

SOCIEDAD VENEZOLANA DE MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA DE
FUNDACIONES

Caracas, 1970

HACIA UNA DEFINICIÓN GEOTÉCNICA DE SUELO Y ROCA

SALCEDO Daniel

SALCEDO Daniel. 1970. Hacia una definición geotécnica de suelo y roca. *Bol. SVMSIF*
(Caracas) 37:32-39

Hacia una definición geotécnica de suelo y roca

Por el Ing^o Geol. Daniel Salcedo Rodríguez

NOTA DE LA REDACCION:

Por considerarlo de interés para nuestra especialidad reproducimos este trabajo que fue presentado por su autor al IV Congreso Geológico Venezolano realizado en Caracas entre el 16 y el 22 de noviembre de 1969.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad contribuir al establecimiento de un lenguaje común para clasificar los materiales de la Tierra involucrados en las obras de Ingeniería, en vista de la imperiosa necesidad de que se entienda claramente los conceptos de suelo y roca entre los profesionales de la Ingeniería que trabajan con estos materiales. En este sentido se hace una revisión del verdadero significado de los adjetivos que se usan, para definir con mayor precisión los diferentes tipos de rocas, desde un punto de vista geotécnico y que

se refieren a su grado de meteorización, a su consistencia, así como a su grado de fractura. Estos adjetivos son: roca fresca, meteorizada y descompuesta, dura y blanda, sana y fracturada.

Se da un ejemplo de tres interpretaciones diferentes del registro litológico de una misma perforación, con el fin de ilustrar la necesidad de aplicar los mismos criterios de definición; se llama la atención sobre lo incorrecto de efectuar ensayos granulométricos de tamizado a muestras de rocas blandas y, firmemente, se concluye con una enumeración de las condiciones que todo geólogo debe tener presente para la definición óptima de los materiales del subsuelo.

INTRODUCCION

Las frecuentes divergencias entre geólogos e ingenieros respecto a la utilización de los términos "suelo" y "roca", nos ha inducido a hacer un análisis sobre una serie de conceptos de diferentes autores, complementándolo con experiencias prácticas.

Es de lamentar que las definiciones en algunas publicaciones referentes a mecánica de suelos, respecto a los términos "suelo y roca", han contribuido, en parte, a la incertidumbre y al uso incorrecto de estos términos.

Se da el caso, por ejemplo, de encontrar escrito el siguiente párrafo: "Para el geólogo, el término roca implica todo el material que constituye la corteza terrestre, sin considerar el poder de las fuerzas de cohesión que unen las partículas minerales

mientras que el término suelo lo aplica solamente a aquella porción de la corteza que constituye el suelo vegetal."*

Sensiblemente, este párrafo contribuye a dar una idea falsa del concepto que verdaderamente tiene un geólogo respecto a los términos "suelo-roca". Así como este párrafo, tomado aisladamente de un importante libro, existen infinidad de versiones sobre el particular y de igual manera opiniones sueltas tales como "para los geólogos todo es roca". En general, todas las versiones tienen su explicación, pero tratar de analizar definiciones anteriormente descritas en libros de mecánica de suelos nos tomaría mucho tiempo.

En realidad se considera que el hecho de existir, aun hoy día, deliberaciones al res-

* Terzaghi y Peck. 1963 (edición en español). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica.*

pecto, es consecuencia de no haberse establecido un criterio firme de estos conceptos y, por lo tanto, el límite entre suelo y roca resulta necesariamente arbitrario.

Como la clasificación de un determinado material depende en gran parte de la apreciación visual, es indispensable tener bien claro los conceptos de textura, estructura y estado físico del material para llegar a definiciones correctas y lograr así mayor uniformidad en las diferentes clasificaciones. De este modo no se analizaría aisladamente, la muestra que se clasifica, sino que se interpretaría como representativa del sitio de su recolección.

Por ello consideramos conveniente revisar los términos Textura y Estructura.

A continuación se describen cada uno de estos términos:

Textura

Comprende todo lo relacionado con grado de cristalinidad, tamaño de granos y arreglo interno de los granos.

Estructura

Aspectos megascópicos reconocidos en el campo, tales como: estratificación, foliación, diaclasamiento, fracturas, etc.

Si se trata de suelos aluviales, eluviales, rellenos, o rocas propiamente dichas, no existen dudas para su clasificación. El problema surge cuando nos acercamos al límite entre los dos conceptos y deseamos saber cuándo una roca deja de ser roca, para convertirse en suelo. Ese problema se deja ver principalmente en rocas descompuestas in situ a suelos residuales, y es sobre este particular que se desarrolla el presente trabajo.

