

LA SECCION DE GEOTECNIA DEL LABORATORIO CENTRAL

Por CARLOS BENITO HERNANDEZ, Ingeniero de Caminos.

Al quedar completas las instalaciones de la Sección mencionada en el epígrafe, y de cuyo funcionamiento ya teníamos referencia, nos complacemos en ofrecer a nuestros lectores su descripción, interesante para todos aquellos Organismos a los cuales puedan ser útiles los ensayos que en ella se realizan.

La necesidad de utilizar lo mejor posible las nuevas técnicas que en los últimos años han ido presentándose en el campo de la construcción, indujo a incluir entre las Secciones del Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción, la de Geotecnia, que ha entrado ya en plena actividad, por lo que parece interesante dar a conocer los medios con que cuenta para el desempeño de su misión, que es el desarrollo de todos los ensayos de laboratorio que pueden requerirse para el estudio y proyecto de las cimentaciones, contenciones y demás problemas relacionados con la estabilidad y resistencia de las tierras, como son los de permeabilidad, descomponibilidad, etc., dejando aparte los relativos a los pavimentos con sus terraplenes o los movimientos de tierras inherentes a su ejecución, los cuales se estudian ya en el Laboratorio de Caminos, anejo a la Escuela, y que funciona bajo la activa e inteligente dirección de D. José L. Escario, profesor de la asignatura, con la colaboración del Sr. Jiménez Salas.

Resulta imposible o absurdo aplicar las modernas fórmulas y teorías que la mecánica de las tierras ofrece para el proyecto y comprobación de las infraestructuras, mientras hayan de clasificarse de un modo puramente subjetivo las características físicas de los diversos estratos y fijar, por ejemplo, los valores de las densidades reales y aparentes del ángulo de rozamiento interno y de la cohesión, partiendo, como única orientación, del nombre dado corrientemente al terreno, de su naturaleza petrográfica o de su comparación ocular con otros terrenos semejantes.

Vemos, pues, que desde el punto de vista del constructor se pueden clasificar los terrenos en incompresibles, que son las rocas, y compresibles, más o menos permeables, como las arenas, margas y arcillas; estos últimos son los estudiados en

los Laboratorios de Geotecnia, definiendo sus propiedades por medio de coeficientes obtenidos como resultado de los ensayos.

Si solamente fueran tres los tipos de terrenos a estudiar y con características tan diferentes como las que distinguen las arenas de las arcillas, el problema sería fácil: pero todos sabemos que esto no ocurre así, sino que en la Naturaleza se presentan mezclados en proporciones tan variadas, que es difícil, por no decir imposible, el prever sus propiedades con un ligero examen, y mientras que unas veces las cargas aceptadas de tres y hasta cinco kilogramos por centímetro cuadrado pueden resultar muy escasas para una arena, en otras ocasiones las de medio o un kilogramo por centímetro cuadrado serán excesivas para una arena fina o una arcilla que estén en equilibrio inestable por su contenido en agua, pudiendo variar éste al cambiar las tensiones por efecto de las cargas.

Tomando probetas, en determinadas condiciones, de las diversas capas de terrenos influenciados por la obra y analizándolas sistemáticamente, conoceremos sus características, lo que permitirá al proyectista elegir la cimentación más adecuada. Pero, para que puedan ser útiles estos resultados, es necesario que las pruebas se realicen en las mismas condiciones de carga que luego van a presentarse en la realidad, por lo que creo conveniente poner de manifiesto la gran diferencia que existe entre los ensayos de geotecnia y los que corrientemente tienen lugar con los materiales de construcción. Trataré de aclarar esta diferencia con un ejemplo: Cuando se quiere hacer un análisis químico de un cemento o ensayar a tracción un acero, se llevan éstos al Laboratorio, haciendo constar los nombres de las pruebas solicitadas; sin embargo, cuando se envía una probeta sacada de un terreno arcilloso y se piden sus características, es necesario indicar muchos más detalles; como son: La profundidad a

que ha sido tomada, cualidades de los estratos adyacentes, y, sobre todo, las cargas que después tiene que soportar, pues con estos pormenores será posible que, como se expuso anteriormente, los ensayos reproduzcan estados de tensión análogos a los de la realidad y se logren resultados válidos.

