75 cm Area = 5625 cm²

ii.- Las zapatas restantes

dimensiones: 1.40 m x 1.40 m. Area=19 600 cm²

2.- Variación de los esfuerzos verticales con la profundidad.

Para calcular las variaciones de los esfuerzos verticales con la profundidad se utilizará la solución de Fröhlich [7] .

El esfuerzo vertical inducido por una carga concentrada en la superficie de un sólido semi-infinito, elástico, anisótropo - viene expresada por:

$$\sigma_z = \frac{Q}{z^2} I_{F\gamma}$$

en donde

$$I_{F\gamma} = \frac{\gamma}{2\pi} \left[\frac{1}{1 + (r/z)^2} \right]^{\frac{\gamma+2}{2}}$$

γ : número de Fröhlich, el cual toma valores de acuerdo - a las condiciones de estratigrafía y compresibilidad del suelo.

r : distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y el punto correspondiente al esfuerzo vertical en el suelo.

Z : profundidad a la cual se investiga el esfuerzo vertical.

Se construye una Red de Esfuerzos, y para la determinación del valor de influencia de la carga repartida a diferentes profundidades, se sigue el mismo procedimiento de la Carta de Newmark.

Para la determinación del valor de influencia de la carga repartida (I_{R_x}) en este problema, se utilizó la Red de Esfuerzos de la Fig. 3.D en donde $N_x = 0.0025$. N_x representa la influencia de un rectángulo curvilíneo tomado como constante.

El número de Fröhlich escogido para este caso es $\gamma = 2$, debido a que se considera que el perfil del suelo es ligeramente estratificado con compresibilidad uniforme.

Aplicando la red de esfuerzos para diferentes profundidades bajo la zapata, se tiene:

Z_a	No. de rectángulos	I_{R_x} A1	No. de rectángulos	I_{R_x} B2
0.50	164	0.41	282	0.705
1.00	60	0.15	155	0.387
1.50	30	0.075	86	0.215
3.25	8	0.02	24	0.060

$$I_{R_x} = (\text{número de rectángulos}) \cdot N_x$$

2.a.- Cargas actuantes

i.- Descarga por excavación en zapatas

$$q_{exc} = z \cdot \gamma = 1.50 \times 2.00 = 0.30 \text{ k/cm}^2$$

ii.- En las zapatas del tipo A₁

$$q_1 = \frac{Q_p}{\text{Area}} = \frac{15000}{75 \times 75} = 2.67 \text{ k/cm}^2$$

iii.- En las zapatas del tipo B₂

$$q_1 = \frac{Q_p}{\text{Area}} = \frac{50000}{140 \times 140} = 2.55 \text{ k/cm}^2$$

2.b.- Determinación de esfuerzos bajo cada zapata

Zapata A₁

Z _a	σ _{0i} k/cm ² .	I _{ex}	Δσ _{exc.} k/cm ² .	σ _i k/cm ² .	Δσ _{2i} k/cm ² .	σ _{vi} k/cm ² .
0.50	0.40	0.41	0.12	0.28	1.09	1.37
1.00	0.50	0.15	0.05	0.45	0.40	0.85
1.50	0.60	0.075	0.02	0.58	0.20	0.78
3.25	0.95	0.02	0.01	0.94	0.05	0.99

Zapata B₂

z_a m.	σ_{oi} k/cm ² .	I_{Rx}	$\Delta\sigma_{exc}$ k/cm ² .	σ_i k/cm ² .	$\Delta\sigma_{zi}$ k/cm ² .	σ_{vi} k/cm ² .
0.50	0.40	0.705	0.21	0.19	1.80	1.99
1.00	0.50	0.387	0.12	0.38	0.99	1.37
1.50	0.60	0.215	0.06	0.54	0.55	1.09
3.25	0.95	0.060	0.02	0.93	0.15	1.08

$$\Delta\sigma_{exc.} = q_{exc} \cdot I_{Rx}$$

$$\Delta\sigma_z = q \cdot I_{Rx}$$

$$\sigma_i = \sigma_{oi} - \Delta\sigma_{exc.}$$

$$\sigma_{vi} = \sigma_i + \Delta\sigma_{zi}$$

Definición de los términos utilizados en la Tabla anterior:

$\Delta\sigma_{exc.}$: incremento de esfuerzos por descarga debido a la excavación.