A continuación se describen las definiciones más corrientes adoptadas por ingenieros civiles, respecto a suelo y roca:

Suelo

Todo agregado natural de partículas minerales separables por medios mecánicos de poca intensidad.

Roca

Todo agregado de minerales unidos por fuerzas cohesivas y permanentes.

En base a estas definiciones, consideremos el siguiente caso:

Una roca con un grado avanzado de meteorización que presente restos de su textura y estructura original (ejemplo: los planos de estratificación o foliación claramente definidos) y que, debido a su consistencia, pueda ser desintegrada por medios mecánicos suaves, ¿se clasificaría como un suelo o como una roca?

Para responder esta pregunta, debemos buscar un término que refleje las características anteriormente indicadas, y pensamos que el más apropiado sería el de "*roca descompuesta blanda*", aunque se suponga que pueda comportarse mecánicamente como suelo.

Nótese, además, que a la roca se le está dando dos denominaciones: descompuesta y blanda, la primera se refiere al grado de meteorización, y la segunda a su consistencia.

Este sistema de clasificación nos permite llamar "*roca meteorizada blanda*" a un material de características similares a la anteriormente descrita, pero que presenta un grado menor de meteorización.

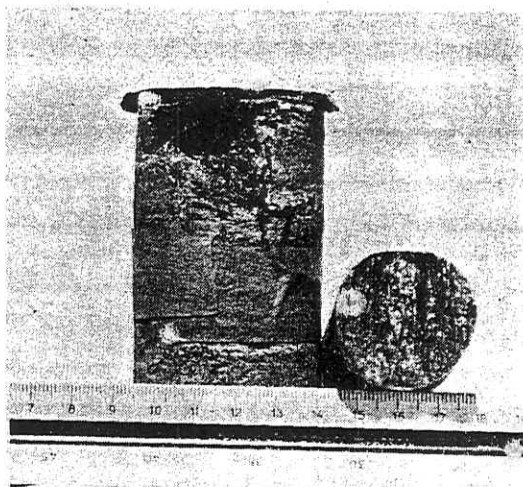
Esta línea de razonamientos nos convence de la necesidad de evitar relacionar siempre el término "roca" con el adjetivo "duro".

ESTADO FISICO DE UNA ROCA

Uno de los trabajos que ha contribuido para la solución del problema en cuestión, es el publicado por el geólogo Carlos E. Flores Calcaño bajo el título "Representaciones gráficas de los términos geotécnicos más usuales". De esta publicación se ha extractado la siguiente nomenclatura:

RD	Roca descompuesta
RM	Roca meteorizada
RF	Roca fresca
b	Blanda
d	Dura
f	Fracturada
s	Sana
RD b	Roca descompuesta blanda*
RM b	Roca meteorizada blanda*
RM d	Roca meteorizada dura*

* Casos más comunes.



Fotografía 1.—Esquisto cuarzo micáceo. Roca meteorizada dura y fracturada (RMdf).

RMbf	Roca meteorizada blanda fracturada*
RMdf	Roca meteorizada dura fracturada*
RMds	Roca meteorizada, dura sana
RFb	Roca fresca blanda
RFd	Roca fresca dura
RFbf	Roca fresca, blanda fracturada
RFbs	Roca fresca, blanda sana
RFdf	Roca fresca, dura fracturada
RFds	Roca fresca, dura sana

* Casos más comunes.

De los símbolos anteriormente mencionados podemos resumir lo siguiente:

- 1º) La primera letra, o sea la *R*, se refiere siempre a roca.
- 2º) La segunda letra, usada después de la *R*, indica grados de meteorización y la escala, en orden de menor a mayor meteorización será:

FRESCA (F) → METEORIZADA (M) → DESCOMPUESTA (D)



Fotografía 2.—Esquisto calcáreo grafitoso. Roca descompuesta blanda (RDb).

3º) La tercera letra indica consistencia y la escala varía de:

DURA (d) → BLANDA (b)

4º) La cuarta letra es indicadora del grado de fractura, el cual variará de:

SANA (s) → FRACTURADA (f)

Es conveniente destacar la importancia que tiene el uso correcto de cada uno de estos términos. Véase, por ejemplo, que los términos FRESCA y SANA, a pesar de que aparentemente puedan indicar lo mismo, son dos conceptos totalmente distintos. El término FRESCA se refiere al grado de meteorización y SANA se refiere al grado de fractura o diaclasamiento.

Para complementar la nomenclatura propuesta se sugiere el uso de los términos mencionados, de acuerdo a las siguientes definiciones:

a) *Según el estado de meteorización*

Roca fresca

Aquella roca que conserva sus características originarias y no muestra efectos de la meteorización.

