

# CAPITULO 1. Introducción

1. Generalidades. 2. Estudio de la Mecánica de Suelos (Geotecnia II). 3. Determinación de la permeabilidad en laboratorio y *in situ*. 4. Escurrimiento del agua en medios porosos. Teoría de la filtración. Redes de flujo. Cálculo de caudal escurrido. 5. Capilaridad. Ascenso capilar.

## 1 GENERALIDADES

La mecánica de suelos y rocas en las construcciones de ingeniería es tan antigua como la historia. Ningún otro material que actualmente utiliza el ingeniero civil, salvo la madera, fue utilizado hasta hace 200 años. Los suelos y las rocas siguen siendo, todavía, los materiales importantes en la ingeniería de construcciones civiles, en su estado natural, en fundaciones y excavaciones, o como materiales de construcción para terraplenes o presas de material suelto.

La mayoría de las personas tiene alguna experiencia personal directa con la mecánica de suelos y la ingeniería geotécnica. Cuando los niños excavan pozos en la playa y construyen castillos de arena; o juegan con el azúcar o la sal en la cocina, o usan la plastilina en el jardín de infantes, o chapotean en el barro, están, de alguna forma, aprendiendo mecánica de suelos e ingeniería geotécnica.

Los suelos se comportan en una variedad de formas diferentes. La arena seca puede fluir como el agua, y formar un cono cuando se la deposita, sin embargo, cuando está húmeda, es posible construir castillos de arena y medir su resistencia a la compresión como si fuese una probeta de hormigón. La arcilla en cambio, se comporta más parecida a la plastilina o a la manteca. Cuando la arcilla tiene un alto contenido de agua se puede amasar como si fuese manteca caliente, en cambio cuando está seca, se comporta como manteca congelada, que se fractura y se rompe cuando se la comprime. Los mecanismos que gobiernan la estabilidad de las pequeñas excavaciones en la playa, o los pequeños taludes, o la capacidad de carga de unas botas de niño sobre el barro, son exactamente iguales a los de las grandes excavaciones y fundaciones.

Si se analiza al suelo tal como lo encontramos en la naturaleza podemos afirmar que su característica más frecuente es la **heterogeneidad**. Cada lugar nos ofrece una situación diferente, y en el mismo lugar a distintas profundidades encontraremos materiales diversos y/o varias formaciones geológicas. Cada proceso geológico de formación de suelos, y cada conformación del terreno del lugar dan origen a diferentes resultados, y por consiguiente también será diferente su reacción frente a las acciones a que lo someten las estructuras.

Por ello, estructuras iguales ubicadas en lugares diferentes requieren también cimentaciones diferentes. Al mismo tiempo, estructuras distintas requerirán fundaciones distintas dimensiones, y aún de distinto tipo, según sea la magnitud de las acciones que transfieren al terreno, y la consiguiente afectación a estratos profundos.

Hay ocasiones, en que el suelo obra como un elemento *activo* que origina presiones sobre la estructura y está debe dimensionarse para ser capaz de

soportarlas (por ejemplo: muros de sostenimiento, túneles, y otros. En otros casos, la estructura actúa sobre el terreno en que se apoya, y el suelo actúa como elemento *pasivo*, y en este caso, debe calcularse no sólo su estabilidad global (vuelco, desplazamientos horizontales y verticales), sino también los asentamientos o deformaciones nocivas de forma tal que no sean nocivos para la estructura.

En el caso que el suelo se utiliza como un *material de construcción*, destinado por ejemplo, a la construcción de un terraplén, el tratamiento que se aplica es similar al de los otros materiales. Las características de los granos de suelo, los minerales que lo constituyen, el tamaño y forma de las partículas, su comportamiento frente a distintos contenidos de humedad, y otras condiciones, implican propiedades que el técnico puede aprovechar, y aún regular, aplicando tecnologías basadas en tratamientos mecánicos, por ejemplo, compactación o físico-químicos. Aquí se trata de fabricar un suelo en forma artificial para el cual se aplicaran procedimientos similares a los que se sigue para un hormigón o aún para un acero: graduar los ingredientes el proceso de fabricación en función del resultado pretendido.

Todo lo expuesto requiere un conocimiento de las propiedades y características del suelo debidamente cuantificadas. Los distintos ensayos, sean los de laboratorio o los ejecutados *in situ* suministran los parámetros del suelo con los cuales se puede predecir el comportamiento del suelo. En estos ensayos se debe tratar de reproducir las solicitudes del caso en estudio, para que la teoría se acerque a la realidad introduciendo en cada caso los valores que más se adecuen al problema en cuestión. De esto resulta que es fundamental una correcta interpretación de los problemas que se analicen y de los resultados que se obtengan.

