

MEZCLAS TIERRA-CEMENTO

VARIOS DATOS E INSTRUCTIVO PROVISIONAL PARA EL PROPORCIONAMIENTO Y PRUEBAS EN LA PRESA "LA BLANCA", TLAX.

POR EL ING. DAGOBERTO FLORES CALDERON, DE LA DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION DE LA C. N. I.

El trabajo sobre mezclas de tierra con cemento fué sugerido en 1932, por el Dr. Charles H. Moorefield, del Depto. Estatal de Caminos de South Carolina, U. S. A., y dicho Departamento inició desde luego experiencias sobre este material, con la mira de emplearlo en la construcción de caminos.

En enero de 1935, Frank T. Sheets, ingeniero consultor y Miles D. Catton, del Depto. de Desarrollo de la Portland Cement Association, empezaron, por cuenta de la misma, un estudio completo de los suelos de diversos tipos, representativos de las distintas regiones de U. S. A., y su comportamiento. Utilizaron en su trabajo los estudios incompletos en South Carolina y los resultados de ciertos trabajos de exploración de la Dirección de Caminos Públicos de U. S. A. En una parte de sus experiencias emplearon los métodos de Proctor, y en otra, métodos propios, pues la P. Cement Association trató de determinar la estabilidad y durabilidad de las mezclas de tierra y cemento por medio de pruebas de laboratorio que se relacionaron con el intemperismo.

Así pues, las investigaciones abarcaron:

La densidad máxima. La humedad óptima. El contenido de cemento requerido en las mezclas compactadas a su máxima densidad, con humedad óptima, para producir la durabilidad y estabilidad satisfactorias. La influencia de repetidos y alternados humedecimientos y desecaciones. La relación de humedad óptima y humedad de hidratación del cemento. La

clasificación de los suelos por sus constantes físicas y composición granulométrica.

El resultado de las pruebas de durabilidad fué principalmente el de que las tierras pudieran clasificarse en cuatro grupos:

Grupo I.—Las de endurecimiento *muy marcado* con la adición de cemento y *alta resistencia* a los períodos de humedecimiento y congelación alternados con desecación y deshielo, siendo estas tierras clasificadas como de los tipos: A-2, A-3 y A-5, (clasificación de United States Bureau of Public Roads). Las tierras de este grupo fueron: arena fina, migajones arenosos y micaceo arenosos.

Grupo II.—Las de endurecimiento *marcado* con la adición de cemento y buena *resistencia* a los mismos períodos dichos, clasificándose éstas como de los tipos: A-4 y A-7-4. Fueron estas tierras: migajones limosos, limo arcillosos y arcilla limosa ligera.

Grupo III.—Las de endurecimiento regular con un contenido razonable de cemento y sólo *regular resistencia* a los períodos dichos, clasificándose éstas, en los tipos: A-5, A-6 y A-6 - 7. Las de este grupo fueron todas arcillas.

Grupo IV.—En este grupo se estuvieron clasificando los suelos y subsuelos malos, que se encontraron con rareza, a fin de desarrollar posteriormente los medios eficaces para su tratamiento. Incluyen éstos, suelos con un alto contenido de arcilla y de materia coloidal así como materia orgánica y una turba limo arcillo-

sa de Minnesota, clasificados en los tipos: A-7 - 6, A-7 y A-8.

Las conclusiones de interés fundamental a que se llegó son las siguientes:

1.—Las relaciones humedad-densidad de los suelos se verifican en las mezclas de tierra y cemento.

2.—Es primordial la hidratación del cemento para aumentar la estabilidad y la durabilidad, siendo el contenido de humedad óptima de 3 a 10 veces la cantidad de humedad requerida para hidratar el cemento agregado (de 2 a 10% de cemento, en peso).

3.—Las relaciones físico-químicas de los suelos y del cemento son de una importancia fundamental.

4.—Todas las relaciones mencionadas varían con los diversos tipos de suelos.

5.—La estabilidad y durabilidad de los suelos que se encuentran en E. U. de A., pueden mejorarse apreciablemente con la adición de cemento.

Notas:

Los suelos de los grupos I y II que fueron los más aptos para obtener mezclas de tierra-cemento, con las características de estabilidad y durabilidad deseadas, tuvieron índices de plasticidad abajo de 25, límites líquidos abajo de 50, contenidos de arcilla menores de 35%, sus curvas humedad-peso seco, fueron de un carácter "regular" o normal y su índice de compactación o sea el porcentaje de materia

Peso seco
sólida —————, cuando se com-
10 X densidad
prime el suelo con su humedad óptima fué
60 o mayor.

Los suelos del grupo III no se caracterizaron por una relación simple entre sus constantes físicas. Sus contenidos de humedad variaron entre 38 y 76%.

Los suelos del grupo IV en el que se clasificaron aquellos "malos", para su tratamiento simple con cemento tuvieron curvas de humedad, peso seco anormales, algo irregulares y con distintas características comparadas con las mismas curvas de otros suelos, y requirieron más trabajo de laboratorio para su determinación.

En los caminos de varios Estados del vecino país del Norte fué ya probada la realidad de dichas ventajas de las mezclas tierra-cemento en subrasantes de caminos de 1º y 2º orden y aun como superficie de desgaste de caminos de 3er. orden, colocándolas, por supuesto, con los requisitos necesarios de compactación y humedad.

Sería muy conveniente que se efectuaran en México estudios serios sobre este material.