$\Delta\sigma_z$: incremento de esfuerzos debido a la carga transmitida por la zapata.

σ_{oi} : esfuerzos efectivos iniciales.

σ_i : esfuerzo efectivo de alivio total de carga.

σ_{vi} : esfuerzo efectivo final

I_{Rx} : valor de influencia de la carga repartida.

3.- Cálculo de asentamientos: se desarrollarán bajo las Zapatas A₁ y B₂

$$\delta_n = \sum_0^n (M_z \cdot d \cdot \Delta \sigma_z)_i = \sum_0^n \left(\frac{m_v}{k} \cdot d \cdot \Delta \sigma_z \right)_i$$

Se tomará $\nu_c = 0.35$

$$\nu_c = \frac{1+\nu}{1-\nu} (1-2\nu)$$

Zapata A₁

Estrato	Prof. m.	Z _a m.	d _i cms.	σ _i k/cm ²	Δσ _{zi} k/cm ²	σ _i + 1/2 Δσ _{zi} k/cm ²	m _v cm ² /kg.	M _z cm ² /kg.	δ _i cms.
B	1.50 - 2.50	0.50	100	0.28	1.09	0.83	0.0064	0.018	1.99
C	2.50 - 3.50	1.50	100	0.58	0.20	0.68	0.0080	0.023	0.46
D	3.50 - 6.00	3.25	250	0.94	0.05	0.97	0.0055	0.016	0.20
									2.65

Zapata B₂

B	1.50 - 2.50	0.50	100	0.19	1.80	1.09	0.0048	0.014	2.47
C	2.50 - 3.50	1.50	100	0.54	0.55	0.82	0.0066	0.019	1.04
D	3.50 - 6.00	3.25	250	0.93	0.15	1.01	0.0054	0.015	0.56
									4.07

$$\Delta \delta_n = 4.07 - 2.65 = 1.42 \text{ cms.}$$

Como se aprecia, los asentamientos son muy pequeños, debido a la baja compresibilidad del material en estado de humedad natural.

Definición de términos utilizados en la Tabla anterior:

- Prof. : medida desde la superficie del terreno, indica las profundidades de la parte superior e inferior de cada estrato que se analiza.
- Z_a : profundidad media del estrato a partir del nivel de desplante de la zapata
- M_z : módulo lineal de compresibilidad con deformaciones no restringidas.
- m_{vi} : módulo de compresibilidad volumétrica unitaria para el estrato i -ésimo. Los valores de m_v se obtienen de la Fig. 4.D, entrando con los valores del esfuerzo vertical medio del estrato ($\sigma_{vi} + 1/2 \Delta\sigma_{vi}$)
- δ_i : hundimiento del suelo correspondiente al estrato i -ésimo.

4.- Cálculo de las expansiones

La ley fenomenológica se puede expresar de esta forma:

$$\Delta \varepsilon_{v_i} = \varepsilon_{\text{máx}_i} \left[1 - \beta \text{Log} (F \sigma_v) \right]_i \quad (3.D.)$$

donde

$$\beta = \frac{1}{\text{Log} (\sigma_{cr} / \sigma_0)}$$

$$F = \frac{1}{\sigma_0}$$

el hinchamiento total será:

$$\delta_{e_n} = \sum_0^n (\Delta \varepsilon_{v_d})_i = \sum_0^n \delta_{e_i}$$

El caso más desfavorable para la estructura de la edificación --
ocurrirá cuando por alguna de las circunstancias de lluvias, --
riego de jardines, rotura de tuberías, el agua sature el suelo --
bajo una zapata de esquina, por ejemplo la zapata A₁ . Tomando --
los valores medios obtenidos del laboratorio como son $\sigma_0 = 0.10 \text{ kg/cm}^2$,
 $\varepsilon_{\text{máx}} = 13.90 \%$, $\sigma_{cr} = 12.00 \text{ kg/cm}^2$. El hinchamiento se calcula --
ría aplicando la expresión (3.D) en la forma siguiente:

Cálculo del hinchamiento con los valores medios.