Para alcanzar todas estas premisas y poder llegar a soluciones satisfactorias, necesita el Laboratorio la ayuda del autor del proyecto, el cual debe suministrar todos los datos que se estimen necesarios. Por otra parte, y siempre que no se encargue el Laboratorio de tomar las muestras de los terrenos, todas las observaciones relacionadas con ellos se obtendrán de la Entidad encargada de hacer los sondeos, a la que se le habrán indicado las dimensiones, número y profundidad a que deben sacarse, haciéndole ver la importancia que tiene siempre esta operación, lo que es bien fácil de comprender, considerando que todo el estudio se basa sobre dichas muestras, que, en la mayoría de los casos, deben obtenerse sin alterar su estructura. Con lo expuesto se aprecia la conveniencia de que el

Laboratorio esté enterado del plan de sondeos a ejecutar, cuando éstos tengan por finalidad la obtención del material para hacer los ensayos.

Algunas veces, y como consecuencia de las pruebas realizadas, el proyectista podrá juzgar conveniente introducir alguna modificación en las cimentaciones, eventualidad que pone de manifiesto la conveniencia de empezar los ensayos en el momento oportuno. El más indicado parece ser el de la terminación del anteproyecto; entonces se conoce de una manera aproximada la distribución de las cargas y su magnitud, así como la deformabilidad, rigidez o características especiales que pueda tener la obra, contándose, por tanto, con los datos necesarios para empezar el estudio geotécnico. Como consecuencia de éste, el ingeniero contará con la información suficiente para elegir el tipo de cimentación más adecuada, bien sea superficial o profunda; zapatas o placas en el primer caso; pilotes, cajones u otros, en el segundo.

Solicitando los ensayos del Laboratorio en el momento oportuno, no se correrá el riesgo de re-

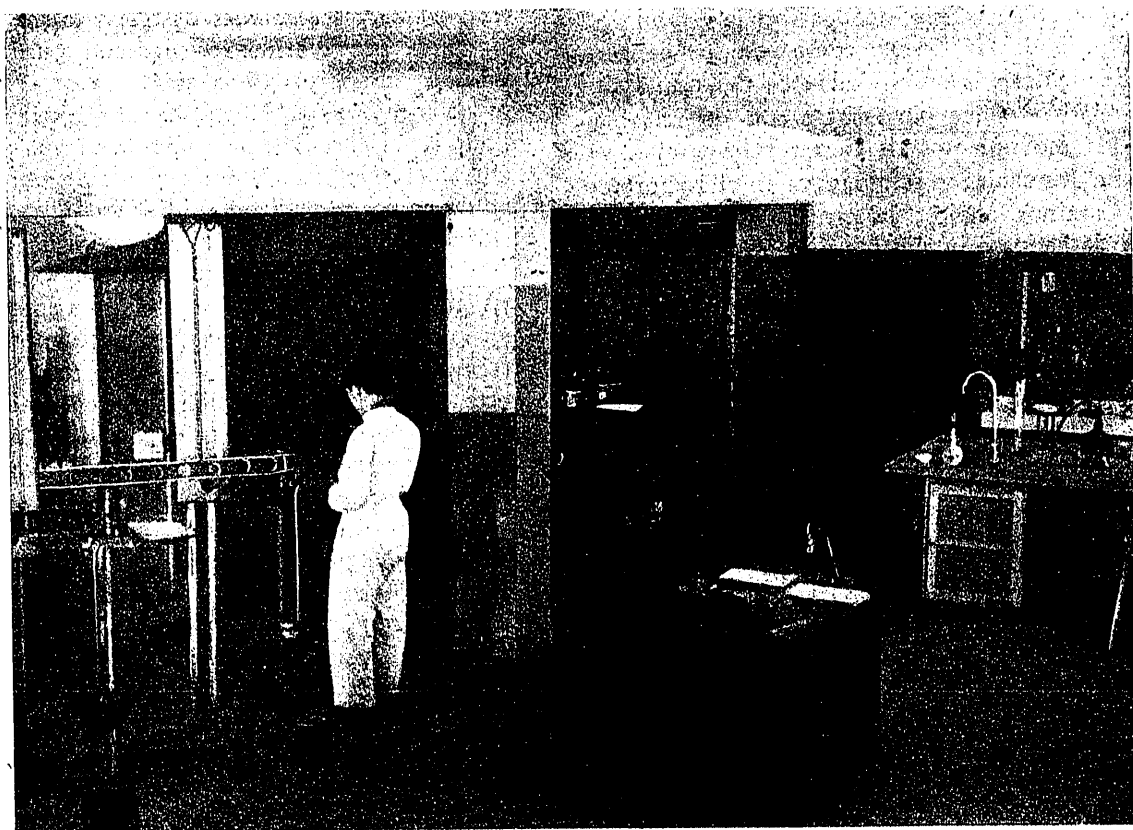


Figura 1.ª.

trasar la obra, o de que cuando se den los resultados sean inútiles por estar ya construídas las cimentaciones. Es necesario tener en cuenta que las pruebas han de ser hechas con mucho cuidado, y algunas de ellas exigen bastante tiempo.