Por sugerencia del Ing. Eduardo Rojas inicié el año pasado estudios elementales para utilizar en nuestras obras de Pequeña Irrigación, las mezclas de tierra y cemento: en dentellones, revestimiento de canales, (ya sea con objeto de disminuir el coeficiente de fricción o de impermeabilizar), en las uniones de un terraplén con una cimentación en que afloren rocas duras o con mamposterías o estructuras de concreto para rellenar los intersticios y huecos con objeto de poder presentar una superficie uniforme para el paso del rodillo, en el primer caso, y obtener una junta impermeable en el segundo. En algunos casos se ejecutó el trabajo; en otros solamente fué estudiada la posibilidad de hacerlo. Tenemos ahora en estudio la utilidad de este material en el dentellón y otras partes de la presa "La Blanca", Tlax. Este concreto pobre de tierra-cemento o tierra-grava-cemento, es fácil y rápido de colocar, de más bajo costo que la mampostería o el concreto, y en general, de poquísimo más alto costo que la tierra sola consolidada con pisones de mano en las mismas condiciones de compactación del terraplén consolidado con rodillos pata de cabra, pero de mucha mayor rapidez de ejecución.

Para nuestro caso, dicho material debería tener una cualidad más, aparte de la estabilidad y durabilidad, siendo ésta la impermeabilidad. Al efecto, se hicieron experiencias elementales en las obras de Atlacomulco, Méx., con tierras cuyos índices de compactación fueron superiores a 60, notándose que la adición de cemento mejoraba la impermeabilidad además de dar otras ventajas relativas a la misma, tales como evitar arrastres de material

cuando éste trabaja con alto gradiente hidráulico y tener menos influencia en la impermeabilidad el requisito de una exacta humedad de colocación, mientras mayor sea la proporción de cemento. (Véase Memoria descriptiva de dichos ensayos.)

También en Pucato, Mich., se hicieron estudios sobre el asunto, introduciéndose una nueva prueba para determinar la humedad óptima de fraguado. No fué posible en dicha región obtener una mezcla que reuniera los requisitos deseados y de economía considerable, dado que las tierras son muy arcillosas o francamente arcillas; en todas hay mucha materia coloidal y en algunas, mucha materia orgánica, teniendo *todas* un índice de compactación o por ciento de materia sólida *menor de 60*. (Se estudiaron 143 zonas y de ellas 41 muestras).

Actualmente se estudian las tierras de San Mateo Nopala, Méx., para efectuar la construcción del dentellón de la cortina con mezcla de tierra y cemento.

Tengo conocimiento de que la Compañía Hidroeléctrica de Chapala está usando este material en revestimiento de canales.

Las pruebas de campo en nuestras obras requieren equipo económico y facilidad de ejecución.

Las pruebas elementales necesarias que se hacen para seleccionar la tierra mejor, existente en la región, para la mezcla y las demás condiciones de la misma, son las que en seguida se detallan, teniendo cada una de las cuales mayor o menor importancia, según la aplicación que se le vaya a dar al material.

PRUEBAS:

1a.—*Por ciento de material sólido o índice de compactación*.—Este dato se obtiene de una prueba normal de peso seco y de la correspondiente densidad absoluta; por lo tanto, cuando estos datos no han sido obtenidos en otro proceso de pruebas, son estas dos las que hay que efectuar, y, con los datos obtenidos:

Si P = Peso volumétrico seco, obtenido consolidado con 20 golpes de martillo

por capa, con la humedad óptima correspondiente.

d = Densidad Absoluta.

y P. M. S. = Por ciento de material sólido o índice de compactación.

Tendremos:

$$PMS. = 100 \frac{P}{1000 d},$$

de donde:

$$PMS. = \frac{P}{10 d}$$

Las tierras cuyo índice es menor de 60 son, según las pruebas hechas en E. U. A., poco útiles para las mezclas con cemento, lo cual hemos podido corroborar en la presa de Pucato, Mich., pues no fué apreciablemente útil el efecto del cemento en cantidades económicamente aceptables.

Esta prueba se reduce a un simple cálculo cuando hay previo un estudio de tierras como el usual anterior a la construcción de un terraplén apisonado.

2a.—*Grado de consolidación*.—Es evidente que en las mezclas tierra-cemento colocadas a mano, se podrán obtener diversos grados de consolidación, según el número de pasadas de pisón de mano como el de la figura 1-a, y el grueso de las capas, variando desde el material casi suelto hasta la consolidación máxima que podrá corresponder a 20 o a 40 golpes de martillo en el laboratorio, según el material.

Para fijar el grado de consolidación necesario, se hará lo siguiente:

Humedecer en forma homogénea unos 150 Kg., de tierra que pasó por la malla N° 4, (hay que "voltearla" varias veces para que la humedad sea la misma en todo el material). Con las dos terceras partes de este material construir dos terraplenitos de prueba, uno consolidado con dos "pasadas" de pisón, por capa de 15 cm., y otro con tres "pasadas" de pisón por capa. Esto puede hacerse dentro de zanjitas abiertas para el caso, con objeto de no desperdiciar material: se considera como una "pasada" el trabajo común de un peón al apisonar toda la capa sin dejar

huecos, una sola vez, dejando caer el pisón de la altura de la parte baja de la rodilla (aproximadamente 45 cm.). Se toman tres muestras para determinación de humedad durante la construcción de cada terraplencito.