Estr.	z_a m.	σ_{vi} k/cm ² .	F cm ² /k.	β	$[1-\beta \text{Log}(F\sigma_{vi})]$	$\epsilon_{m\acute{a}x}$ %	ΔE_{vi} %	d_i cms.	δ_{ei} cms.
B	0.50	1.37	10	0.48	0.45	13.90	6.32	100	6.32
C	1.50	0.78	10	0.48	0.57	13.90	7.95	100	7.95
D	3.25	0.99	10	0.48	0.52	13.90	7.26	250	18.14
									32.41

Para buscar el rango de variación del hinchamiento calculado con los valores medios obtenidos en la investigación, se tomarán los resultados de todas las pruebas realizadas con saturación lenta. Ver curvas en la Fig. 32.C pág. 203 del Apéndice C, para encontrar el valor de σ_{cr} y la Tabla 20.C pág. 204, para encontrar los valores de la expansión volumétrica debida a la saturación del material (ϵ_{max}).

Las características de estas pruebas son las siguientes:

ENSAYO	σ_0 k/cm ² .	σ_{cr} k/cm ² .	ϵ_{max} %	F cm ² /k.	β
C4.M3.15	0.10	18.0	14.02	10.0	0.44
C1.M2.11	0.50	15.0	8.97	2.0	0.68
C2.M2.12	1.00	10.5	6.99	1.0	0.98
C3.M2.13	2.00	11.0	5.36	0.5	1.35
C3.M3.16	3.00	17.0	4.81	0.33	1.33

En las páginas siguientes se realizan los cálculos del hinchamiento bajo la zapata A_1 , aplicando la expresión (3.D).

C4. M3.15

Estr.	z_a m.	σ_{vi} k/cm ² .	F cm ² /kg.	β	$[1-\beta \text{Log}(F\sigma_{vi})]$	$\epsilon_{\text{m}ax}$ %	$\Delta \epsilon_{vi}$ %	d_i cms.	δ_{e_i} cms.
B	0.50	1.37	10	0.44	0.50	14.02	7.01	100	7.01
C	1.50	0.78	10	0.44	0.61	14.02	8.52	100	8.52
D	3.25	0.99	10	0.44	0.56	14.02	7.88	250	19.70
									35.23

C1.M2.11

B	0.50	1.37	2	0.68	0.70	8.97	6.30	100	6.30
C	1.50	0.78	2	0.68	0.87	8.97	7.79	100	7.79
D	3.25	0.99	2	0.68	0.80	8.97	7.16	250	17.90
									31.99

C2.M2.12

Estr.	z_a m.	σ_{vi} k/cm ²	F cm ² /k	β	$[1-\beta \text{Log}(F\sigma_{vi})]$	ϵ_{max} %	$\Delta\epsilon_{vi}$ %	d_i cms.	δ_{ei} cms.
B	0.50	1.37	1	0.98	0.87	6.99	6.05	100	6.05
C	1.50	0.78	1	0.98	1.11	6.99	7.73	100	7.73
D	3.25	0.99	1	0.98	1.00	6.99	6.99	250	17.48
									31.26

C3.M2.13

B	0.50	1.37	0.5	1.35	1.22	5.36	6.54	100	6.54
C	1.50	0.78	0.5	1.35	1.55	5.36	8.32	100	8.32
D	3.25	0.99	0.5	1.35	1.41	5.36	7.57	250	18.92
									33.78

C3.M3.16

Estr.	z_a m.	σ_{v_i} k/cm ² .	F cm ² /k.	β	$[1-\beta \text{Log}(F\sigma_{v_i})]$	$\epsilon_{\text{máx}}$ %	$\Delta\epsilon_{v_i}$ %	d_i cms.	δ_{e_i} cms.
B	0.50	1.37	0.33	1.33	1.46	4.81	7.02	100	7.02
C	1.50	0.78	0.33	1.33	1.78	4.81	8.58	100	8.58
D	3.25	0.99	0.33	1.33	1.65	4.81	7.92	250	19.80
									35.40

Estableciendo una comparación de los resultados de la expansión calculada utilizando las pruebas antes mencionadas, con el correspondiente a los valores medios de la investigación para el caso de saturación lenta, se tiene:

ENSAYO	σ_0 k/cm ² .	$\sigma_{cr.}$ k/cm ² .	δ_e cm.	VARIACION %
C4.M3.15	0.10	18.0	35.23	8.70
C1.M2.11	0.50	15.0	31.99	-1.30
C2.M2.12	1.00	10.5	31.26	-3.55
C3.M2.13	2.00	11.0	33.78	4.23
C3.M3.16	3.00	17.0	35.40	9.23
v. med.	0.10	12.0	32.41	0.00

Se puede concluir, que para resultados prácticos, la expresión general de la ley fenomenológica (1.D) da predicciones de hinchamientos con un rango de variación de $\pm 10\%$.