Roca meteorizada

Aquella cuya composición química, textura, estructura y color han sido levemente alterados y son próximos a los de la roca original.

Roca muy meteorizada

Aquella cuyas propiedades mencionadas han sido muy alteradas, puede haber cambios en la composición química, el arreglo de sus componentes ha perdido la rigidez original, hay cambios notables en el color original de la roca y ha perdido mucho de su consistencia original.

Roca descompuesta

Aquella que sólo conserva restos de su textura y estructura original.

b) *Según la consistencia*

Roca dura

Aquella roca para la cual es necesario el uso de explosivos para su remoción. En caso de estar muy fracturada, se pueden usar medios mecánicos de gran intensidad.

Para la obtención de muestras mediante perforaciones es imprescindible la utilización de taladros con brocas de widia o diamante.

No hemos relacionado el concepto de roca dura, con porcentajes de recuperación, obtenidos mediante sondeos, porque consideramos que una roca puede ser suficientemente dura, pero su grado de fractura la puede hacer poco recuperable. Además sabemos que el porcentaje de recuperación depende, entre otros factores, del tipo de "sacanúcleo" empleado, de la velocidad de rotación y de la posición de los planos de estratificación o foliación de la muestra.

Aun así, el porcentaje de recuperación conviene tenerlo presente durante la clasificación del material.

Roca blanda

Aquella roca que se puede disgregar por medios mecánicos. Para la obtención de muestras de este tipo, basta el uso de métodos a percusión.

c) *Según la frecuencia de diaclasas*

Roca sana

Aquella que no presenta fracturas.

Roca fracturada

La frecuencia de diaclasas varía entre 1 y 15 diaclasas por metro y se representa así:

1:1, 2:1, ... 15:1

Roca muy fracturada

La roca presenta una frecuencia de más de 15 diaclasas por metro (>15:1).

Existen otras clasificaciones de las rocas de acuerdo a la abertura de diaclasas, espesor de planos de estratificación, foliación, etc., que son usadas en mecánica de las rocas, las cuales no son tratadas en este trabajo.

PROBLEMAS ORIGINADOS POR LA FALTA DE UNIFORMIDAD EN DESCRIPCIONES VISUALES

Los ingenieros y geólogos, que estamos ligados directamente a estudios geotécnicos, debiéramos uniformar nuestras descripciones visuales, pensando que se trabaja en función de equipo que incluye, entre otros,



Fotografía 3.—Roca fracturada. Sistema de diaclasas en forma hexagonal. Basalto de Cuernavaca, México.

al dibujante encargado de colocar en una columna los símbolos litológicos correspondientes a la descripción suministrada por el geólogo o el ingeniero.

Veamos prácticamente este problema en las tres columnas de la figura N° 1.

La muestra N° 2 de la columna 1, fue descrita, según la apreciación visual, como una arena gravosa. Ahora bien, nótese que anteriormente se ha descrito la muestra N° 1 como esquisto descompuesto blando y de igual manera la muestra N° 3. Geológicamente esta columna es de difícil exis-

tencia en el subsuelo, a menos que la muestra N° 1 sea interpretada como fragmentos sueltos, en cuyo caso ha debido ser descrita como "fragmentos de esquistos cuarzo micáceo descompuesto". De esta manera, cambiaría el símbolo litológico de la columna, y daría resultado a la secuencia mostrada en la columna N° 2, la cual sí es correcta.

En el caso de que, por consideraciones geológicas, se sepa que la muestra N° 1 representa un esquisto "en sitio", la columna correcta sería la N° 3. Nótese que la muestra N° 2, si en realidad está descompuesta










	COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3
Muestra 1	 ESQUISTO CUARZO MICA- CEO, DESCOMPUESTO BLANDO	 FRAGMENTOS DE ESQUISTO CUARZO MICACEO DESCOM- PUESTO	 ESQUISTO CUARZO MICA- CEO, DESCOMPUESTO BLANDO
Muestra 2	 ARENA GRAVOSA	 ARENA GRAVOSA	 ESQUISTO CUARZO MICA- CEO, DESCOMPUESTO A ARENA GRAVOSA
Muestra 3	 ESQUISTO CUARZO MICA- CEO, DESCOMPUESTO BLANDO	 ESQUISTO CUARZO MICA- CEO, DESCOMPUESTO BLANDO	 ESQUISTO CUARZO MICA- CEO, DESCOMPUESTO BLANDO

figura 1

de tal forma que deba interpretarse como un suelo,* la descripción correcta debe ser esquistos cuarzo micáceo descompuesto a suelo arenoso gravoso.