Con la otra tercera parte de la tierra se hace simultáneamente lo que sigue: Se procede a llenar el cilindro en tres capas consolidadas cada una con cuatro golpes de martillo de laboratorio, en la forma normal de caída dentro de su guía. Se pesa después de enrasada, la tierra y cilindro, se anota y se tira la tierra usada. Se toma más tierra y se repite la operación sucesivamente con 6, 8, 10, 12, 14, etc., hasta 40 o más golpes por capa. Se toman cuatro muestras de 100 gr., para determinación de humedad, una al principio, dos intercaladas y otra al terminar la operación. Con los pesos del residuo del secado de estos 100 gr., de tierra a 110° C., durante 12 horas se puede calcular, interpolando los intermedios, los pesos secos obtenidos para cada prueba de distinto número de golpes. Es conveniente cubrir con lienzos húmedos el montón de esta tercera parte de los 150 Kg. de tierra, para que no pierda humedad. No debe usarse dos veces una misma tierra, pues pierde humedad en el llenado del cilindro y demás operaciones.

Con los pesos secos determinados y número de golpes correspondientes se dibuja la gráfica *golpes-peso seco*, que será como la de la fig. 2.

Las humedades de construcción de los terraplencitos de prueba deben quedar comprendidas entre las de la prueba golpes-peso seco. Posteriormente se determina con promedio de tres pruebas el peso seco obtenido en cada uno de los dichos terraplencitos, y entrando como argumento con estos pesos secos a la gráfica antes dibujada, se determinarán los números de golpes de martillo de laboratorio equivalentes a *dos y tres* pasadas de pisón por capa respectivamente.

El error por variaciones de humedad es despreciable cuando la prueba se ejecuta sin dilación; pero si se desea hacer una corrección a este error, con los números

de golpes obtenidos, se hacen sendas pruebas de humedad, peso seco, dibujando sus curvas y sobre estas curvas se pueden tomar los *pesos-secos*, correspondientes a la humedad media de la gráfica golpe-peso-seco y ya *con éstos*, volver a entrar a la misma como argumentos para obtener los números de golpes corregidos.

3a.—*Humedad óptima de consolidación*.—Esta humedad óptima se obtiene de la gráfica: Humedad-Peso seco haciendo la prueba con el número de golpes de martillo de laboratorio obtenido en la prueba anterior. Esta humedad será *mayor* mientras *menor* sea dicho número de golpes y viceversa.

4a.—*Humedad óptima de fraguado*.—Esta humedad, como vimos al principio de estos apuntes, es en apariencia menor la óptima de consolidación, según los estudios hechos en la Portland Cement Association; pero prácticamente hemos visto en nuestros trabajos que no toda el agua que se incorpora a la tierra es utilizada en el fraguado con lo que en tierras de baja humedad óptima podría faltar agua para el mismo. En caso de revestimiento de canales con este material, es primordial la durabilidad y entonces la humedad óptima de fraguado es básica. La prueba que la determina es la siguiente:

En formas de lámina tronco-cónicas como las de las figuras 1-b y 1-c, colocar mezclas de una sola clase de tierra y cemento con iguales proporciones de éste; pero diferentes porcentos de humedad, variando de 5 en 5% y desde un 5% menos de la humedad óptima en adelante, numerándolas para reconocerlas. A estas muestras se les dará el grado de consolidación deseado, (ver prueba segunda), llenando el molde con 5 capas iguales, y tomando en cuenta que un golpe de martillo por capa en el cilindro Proctor usual (10.5 cm., diámetro interior aproximado), equivale a 0.44, 1.1, 2, 3.3 y 4.8 golpes en cada una de las capas del molde cono-truncado invertido (Fig. 1c), y en el orden de colocación; puede por lo tanto calcularse el número de golpes por cada capa que uniformemente se repartirán en cada una de las 5 con que se llena el molde y cuyos diámetros medios son: 7, 11, 15, 19 y 23

cm., respectivamente de manera que la compactación resulte homogénea y equivalente a la obtenida para el cilindro en la prueba 2a.

Después de 5 o más días de curado, colocar las 5 muestras en un tanque de agua de manera que queden cubiertas tal como se ve en la fig. 1-d. A las 24 horas de permanencia en el mismo, las muestras de mala relación agua-cemento, se habrán reblandecido francamente; a las restantes se les coloca de nuevo el molde, se sacan del agua, se invierten y se les hacen tres pruebas de resistencia a la penetración, a cada una, en la base. La muestra que tenga una resistencia promedio mayor, será aquella en que el porcentaje de humedad o relación agua-cemento ha sido el óptimo.

5a.—*Permeabilidad.*—Es fácil determinar por comparación la mayor o menor permeabilidad de un terreno o de un terraplén y cuando ya se tiene una buena práctica, basta deducir el coeficiente de permeabilidad aproximado si se hace la siguiente prueba aconsejada por el Ing. A. Weiss. En el terraplén o terreno a prueba, excavar un pozo a cielo abierto, con profundidad hasta la parte por probar, cortando de manera que quede el fondo de este pozo lo más horizontal posible. En este fondo, hacer cuidadosamente una excavación, (puede hacerse con espátula) de 0.30 x 0.30 x 0.30 m.; llenarla de agua y anotar las pérdidas por filtración y los tiempos requeridos para ellas. Puede hacerse una gráfica. Desde luego que ésta no es una prueba cuantitativa, sino cualitativa; pero es útil y no requiere aparato ninguno.

Otra prueba con laboratorio de campo puede hacerse en permeámetros como el que vemos en el diseño adjunto (Fig. 3). Estos son simplificados, de manera que puedan construirse a bajo costo y con accesorios existentes en el mercado, en cualquier obra de Pequeña Irrigación, en que sean necesarios, y con objeto de efectuar pruebas de selección. No pueden aplicarse presiones mecánicas a la muestra; pero prestan buenos servicios, pues aunque son imperfectos, ayudan a seleccionar una

muestra final que deberá probarse en Laboratorios Centrales.