A partir del conocimiento de los levantamientos diferenciales se podrán calcular los efectos secundarios inducidos en la estructura y tomar entonces las precauciones estructurales correspondientes, anticipando pérdidas al proyecto de la edificación.

Para evitar los abombamientos del piso, producidos por el hinchamiento del material, se requiere construir una placa de piso separada de la superficie del suelo, dejando un espacio libre en -

tre suelo y placa de unos 50 cms. mínimo.

Como recomendaciones prácticas para la protección de la cimentación se sugiere:

a) Aislar la zona de cimentación con un muro perimetral permeable (zanja rellena de grava) la cual canalizará el agua que penetre al suelo, mediante un drenaje hacia zonas que no perjudiquen la edificación. Otra alternativa, consistirá en colocar una pantalla perimetral impermeable que impida el paso del agua hacia la zona cubierta por la cimentación.

Con esta recomendación se trata de impedir la saturación total del suelo; hay que tener presente que el grado de saturación bajo la cimentación siempre se incrementará debido a la migración del vapor de agua, aunque los efectos de la expansión serán de menor riesgo.

b) Proteger las zonas perimetrales de la edificación, garantizando un drenaje superficial adecuado para las aguas de lluvia o riego de jardines.

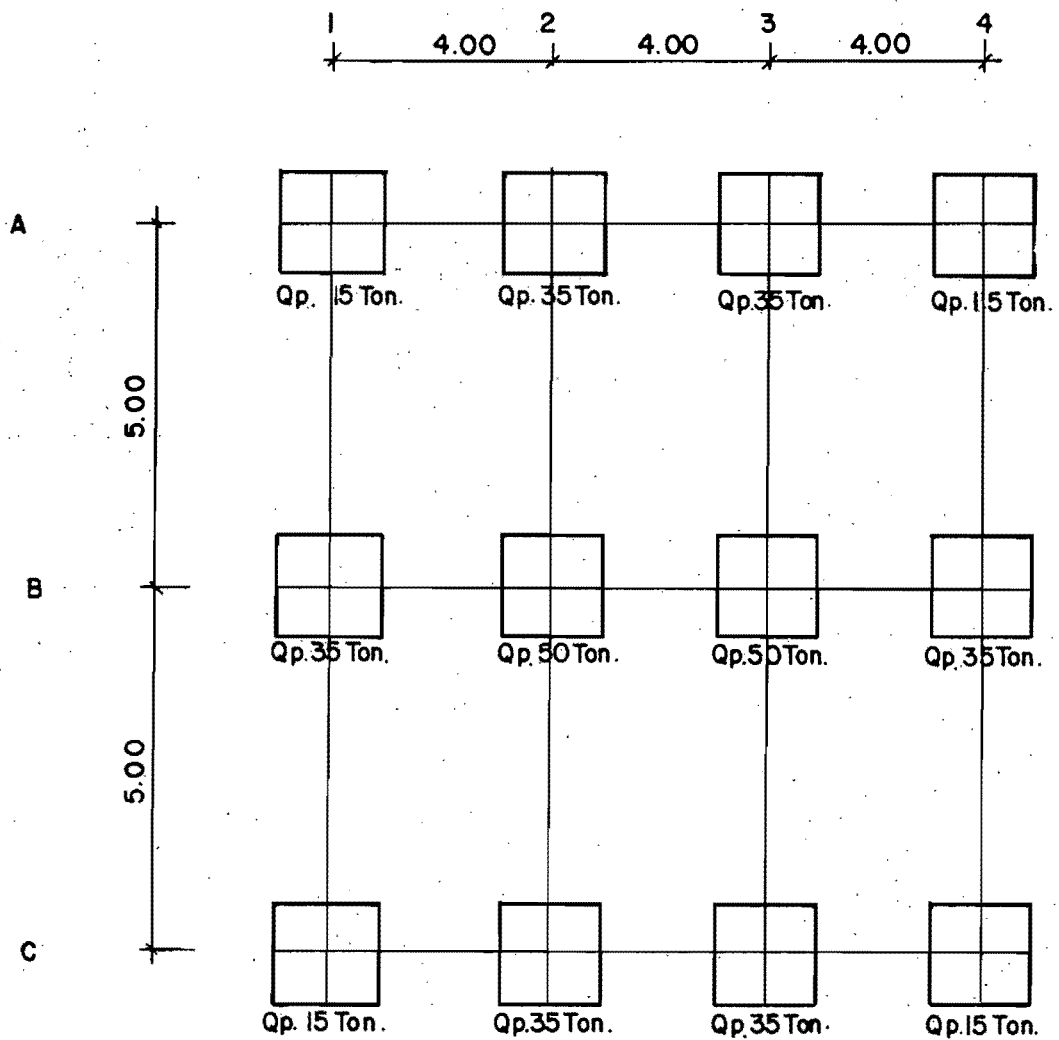
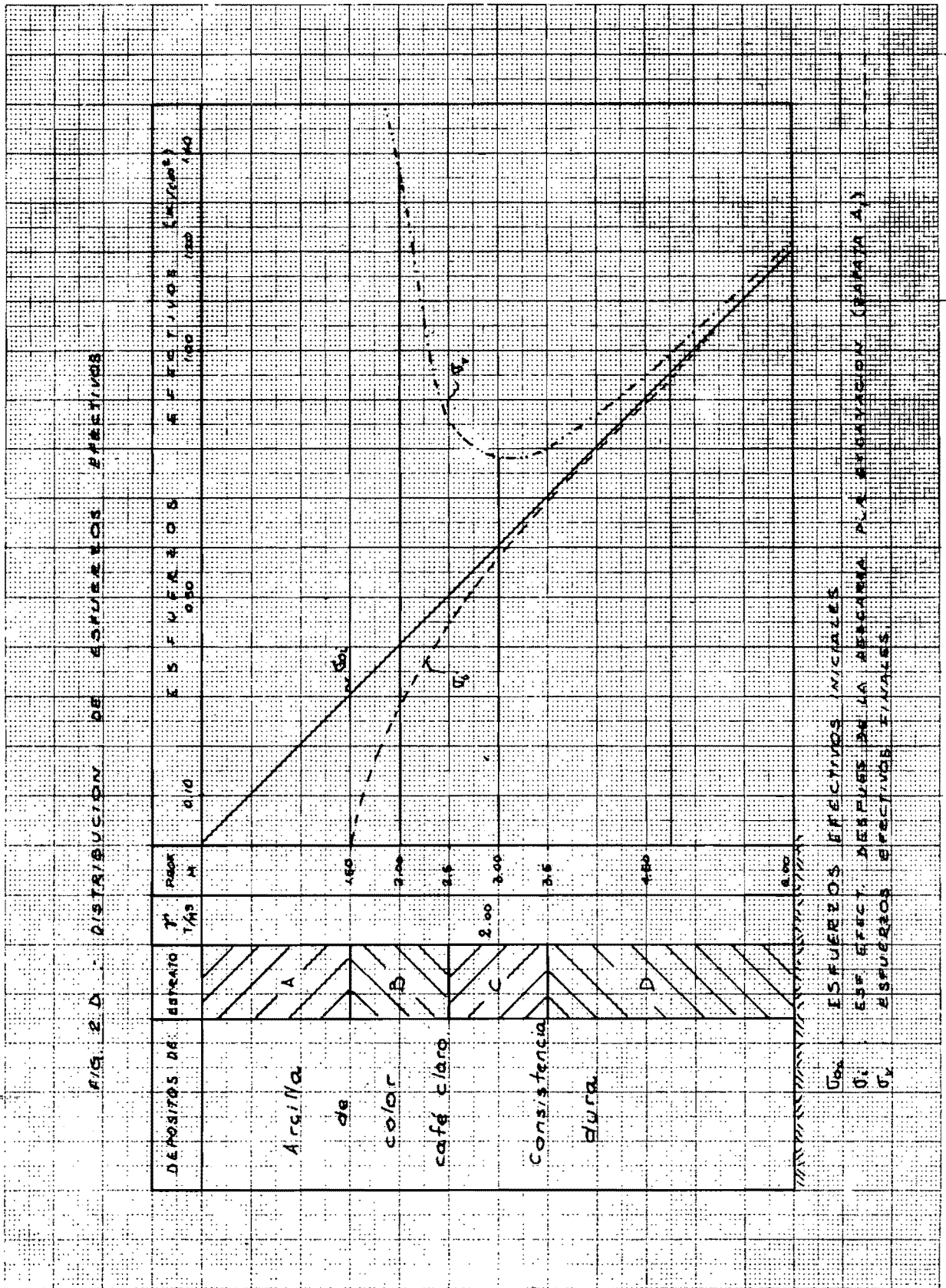
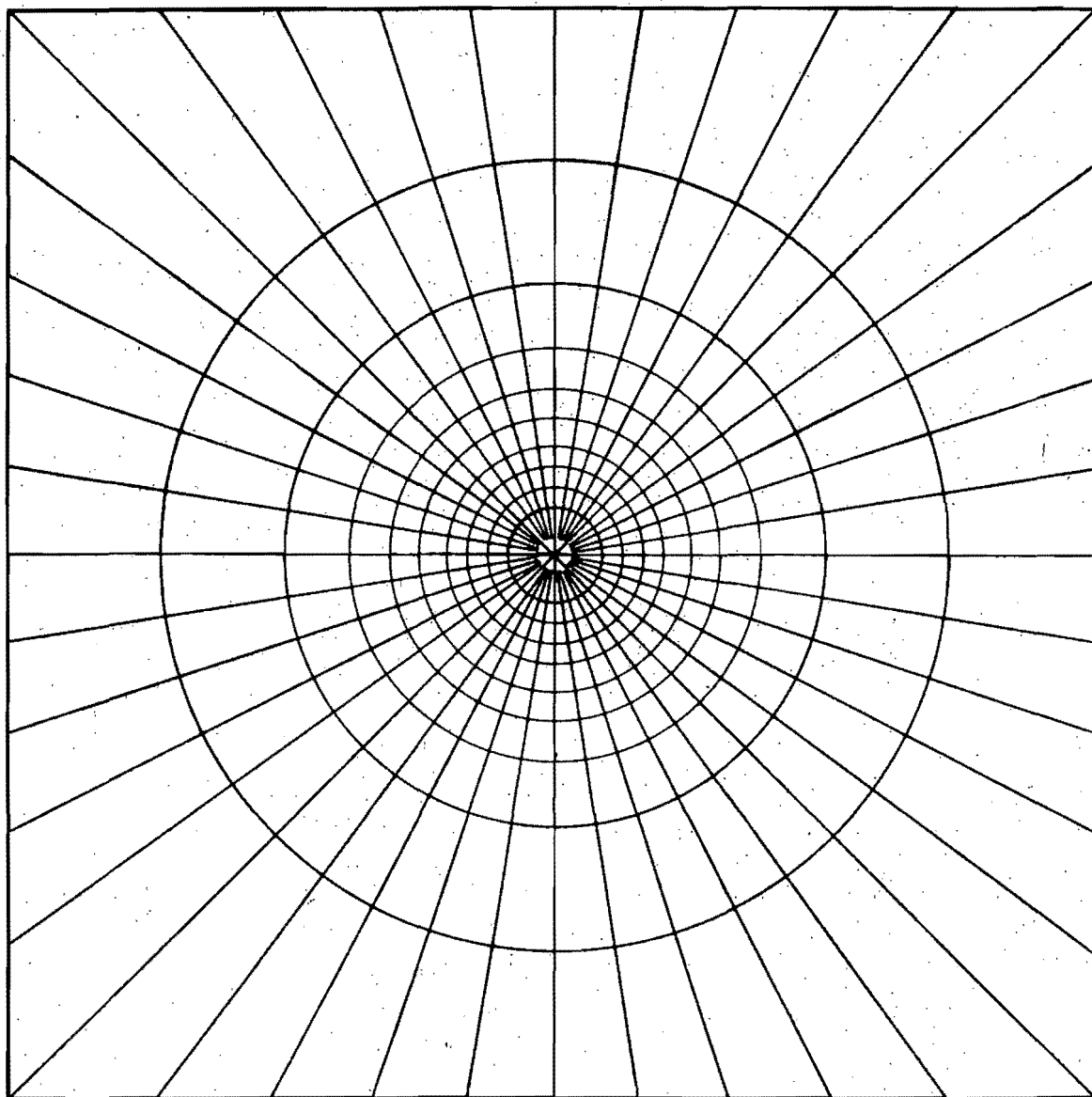