Conviene, a este respecto, precisar aquí la misión de un Laboratorio Geotécnico: Consiste en realizar los ensayos relacionados con su especialidad que se le pidan o que de común acuerdo se hayan fijado como más convenientes para un fin determinado, y después de aprobado dicho plan, proceder a su ejecución. En ambos casos se trata de hacer unas pruebas y dar sus resultados, sin convertir el Laboratorio en una oficina técnica para proyectar cimentaciones. Su finalidad consiste en facilitar al ingeniero proyectista toda clase de elementos necesarios para que pueda comprobar la estabilidad de la obra y estudiar su conservación en el tiempo.

Todos estos trabajos no excluyen la posibilidad de desarrollar las iniciativas propias del Laboratorio en investigaciones o en la comprobación de nuevas teorías, tareas ambas de gran interés, contribuyendo así al progreso de la técnica en general.

Al referirme siempre a las cimentaciones, no quisiera dar la idea de que su estudio limita toda la actividad en un Laboratorio de este género; su campo de acción es mucho más amplio, y de organismos semejantes han salido las más modernas

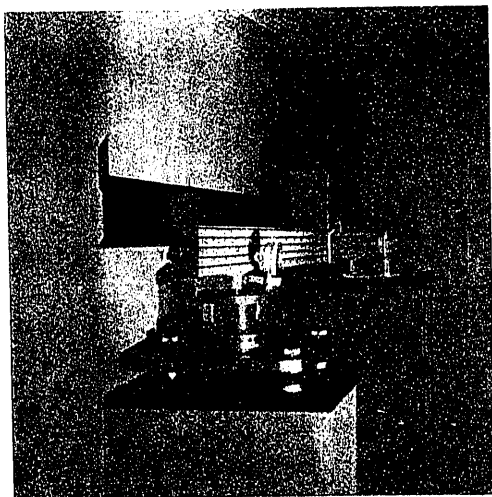


Figura 2.ª

teorías sobre el proyecto de obras de tierra y muros, pudiéndose citar como ejemplo los ensayos realizados en esta materia sobre modelos reducidos, por Terzaghi, en Estados Unidos.

Considerando que el coste de las cimentaciones supone, en un gran número de obras, un tanto por ciento elevado del presupuesto total y la conveniencia de estudiar mejor las propiedades mecánicas de

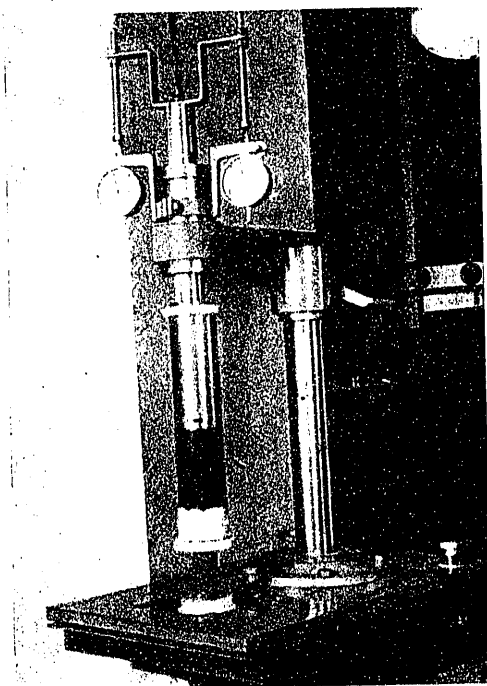


Figura 3.ª

los suelos, para de esta manera aprovecharlas siempre al máximo y evitar, en lo posible, los accidentes debidos a un conocimiento deficiente de los terrenos, se destinó una sección de las nuevas instalaciones del Laboratorio Central a ensayos de Geotecnia, comprobándose lo acertado de esta iniciativa al tener que empezar a trabajar en la materia ya hace más de un año, a petición de empresas particulares, y en momentos en que, por carecer de las máquinas más indispensables, hubo que suplir con ingenio, de que tan pródiga es nuestra raza, la escasez de suministros de todas clases que sufríamos en el mercado. Desde entonces, y según se recibían los diferentes aparatos, ha ido aumentando el ritmo del trabajo, al propio tiempo que se adiestraba al personal subalterno en la práctica de las diversas manipulaciones.