La muestra por probar en dichos permeámetros deberá tener 9 cm., de diámetro y 15 de alto. Cuando se compacta en moldes como los de la fig 3, hay que construirla más alta (4 capas de 5 cm.), con objeto de cortar luego sus bases, normales al eje longitudinal; la consolidación en el molde se hará con el mismo martillo y la guía del laboratorio y con el número de golpes necesarios por capa, según el grado de consolidación deseado (Prueba 2a.). Este número de golpes por capa debe ser equivalente al obtenido para el cilindro en la segunda prueba, y tomando en cuenta que el molde tiene 9 cm., de diámetro se calculó la siguiente tabla de equivalencias:

Golpes por capa en el cilindro Proctor	Golpes por capa a la muestra (de 9 cm. diám.)
4	3
6	5
8	6
10	7
12	9
14	10
16	12
18	13
20	15

Una vez cortada la muestra, previo fraguado y curado si se trata de tierra con cemento, se coloca dentro del tubo de 4" del permeámetro, al cual se le debe apretar antes la tapa inferior y colocar en su lugar la galleta de concreto poroso. Centrando bien la muestra, se llena entonces el hueco que queda entre el interior del tubo roscado y dicha muestra, con parafina apenas licuada (60 a 75° C.), pues con temperaturas más altas se corre el peligro, sobre todo en muestras porosas, de que penetre un poco la parafina en ellas, reduciendo el área de filtración. Se raspa en seguida la superficie de la muestra por si cayó algo de parafina, soplando sobre ella para extraer el polvo resultante y se monta ya el permeámetro cuidando de apretar bien la tapa superior y sin mover para nada la inferior, pues una ligera presión de esta tapa sobre la galleta de concreto poroso se transmitiría a la muestra destruyendo la unión de la parafina.

Es conveniente llevar además del registro correspondiente en el que se anota la filtración en 24 horas, unas gráficas de permeabilidad como las de la fig. 4, pues una curva anormal nos indica que hay una falla en el permeámetro, la muestra o la parafina, y debe desecharse la prueba o corregirla, además de que claramente se nota en dichas curvas cuando la filtración ya se ha normalizado, siendo sobre esta filtración media normal sobre la que se debe calcular el coeficiente de permeabilidad o velocidad de filtración por año con gradiente hidráulico igual a 1. Esto lo calcularemos de la manera siguiente:

$$v = 365 \frac{V L}{A H}$$

siendo

V = Volumen de filtración promedio (ya estabilizada ésta), en 24 h.

L = Altura de la muestra o sea el paso mínimo de filtración.

A = Area de la sección transversal de la muestra.

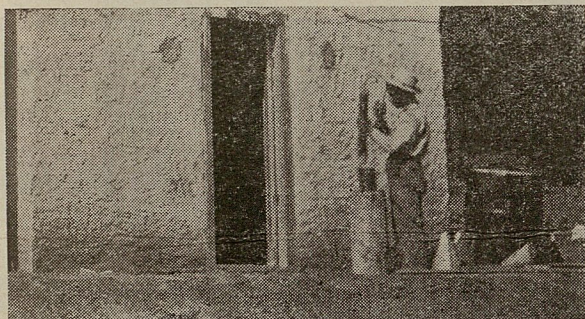
H = Carga hidráulica del permeámetro.

Siendo H, L y A, constantes, podemos calcular una constante "c" del permeámetro y muestra:

$$c = 365 \frac{L}{A H}$$

y queda entonces:

$$v = c V$$



1.—Operador consolidando un cilindro Proctor. Nótese en el suelo el molde cono-truncado y las muestras vaciadas, para pruebas de humedad óptima de fraguado en la Presa de Pucato, Mich.

Resumen:

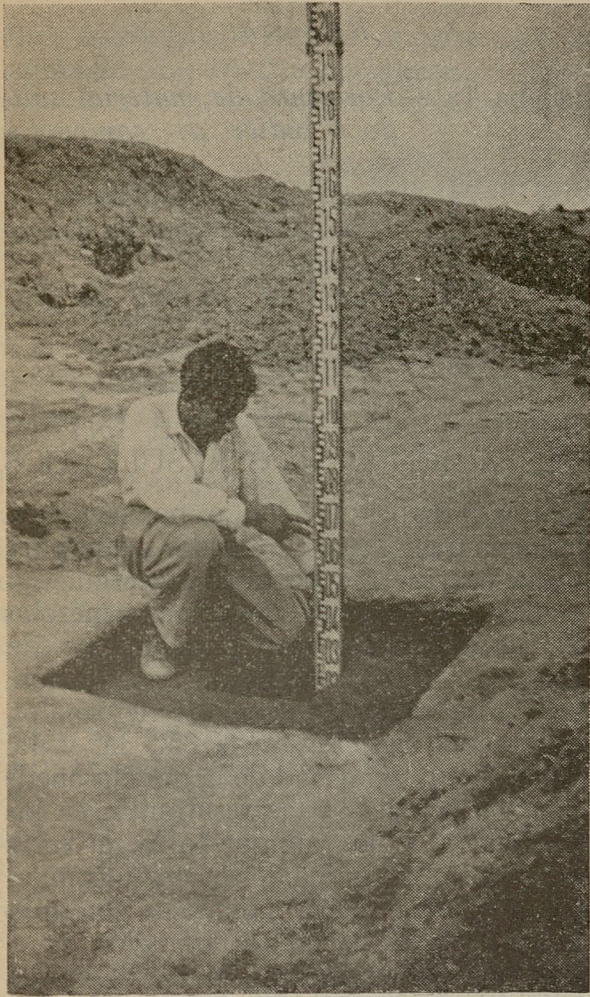
- Prueba 1a.—Porcentaje de material sólido o índice de compactación.
- „ 2a.—Grado de consolidación.
- „ 3a.—Humedad óptima de consolidación.
- „ 4a.—Humedad óptima de fraguado.
- „ 5a.—Permeabilidad.