FIG. 1.D - Planta de cimentación





$N_x = 0.0025$

$Ra/z = 1$

FIG. 3.D. Red de influencia de esfuerzos $\chi=2$ para esfuerzos verticales en un sólido - semi infinito.

Determinación de la variación del módulo de compresibilidad volumétrico unitario con el esfuerzo de confinamiento.

PRUEBA C4.M3.14 ©

El suelo fue comprimido en estado de humedad natural.

σ_{v_i} K/cm ² .	$\sigma_{v_{i+1}}$ K/cm ² .	e_i	e_{i+1}	$\Delta \varepsilon$	$\Delta \sigma_{v_i}$ K/cm ² .	m_v cm ² /kg.	$\sigma_{v_i} + 1/2 \Delta \sigma_{v_i}$ K/cm ² .
0	0.25	0.522	0.507	0.010	0.25	0.039	0.13
0.25	0.50	0.507	0.502	0.003	0.25	0.013	0.37
0.50	1.00	0.502	0.497	0.003	0.50	0.007	0.75
1.00	2.00	0.497	0.495	0.001	1.00	0.001	1.50
2.00	3.00	0.495	0.494	0.001	1.00	0.001	2.50
3.00	4.00	0.494	0.491	0.002	1.00	0.002	3.50
4.00	5.00	0.491	0.489	0.001	1.00	0.001	4.50
5.00	6.00	0.489	0.487	0.001	1.00	0.001	5.50
6.00	8.00	0.487	0.485	0.001	2.00	0.001	7.00

Prueba C2.M2.12 Δ

Suelo comprimido hasta un esfuerzo vertical de 1.00 K/cm, esfuerzo bajo el cual fue expandido, y, posteriormente consolidado con diferentes incrementos de esfuerzos.

σ_{v_i} K/cm ² .	$\sigma_{v_{i+1}}$ K/cm ² .	e_i	e_{i+1}	ΔE	$\Delta \sigma_{v_i}$ K/cm ² .	m_v cm ² /kg.	$\sigma_{v_i} + \gamma/2 \Delta \sigma_{v_i}$ k/cm ² .
0	0.25	0.484	0.472	0.008	0.25	0.032	0.13
0.25	0.50	0.472	0.466	0.004	0.25	0.016	0.37
0.50	1.00	0.466	0.460	0.004	0.50	0.008	0.75
exp.	2.00	0.562	0.552	0.006	1.00	0.006	1.50
2.00	3.00	0.552	0.536	0.010	1.00	0.010	3.50
3.00	4.00	0.536	0.521	0.010	1.00	0.010	3.50
4.00	5.00	0.521	0.506	0.010	1.00	0.010	4.50
5.00	6.00	0.506	0.493	0.009	1.00	0.009	5.5
6.00	8.00	0.493	0.469	0.016	2.00	0.008	7.00