Fotografía 4.—Roca muy fracturada. Frecuencia de diaclasas=20:1. Filitas, Estado Trujillo.

Este sencillo problema que aparentemente sólo es cuestión de nomenclatura, puede tener gran influencia en las soluciones a adoptar desde el punto de vista de la ingeniería del subsuelo. Por ejemplo, en el

* Cosa poco probable, pues generalmente las muestras en estas condiciones conservan vestigios de la textura y estructura original.

caso de la muestra N° 1 de las columnas N° 2 y N° 3, aun presentando un mismo número de golpes (N) provenientes de la prueba de penetración standard (SPT) y los mismos parámetros obtenidos de los ensayos de laboratorio, las diferentes interpretaciones pueden influir en la capacidad de carga admisible a adoptar. Asimismo, interpretaciones diferentes tienen influencia en la selección del tipo de fundación y su profundidad.

De lo mencionado podemos concluir que existen muchos problemas de ingeniería del subsuelo que no pueden ser resueltos por procedimientos matemáticos, y es aquí donde juega papel importante la geología aplicada a la ingeniería.

Otro error que se comete comúnmente, es la realización de análisis granulométricos en rocas blandas. Veamos este punto detalladamente:

GRANULOMETRIA EN ROCAS BLANDAS

En vista de que la mejor manera de entender un problema es tratándolo prácticamente, se ha seleccionado un ejemplo práctico como es el de los esquistos.

El término esquisto es, geológica e ingenierilmente hablando, el nombre de una roca; el hecho de que un determinado esquisto sea blando no tiene por qué considerarse un suelo, simplemente debe ser considerado como una roca blanda.

Bajo este problema se encierran una serie de errores, como es el caso de hacerles análisis granulométricos a esquistos blandos. El resultado de la granulometría daría una clasificación de acuerdo a la intensidad con que el "operador" disgregue el material; es más, en este caso, no se puede hablar de disgregación sino de "trituration" (lo que les ocurriría con más facilidad a las micas), lo cual, por supuesto, introduciría errores en un análisis granulométrico.

Resumiendo, es conveniente que quede claro que un esquisto con estas condiciones no puede ser clasificado, por ejemplo, como un ML o CL (clasificación unificada). Su clasificación debe ser "esquisto blando" y un análisis granulométrico no tendría ningún sentido.

Sobre este particular existen diversas opiniones, y hay quienes consideran que un análisis granulométrico realizado en un esquisto, sí tiene validez. Para ello se basan en que el operador lo que hace es "acelerar" en el laboratorio el proceso de meteorización y que, "tarde o temprano", la muestra de ese esquisto en sitio deberá meteorizar el suelo obtenido "aceleradamente" en el laboratorio.

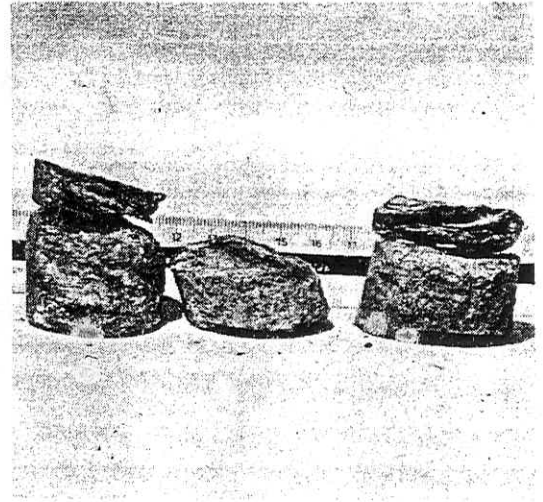
Respecto a esta opinión, habría que aclarar lo siguiente:

En general, una gran parte de las muestras de esquistos meteorizados o descompuestos blandos, presentan intercalaciones menos meteorizadas que aisladamente podemos clasificarlas como esquistos meteorizados duros. Ahora bien, si nosotros "aceleramos" el proceso de meteorización en el laboratorio y simplemente "disgregamos" la muestra, resultarán fragmentos de esquistos duros, en una matriz (parte más meteorizada o descompuesta) que puede variar desde grava hasta arcilla, dependiendo de la composición mineralógica original de la roca.