SECUELA DE PRUEBAS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Las pruebas pueden o no seguir el orden en que se han explicado, según para lo que se vaya a utilizar el material.

Cuando se trata de colocar mezclas de tierra con cemento para relleno de huecos en zonas rocosas de cimentación, mamposterías o revestimiento de canales, las pruebas básicas son la 2a., 3a. y 4a. y entonces la humedad de la mezcla puede ser un promedio de las resultantes en las pruebas 3a. y 4a., aunque lo mejor sería que ambas fueran iguales o cercanas, para lo cual es bueno tener a mano un conjunto de gráficas de tierras de la región en el que podamos escoger una tierra de humedad óptima parecida a la de la prueba 4a., siempre que sean gráficas de pruebas hechas con el mismo número de golpes equivalente a la consolidación que se hará en el terraplén; pero no siempre es posible tenerlas.

Si la estabilidad y durabilidad son requisitos, como en el caso de agua corriente que pueda erosionar el material y la obra no es de importancia tal que requiera un laboratorio, se puede escoger a ojo un tepetate blando de aparente buena composición granulométrica o un migajón arcillo-arenoso, limo-arenoso o arenoso fino y efectuar con ellos *solamente la 3a.* prueba, haciéndola primero con igualdad de todas las condiciones (proporción de cemento, humedad y consolidación), pero cada muestra con diferente clase de tierra para determinar cuál es la más conveniente y en seguida repetir la prueba con la mejor tierra y diferentes humedades, tal como se indica en la explicación de la dicha prueba 3a.



2.—Operador del laboratorio en La Blanca, Tlax., verificando la profundidad de un pocito para prueba cualitativa de permeabilidad.

Cuando se trata de que estas mezclas sirvan para formar pantallas impermeables (dentellones), la secuela de pruebas es la siguiente:

Con los resultados de la primera prueba escoger una o dos tierras cuyo porcentaje de materia sólida sea el mayor, pero si hay poca diferencia es preferible sin duda un migajón arcillo-arenoso o limo-arenoso aun con menor porcentaje, que una arcilla o migajón arcilloso.

Con este material efectuar en el orden en que se nombran, las pruebas 2a., 5a., 3a., 4a. y 5a., por lo siguiente:

En la 2a. obtendremos el número de golpes equivalentes en el laboratorio a 2, 3 ó 4 pasadas de pisón por capa de 15 cm.

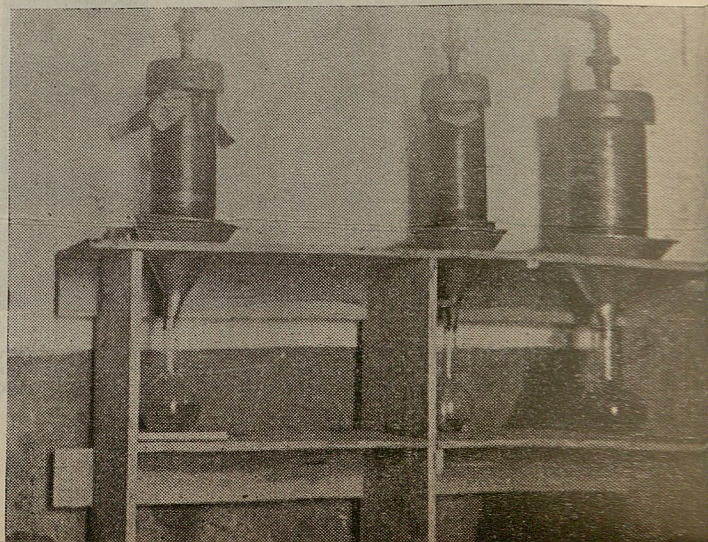
En la 5a., que sigue, probaremos con este número de golpes, muestras con di-

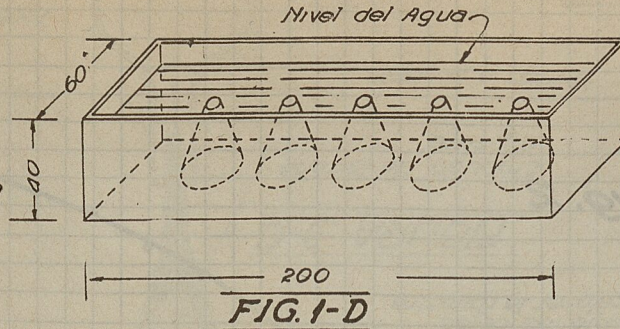
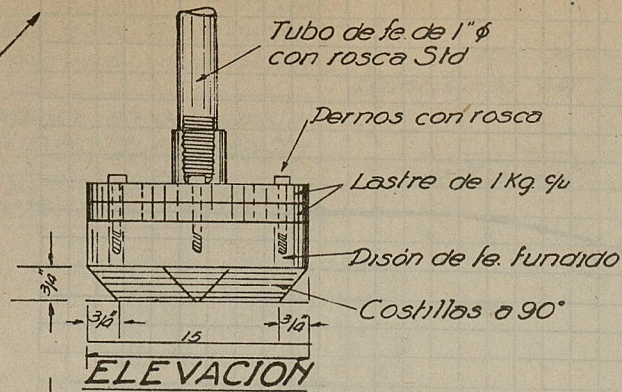
ferentes proporciones de cemento, a fin de ver la mezcla más económica que puede dar una relativa impermeabilidad aceptable.