En la actualidad, la sección está ubicada en la planta baja del nuevo edificio del Laboratorio Central, y consta de una gran sala en donde están colocadas las máquinas de ensayo, cuyo conjunto puede apreciarse en la figura 1.ª, y una cámara para conservar las muestras de los terrenos, a cuyo fin

está provista de dispositivos automáticos para regular la humedad y la temperatura.

Como se deduce de la relación de ensayos que podemos ejecutar, y que se dará a continuación, cuenta este Laboratorio con todas las instalaciones necesarias para las pruebas normales, y se están ampliando sus posibilidades con nuevos instrumentos que nos permitirán estudiar propiedades más especiales, pero siempre interesantes en el conocimiento de los terrenos de cimentación.

Para no fatigar al lector, no me detendré a ex-

El tanto por ciento de humedad natural.

La densidad aparente.

El peso específico de la materia sólida.

La altura de ascensión capilar.

La curva de permeabilidad a diferentes presiones.

La resistencia a compresión simple.

La resistencia a tracción simple.

El ángulo de rozamiento interno.

La cohesión, y

Las curvas edométricas, que unen los recorri-

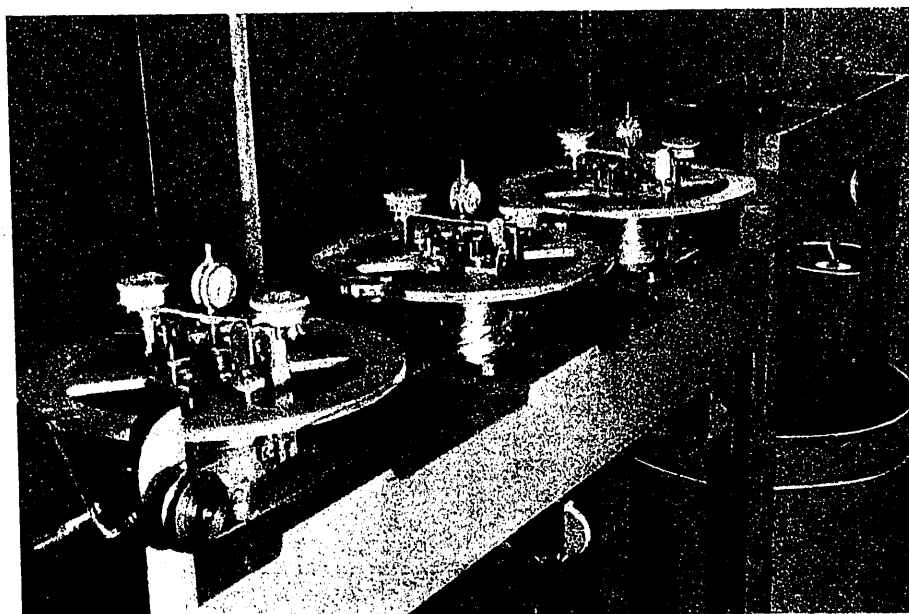


Figura 4.ª

plicar la finalidad y pormenores de la manipulación de las diversas pruebas de geotecnia, que además podrán encontrarse descritas con más maestría en cualquiera de los Tratados clásicos al uso, limitándome exclusivamente a nombrar aquellos ensayos que estamos en condiciones de realizar.

Entre los llamados indicadores, y cuya única finalidad es la de clasificar los terrenos, podemos hacer los siguientes:

El análisis granulométrico.

Los límites de Atterberg: plástico, líquido y de retracción.

La consistencia de Burnister, y

El cono sueco o ensayo de penetración.

También podemos efectuar las pruebas necesarias para llegar a conocer las principales propiedades de los terrenos, al determinar:

dos con las diversas compresiones que experimenta el terreno.

A continuación va una ligera referencia de los aparatos que utilizamos para realizar dichas pruebas.

Con el fin de llegar a conocer la composición granulométrica de los suelos, tenemos una serie de tamices I. M. M. y la batidora, dispersivos y areómetros necesarios para aplicar el método de Casagrande, existiendo al propio tiempo seis tubos modelo Wiegner, adecuados para el mismo fin.

La resistencia a compresión simple la hallamos con la máquina de la figura 2.ª, que permite realizar la prueba en un ambiente saturado de vapor de agua, para eliminar las tensiones capilares, pudiéndose medir las cargas aplicadas con un error menor de 10 gramos.