La investigación y los métodos y técnicas experimentales, cada vez más refinados, han permitido desarrollar formas racionales para resolver los problemas de la Ingeniería Geotécnica.

El Ingeniero Civil debe conocer la mecánica de suelos, o mejor, la Geotecnia, es decir, su aplicación. No se trata de hacer de cada ingeniero un especialista en esta disciplina, sino un profesional capaz de interpretar los resultados y que sepa requerir al especialista aquello que realmente sea útil en su caso particular. Así podrá en base a sus razonamientos usar en cada caso la solución adecuada que mejor se adapte al probable comportamiento del terreno.

## 2 ESTUDIO DE LA MECÁNICA DE SUELOS (GEOTECNIA II)

El estudio de la Mecánica de Suelos puede ser dividido en dos grandes rubros:

1. Estudio de las propiedades ingenieriles del suelo.
2. Estudio de las teorías mecánicas de comportamiento que permiten sentar las bases para el cálculo de las estructuras geotécnicas.

## 2.1 Propiedades ingenieriles de los suelos.

En la asignatura Geotecnia I se ha estudiado el proceso formativo de los suelos. De esos procesos, de las condiciones en que se han desarrollado, dependen las características del material resultante: el tamaño de los granos, la disposición estructural de las partículas, la naturaleza de los vínculos que las unen, la magnitud y proporción de los poros respecto a la parte sólida.

Se puede decir que la naturaleza, forma, tamaño y composición mineralógica de las partículas determinan para cada tipo de suelo propiedades que los distinguen y que son las causales de su comportamiento frente a distintas solicitudes. A continuación se hace una descripción rápida de esas propiedades agrupándolas, para su mejor conceptualización en dos grupos:

- a) Vinculadas a deformación y a la resistencia del suelo.
- b) Vinculadas a la acción del agua que los satura.

### a) Propiedades del suelo vinculadas a las deformaciones y a la resistencia:

El vínculo entre las presiones y las deformaciones está gobernado por las propiedades del material. Si el material es rígido, entonces, las deformaciones son nulas y los movimientos pueden sólo ocurrir si hay un mecanismo. En los materiales estructurales con el hormigón o el acero los procesos de carga en general son a volumen constante (Teoría de la Elasticidad).

Sin embargo, los suelos pueden comprimirse o hincharse, o distorsionarse, tal como se muestra en la figura 1.2. Esta es una de las características diferenciales entre los suelos y los otros materiales ingenieriles.

En la figura 1.2.a se muestra un bloque de material sujeto a una presión de axial  $\sigma$  y la figura 1.2.c muestra una relación entre la presión y las deformaciones axiales, el gradiente  $E$  es el módulo de rigidez o módulo de elasticidad, y este disminuye con las tensiones y las deformaciones. El material falla cuando no se puede añadir presiones axiales y el material continúa deformándose a una presión axial constante  $\sigma_f$ ; esta es la resistencia a la compresión del material.

La figura 1.2.b muestra a un bloque de material sujeto a presiones de corte  $\tau$  produciendo distorsión por corte. Adviértase, que la compresión en la figura 1.2.a. involucra un cambio de tamaño, mientras que la distorsión por corte implica un cambio de forma. La figura 1.2.d presenta una relación entre las tensiones de corte y las deformaciones por corte, el gradiente es el llamado Módulo de corte  $G$ ,

El paso siguiente nos lleva a estudiar el **comportamiento mecánico** de los distintos tipos de suelos: Entre ellos nos interesan principalmente los fenómenos de filtración del agua en el suelo, y cómo las presiones en aquellas modifican el comportamiento de éste, tanto en el aspecto de la capacidad de deformarse, como en la resistencia del suelo frente a acciones exteriores (cargas de estructuras).

Veremos en el transcurso del estudio de la materia que en lo referente a cimentaciones, se presentan dos problemas característicos:

apoyo sobre suelos blandos,  
apoyo sobre terrenos duros.

En los primeros debe darse principal importancia a las **deformaciones** que pueden sufrir por la acción de las cargas que deben ser compatibles con las que admite la estructura. En los terrenos duros las deformaciones suelen resultar intrascendentes, por lo que la capacidad de soportar cargas dependerá de la **resistencia** del Suelo, lo que se ubica dentro de lo que llamaremos problemas de rotura, o de resistencia al corte del Suelo.

Los capítulos destinados al estudio de las deformaciones del suelo frente a cargas, y a la resistencia al corte, los ensayos para obtener los parámetros característicos, con sus múltiples variantes, constituyen el verdadero esqueleto de la geotecnia y nos dan las leyes y criterios que sirven de bases para el cálculo en los de la ingeniería de suelos.