En la 3a. y 4a., determinaremos en seguida, ya con este material, este número de golpes por capa y esta proporción de cemento, cuales son las humedades óptimas. Lo ideal sería que fuesen iguales o cercanas: esto puede tratar de efectuarse (en caso de ser muy diferentes), variando el número de golpes de consolidación, con lo que la humedad correspondiente varía; variando la proporción de cemento con lo que variaría ligeramente la humedad de fraguado, o, en último caso, con un cambio de tierra; pero si no es posible lograr humedades cercanas, para nuestro propósito de pantalla impermeable es mejor acercarse en el trabajo de construcción a la humedad resultante de la prueba 3a. y principiar el curado del material inmediatamente después de haber terminado su colocación y compactación.

La prueba 5a. se repite al final de las otras con objeto de ver las condiciones de permeabilidad de la muestra, hecha ya con el material, número de golpes por capa, proporción de cemento y humedad de colocación, escogidos en las pruebas anteriores; pero esta prueba deberá hacerse en los Laboratorios Centrales, en San Jacinto, Méx., para determinar el coeficiente de permeabilidad exacto y poder aprobar o no el material; en caso de duda entre varias muestras clasificadas como buenas, todas ellas deberán mandarse a dichos Laboratorios Centrales.

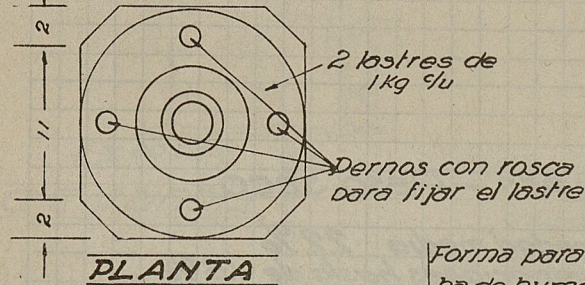
3.—Permeámetros montados en el laboratorio de la Presa Fabela, Atlacomulco, Méx.



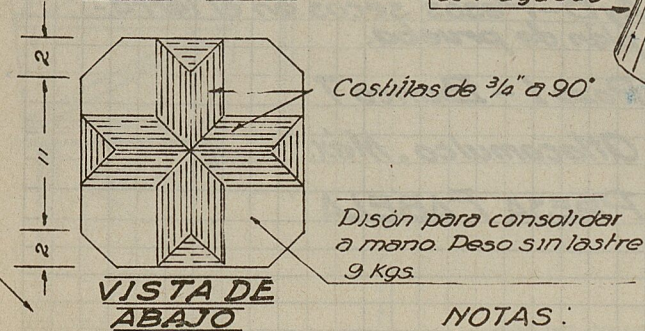


Tanque para la prueba de humedad optima de fraguado. Las pruebas quedaran cubiertas con 5 cms. de lamina de agua.