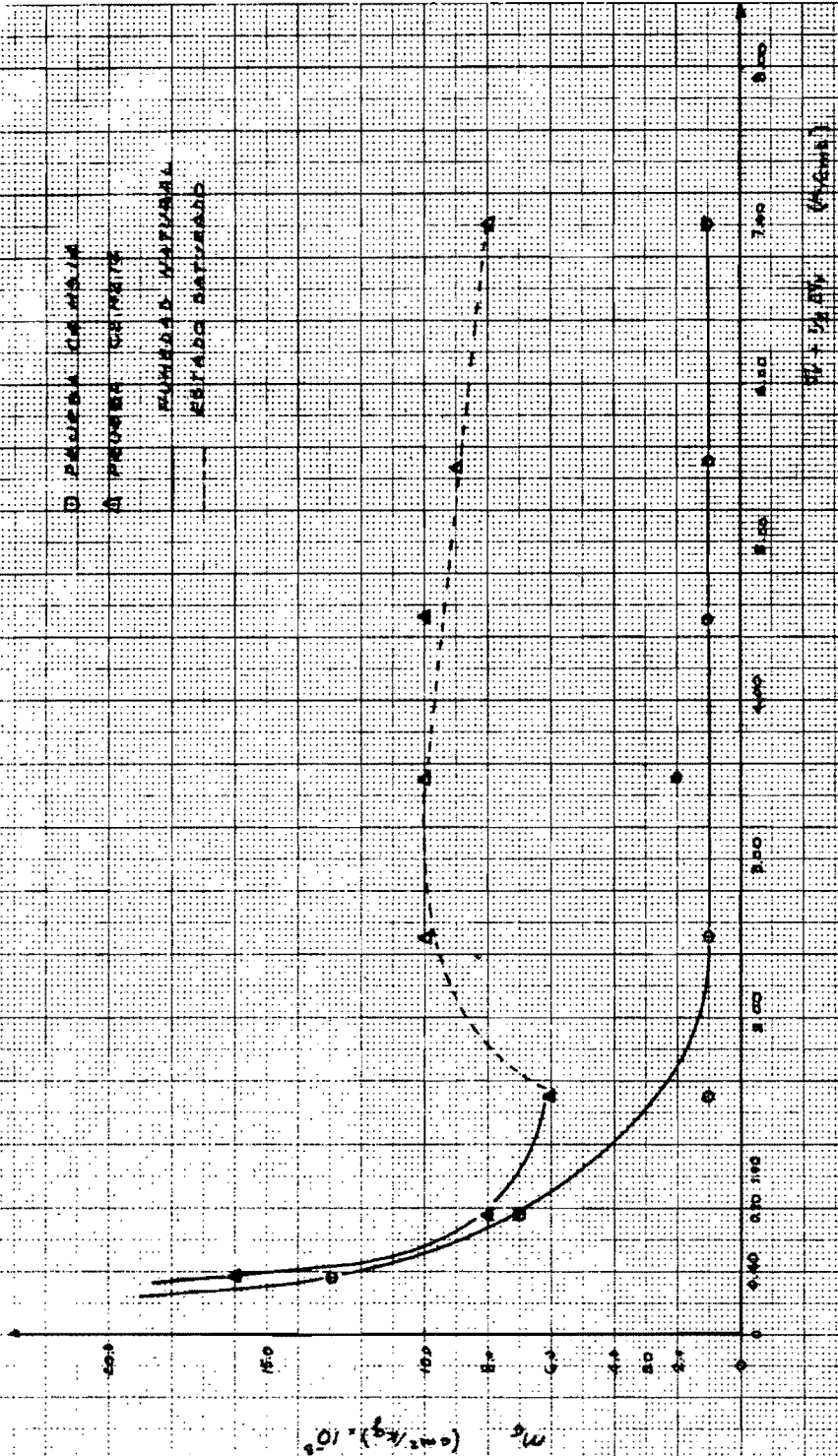


FIG. 6.1. - VARIACION DEL MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD VOLUMÉTRICA
 VAPORARIA $H_2O + 3/4 \text{ } O_2$ (litros)

Referencias .

1. Jones, D.E. and Jones, W.G. (1973), *Expansive Soils. The Hidden Disaster*, Civil Engineering, August, Vol. 43 ✓
2. Zeevaert, L. (1968), *Propiedades Cualitativas de los Materiales del Subsuelo*, Vol. I, Primer cuaderno, tercera edición, UNAM, México
3. Vijayvergiya, V.N., Ghazzaly, O.I. (1973), *Prediction of Swelling Potential for Natural Clays*, Proc. III I.C.E.S., Israel
4. Terzaghi, K., *Theoretical Soils Mechanics*, Art. 121
5. Sánchez Naveda, F. (1967), *Una Investigación sobre las Propiedades de Expansión y Contracción en las Arcillas de Coro*, trabajo especial de grado, Universidad del Zulia, Venezuela
6. *Instructivo de Prácticas de Mecánica de Suelos (1975)*, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, México
7. Zeevaert, L. (1973), *Foundation Engineering for Difficult Subsoils Conditions*, Van Nostrand Reinhold Company, New York
8. Gibbs, H.J. and Holtz, W.G. (1956), *Engineering Properties of Expansive Clays*, Trans. ASCE, Paper No. 2814, Vol. 121 ✓
9. Jennings, J.E. and Knight, K. (1958), *The Prediction of Total Heave from Double Oedometer Test*, Symposium on Expansive Clays, South African Institution of Civil Engineering, Johannesburg

10. Jennings, J.E. (1961), *A Comparison Between Laboratory Prediction and Field Observation of Heave of Buildings on Dessicated Subsoils*, Proc. ^V ICOSOMEF, Vol. I, London
11. Myslivec, A. (1969), *Experimental Study of Uniaxial Swelling of Clay in Time*, Proc. VII ICOSOMEF, pp 307
12. Chen, F.H. (1973), *The Basic Physical Property of Expansive Clays and Laboratory Appreciation Criteria*, Proc. III International Conference on Expansive Soils, Israel