Aquí cabrían las siguientes preguntas:

a) ¿Deben considerarse los fragmentos de esquistos duros como grava, suponiendo el caso que fueran retenidos en el tamiz N° 4 y pasaran el tamiz N° 3/4?

b) En el caso de que la matriz, según el análisis granulométrico, resultara areno arcillosa, ¿se podría considerar que a esa



Fotografía 5.—Esquisto cuarzo micáceo talcoso. Roca meteorizada blanda (RMb). Obsérvese los planos de foliación bien definidos. Este material puede ser desintegrado por medios mecánicos de poca intensidad, pero un análisis granulométrico no tendría ningún sentido.

muestra de esquisto se le puede asignar el nombre de arena arcillo gravosa o, tal vez, esquisto areno arcilloso gravoso?

c) ¿No es probable que si se hubiesen meteorizado en sitio las intercalaciones duras (clasificadas como grava), darían una granulometría distinta a la asignada a la muestra?

Sin duda que la respuesta a las preguntas a) y b), es un NO rotundo. La pregunta c) tiene respuesta afirmativa, y es conveniente hacer notar, que un fragmento de esquisto cuarzo micáceo de 1 cm de diámetro, por ejemplo, podría considerarse erróneamente como una grava, pero esa grava no es otra cosa sino una reunión de tamaños de grano más pequeños que constituyen, unidos, un fragmento de roca que corresponde al tamaño de la grava.

Consideramos que después de hacer estas aclaraciones, se comprende el porqué los términos "esquisto arenoso" o "esquisto arcilloso", por ejemplo, son errados y que en ningún momento deben ser usados por geólogos e ingenieros, para evitar confusiones innecesarias.

Para finalizar este trabajo, se ha querido indicar una serie de condiciones que consideramos necesarias para la correcta descripción de una muestra:

1) Visitar el sitio de sondeo de donde proviene la muestra, tratando, en caso de existir condiciones de movimientos de tierras, de interpretar la topografía original. Esto evitará, por ejemplo, interpretar fragmentos duros sueltos, como "lecho rocoso" o roca "en sitio".

2) Observar con detenimiento la textura y estructura de la muestra. Esto ayudará, entre otras cosas, a distinguir con facilidad rellenos de esquistos sobre "esquistos en sitio", cosa muy común en las urbanizaciones de Caracas.

3) Es muy importante tratar de diferenciar entre materiales aluviales y eluviales. De igual manera deben reconocerse los suelos residuales.

4) Describir la muestra visualmente tratando de agregar características resaltantes en cuanto a su estado físico, incluyendo grado de meteorización, fractura y consistencia.

5) Tener presente que el grado de meteorización no guarda siempre relación con la profundidad, es decir, no siempre se cumple que a mayor profundidad la roca está menos meteorizada.

BIBLIOGRAFIA

Flores Calcaño, C.E. (1962). "Representaciones gráficas de los términos geotécnicos más usuales". Ministerio de Obras Públicas.

González de Juana, C. (1964). "Geología básica para ingenieros", 1ª parte.

Muñoz, J.; N., Gerardo (1968). "Apuntes sobre 1er. ciclo de charlas de Geología Aplicada a la Ingeniería", celebrado en el Colegio de Ingenieros de Venezuela.

Sugerencias

En vista de que toda clasificación está sujeta a la apreciación visual personal, se sugiere tratar de complementar este trabajo mediante los estudios petrológicos o petrográficos de muestras, de manera tal, que se puedan correlacionar estados de alteración de minerales individuales con grados de meteorización de la roca. Para ello bastaría basarnos en que diferentes minerales tienen distinta resistencia a la meteorización, lo que implica que las rocas que tengan mayor cantidad de minerales poco resistentes meteorizarían más fácilmente. Con base en lo indicado y tomando en cuenta las conocidas "leyes de resistencia de las rocas", podríamos, tal vez, agregar dentro de los términos FRESCA - METEORIZADA - DESCOMPUESTA otros términos, de forma que el rango de meteorización sea más grande y más práctico de utilizar.

De igual manera se sugiere relacionar los términos usados para definir la consistencia y grado de fractura, a fin de elaborar tablas que sean más objetivas y no dependan únicamente de la apreciación personal.

La combinación de geología e ingeniería es evidentemente fructífera; y si, como complemento, usamos un mismo lenguaje, todo convergerá hacia un mayor éxito de las obras relacionadas con la ingeniería del subsuelo.

Obert, Leonard (1967). "Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock". John Wiley & Sons., Inc., New York.

Terzaghi y Peck (1963). "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica", 3ª edición, Editorial "El Ateneo", Buenos Aires.

Valle Rodas, Raúl (1963). "Carreteras, Calles y Aeropistas", 4ª edición, Editorial "El Ateneo", Buenos Aires.

El logro de decisiones apropiadas y económicas dentro de la práctica de la ingeniería de suelos, requiere un íntimo conocimiento de las técnicas de exploración, muestreo, ensayos de análisis, incluyendo una apreciación de las ventajas y limitaciones de cada operación.

"Civil Engineering", 1961.