En las investigaciones sobre arcillas resulta muy interesante poder conocer la curva de resistencia intrínseca del material, siendo la parte más delicada la determinación de los puntos próximos al origen; esta operación se simplifica notablemente con el ensayo a tracción simple, que sirve de comprobación. Para su realización se ha construido una máquina modelo Daxelhofer, que se muestra en la figura 3.^a, y en la cual se sujeta la probeta en los platos, helando los extremos de aquélla.

Para hallar el ángulo de rozamiento interno y la cohesión, utilizamos un conjunto de tres aparatos sistema Hvorsler (fig. 4.^a), en los que se hace el ensayo de corte por torsión, sobre probetas, intactas o manipuladas, de forma de corona circular. La elección de este modelo se hizo porque permite estudiar las resistencias y deformaciones después de la rotura, y aunque su manejo es más complicado que el de los aparatos de corte ideados por Casagrande, la ventaja apuntada compensa las dificultades expuestas.

El estudio de los asientos en los terrenos arcillosos, así como la determinación de la curva de permeabilidad, los hacemos por medio de tres edómetros (fig. 5.^a), que corresponden al prototipo original de Terzaghi, modificado por Rodio.

Y, por último, hemos empezado a trabajar con una máquina triaxil, cuya utilidad en un Laboratorio de esta especialidad es indiscutible, sobre todo en los ensayos con arenas.

Completan la instalación, tan brevemente reseñada, los aparatos auxiliares, tales como balanzas, hornos, bombas de vacío, etc., que son indispensables en organismos de esta naturaleza.

El lector habrá advertido que no se han mencionado entre los ensayos para los que está preparada la Sección, los de tipo químico, porque todos los análisis químicos que han de realizarse en el Laboratorio Central se hacen en una Sección especializada para este fin, y de la que están encargados los prestigiosos Doctores en Ciencias Químicas D. Juan María Coronas y D. Vicente Iranzo, cumpliendo a la Sección de Geotecnia solamente el cometido de indicar la conveniencia de una u otra determinación.

Además de las instalaciones detalladas, el Laboratorio cuenta con salas proyectadas para poder montar en ellas aparatos o dispositivos especiales destinados a investigaciones o ensayos que difieran de los realizados con los artilugios usuales.

Simultáneamente con este artículo, y según cos-

tumbre en nuestra organización, empiezan a publicarse las *Normas* que rigen cada uno de los ensayos que hacemos, así como una descripción detallada de los aparatos usados. Con ello, y como se expuso en la "Publicación núm. 2" de este Labo-

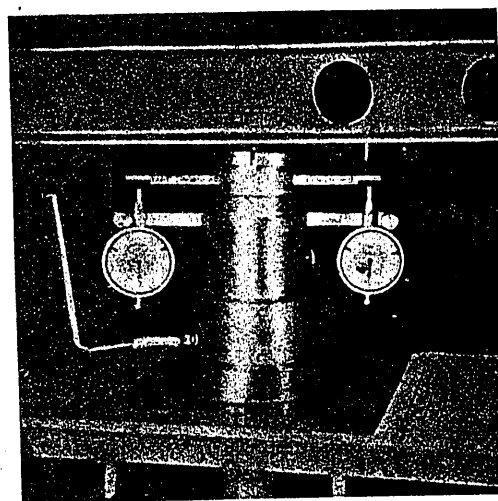


Figura 5.^a.

ratorio, no pretendemos descubrir nuevos métodos, que ya son clásicos, y sí solamente dar a conocer, a aquellos que les interese, los datos necesarios para interpretar debidamente las pruebas de los ensayos que se nos confían. Agradeceremos a los técnicos en general, el que, si consideran oportuno introducir alguna modificación en las *Normas*, nos lo comuniquen, con lo que les quedaremos agradecidos, al par que estudiaremos gustosos la variación propuesta.

Termino este pequeño artículo convencido de que ha pasado la época en que se podía dudar del interés de los resultados de los ensayos geotécnicos, y confirma esta idea el hecho de que en todos los países, al progresar el arte de la construcción, se ha reconocido la importancia de su ayuda. Por todas partes los Terzaghi, Casagrande, etc., se ocupan de observar las cimentaciones y proponer nuevas teorías cada vez más próximas a la realidad. Si con los eficaces medios materiales de que disponemos, y las pobres dotes del autor de estas líneas, se ayuda a que fructifiquen en nuestra Patria los adelantos debidos a tan ilustres investigadores, creeré haber cumplido con mi deber como encargado de la Sección de Geotecnia del Laboratorio Central.