FIGS. 1-A



PLANTA



VISTA DE ABAJO

Forma para prueba de humedad de fraguado

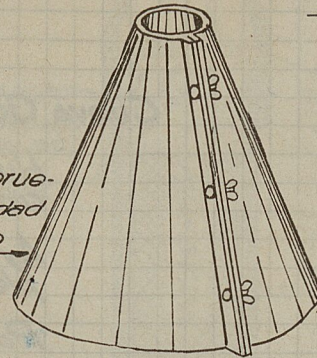


FIG. 1-B

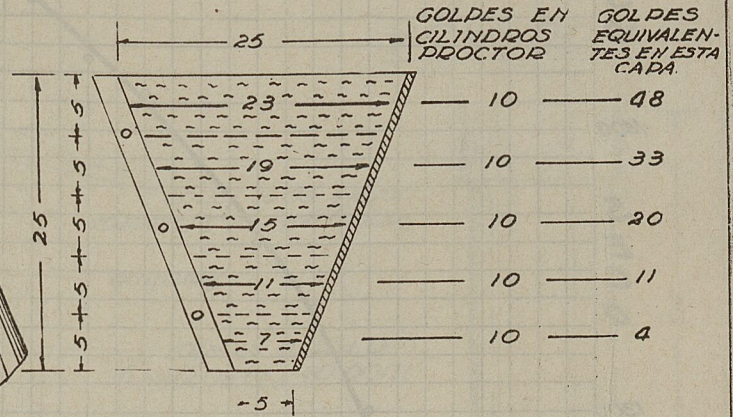


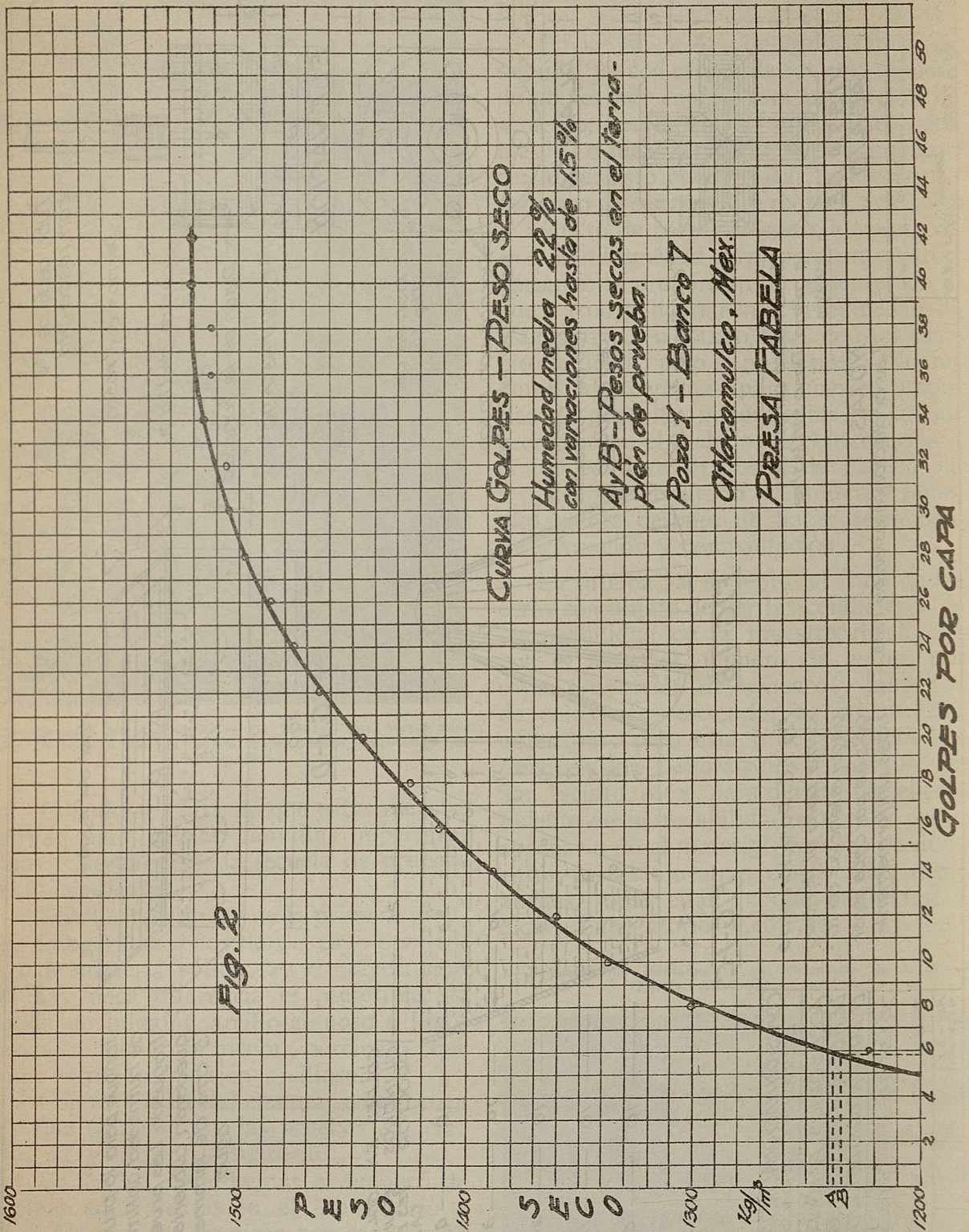
FIG. 1-C

Fig. 1-C. Posicion de la forma para el llenado y equivalencias de 10-golpes por cada repartidas uniformemente.

NOTAS:
Las acotaciones estan en cms.

Proyectó: _____ Dibujo: _____
Verificó: ING. M. F. REYES Revisó: ING. M. F. REYES

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION	
DIRECCION DE R. IRRIGACION	
ACCESORIOS PARA PRUEBA DE TIERRAS MEXICANAS TIERRACEMTO EN LABORATORIO DE CAMPO	
JEFE DEL DEPTO	DEPTO. CONSULTIVO
DIREC. DE ING.	VOCAL EJECUTIVO
MEX. - D. F.	
MARZO 1944	



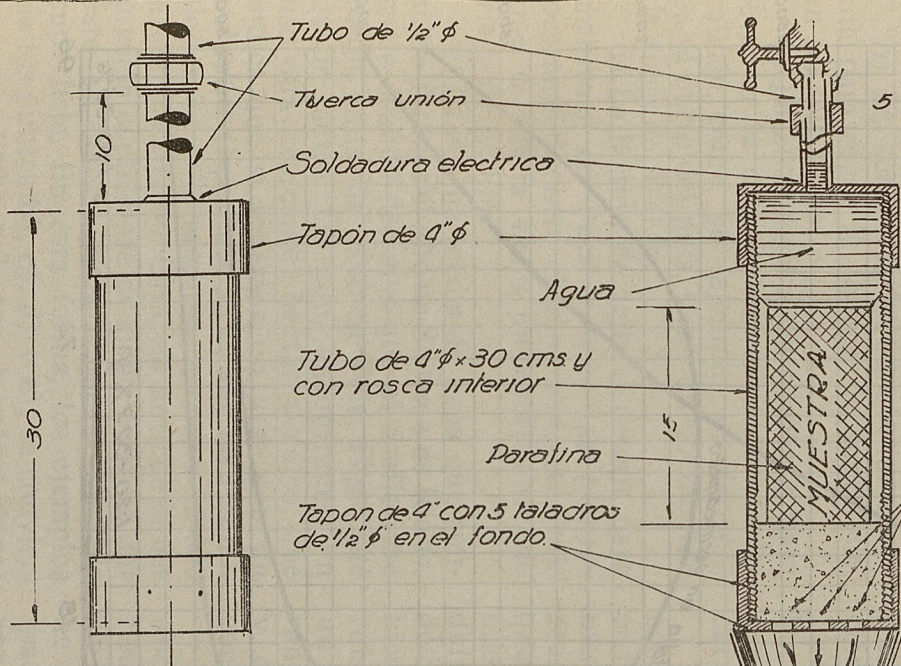


FIGURA 3-A

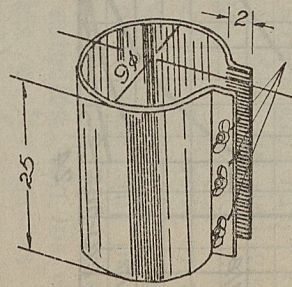


FIGURA 3-B

Proyectó..... Dibujó.....
 Colocó..... Revisó.....

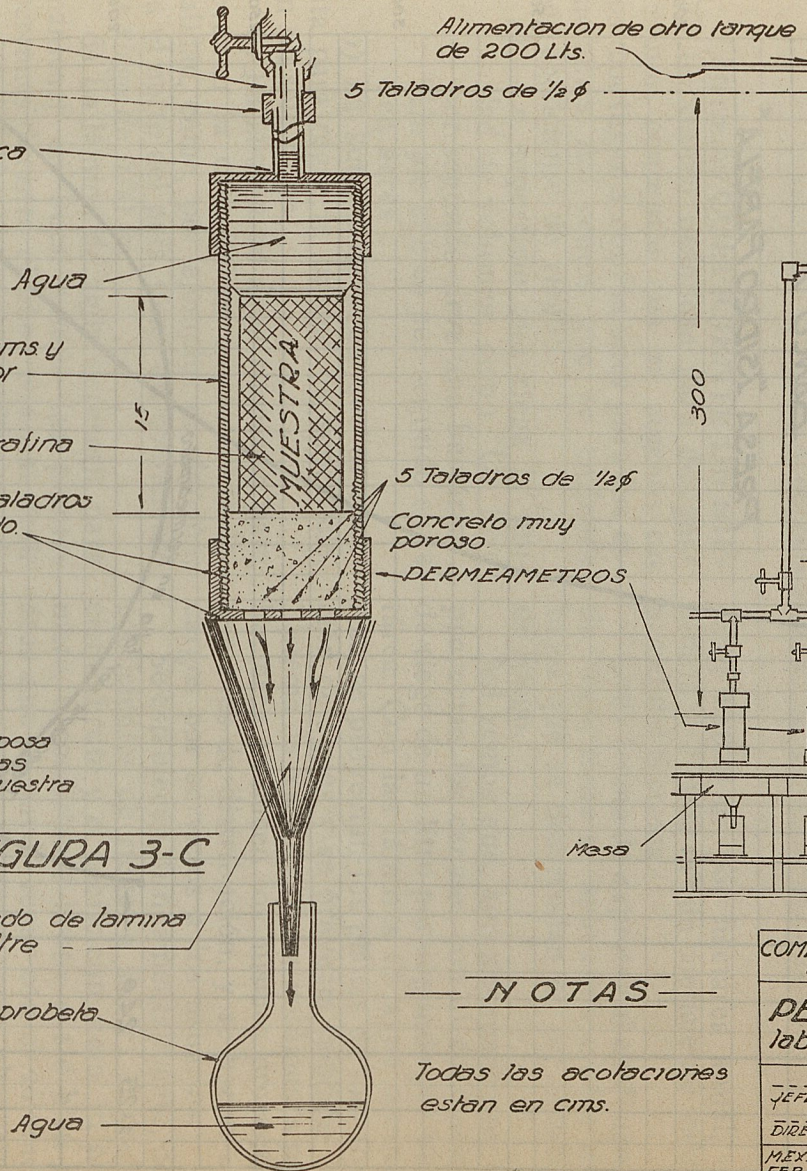


FIGURA 3-C

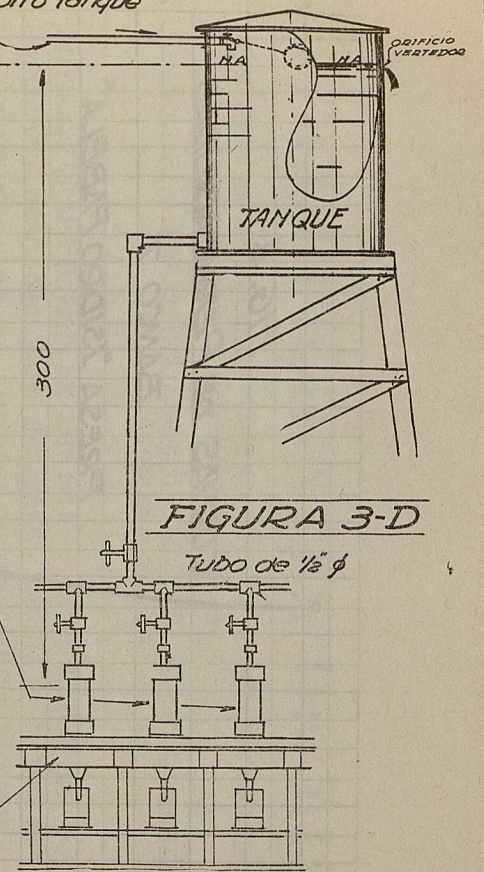


FIGURA 3-D

NOTAS

Todas las acotaciones están en cms.

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
 DIRECCION DE P. IRRIGACION

PERMEAMETRO para laboratorio de CAMPO.

JEFE DEL DEPTO	DEPTO. CONSULTIVO
DIRECTOR TÉCNICO	VOCAL EJECUTIVO
MEX. D.F.	FEB. 1944

