
DIFERENCIAS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ARCILLAS, DE TRES FORMACIONES GEOLÓGICAS, DISTRIBUIDAS EN EL BLOQUE CHORTÍ, REPÚBLICA DE GUATEMALA.

Sergio Antonio Castellanos López

Mtro. en Ingeniería Geotécnica
civilcastellanos@gmail.com

Julio Roberto Luna Aroche

Asesor
Mtro. en Ciencias con Especialidad en Geología
jlunaaroch@yahoo.com

Resumen

El problema de las arcillas en la cimentación y anclajes de obras en macizos arcillosos recae en sus propiedades mecánicas, al ser un material cohesivo puede causar asentamientos o hinchamientos en los proyectos.

El presente trabajo de investigación se centra en determinar las diferencias de las propiedades físico-mecánicas en arcillas clasificadas, mediante su composición químico-mineralógica, por medio del análisis teórico retrospectivo, el estudio experimental, la obtención de muestras y análisis de las mismas tanto con ensayos químicos (ICP), como mecánicos (límites de Atterberg, corte directo, granulometría por sedimentación y permeabilidad) para determinar el tipo de tratamiento recomendado y evitar trastornos en obras civiles y geotécnicas.

Los resultados de la investigación son tablas comparativas que permiten conocer el comportamiento mecánico del material en el suelo y macizos rocosos al momento de intervenirlos para la construcción de una obra civil o geotécnica, basado en la posición geológica de donde provenga.

Palabras clave

Arcilla, formación geológica, propiedades físico-mecánicas, propiedades químico-mineralógicas.

Abstract

The problem of clays on the foundation engineering and anchors works on clay soils falls on its mechanical properties because being a cohesive material can cause settlements or swellings in engineering works.

The present research work focuses on determining differences in the physical-mechanical properties of classified clays by their chemical-mineralogical composition through retrospective theoretical analysis, experimental study, sampling and analysis of them both chemical assays (ICP) and mechanical (Atterberg limits, direct shear, particle size by sedimentation and permeability) to determine the type of recommended treatment to avoid civil engineering and geotechnical projects disorders.

The results of this research work are comparative tables that provide insight into the mechanical behavior of the material in the soil and rock upon intervention for the construction of a civil or geotechnical work, based on the geological solid position in which it was originated.

Keywords

Clay, geological formation, physical and mechanical properties, chemical-mineralogical properties.

Desarrollo del estudio

Se conoce que las propiedades mineralógicas de las arcillas hacen variar su color y su textura, por lo que es importante conocer si dichas propiedades hacen que los valores de resistencia mecánica sean distintos dependiendo del grupo mineralógico al que pertenecen, esto con el fin de identificar, qué método de estabilización de suelo utilizar al momento de encontrarlas, previo a la construcción de una obra.

La presencia de arcilla en las diferentes obras de ingeniería puede afectar las mismas hasta llevarlas al colapso. Al momento de cimentar una obra sobre estratos arcillosos, éstas pueden causar asentamientos diferenciales que afecten estructuralmente la construcción de manera leve o bien en grandes magnitudes, dependiendo de las propiedades del suelo arcilloso. Estas varían según su formación geológica y del grado de saturación de la misma al momento de construir los cimientos.

La investigación completa de la composición química de un mineral o roca incluye: primero, la identificación de los elementos presentes por análisis cualitativo; segundo, la determinación de las cantidades relativas de cada uno por análisis cuantitativo; por último, se podrá calcular la fórmula.

No es la finalidad de esta investigación deducir la fórmula, pero sí determinar la presencia de los diferentes elementos que conforman las arcillas, si se conoce el contenido de éstos en el mineral arcilloso, se hace uso de técnicas ya establecidas para la determinación cuantitativa del porcentaje de los elementos contenidos y realizar una comparación entre ellos, para determinar cuál es el grupo al que pertenecen.

La composición de la arcilla determina también sus propiedades mecánicas, es decir, que depende de la misma, su respuesta ante diversas situaciones a la que puede someterse el suelo varía según del grupo geológico en el que se encuentra. Para determinar dichas propiedades se recurre a ensayos de laboratorio con muestras reconstruidas, para obtener parámetros mínimos de diseño.

Al momento de esta investigación no existe referencia alguna sobre la incidencia de la formación geológica de la roca, en el comportamiento mecánico de la misma, al ser sometida a fuerzas inducidas por obras civiles o geotécnicas, por lo que se obtuvieron muestras de arcilla en tres formaciones geológicas ampliamente distribuidas en la república de Guatemala.

Las muestras fueron sometidas a ensayos de caracterización mineralógica y ensayos físico-mecánicos en laboratorio, con los que se podrá predecir el comportamiento mecánico, soporte del material, forma de estabilización y tratamiento del mismo; la referencia principal es la región o zona geológica en la cual el material es encontrado o extraído.

La síntesis de la investigación se presenta a continuación:

Tabla I. *Síntesis de la investigación.*

Capítulo 1	Capítulo 2
<ul style="list-style-type: none"> •Generalidades de las arcillas •Descripción general de propiedades químicas y mecánicas de las mismas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Entorno geológico regional (bloque Chortí) •Geología de arcillas seleccionadas dentro de la investigación
Capítulo 3	Capítulo 4
<ul style="list-style-type: none"> •Análisis químico-mineralógicos •Análisis físico-mecánicos •Interpretación de resultados 	<ul style="list-style-type: none"> •Presentación y discusión de resultados •Comparación de resultados y propuestas de estabilización de suelos arcillosos

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la investigación aportan parámetros mecánicos de grupos específicos de arcillas, a profesionales que diseñen cimentaciones o anclajes en estratos arcillosos, ya que los resultados pueden utilizarse en el proceso de pre dimensionamiento para la cimentación de obras civiles o geotécnicas, tomando dichos valores únicamente como parámetro de comparación, previo a la realización de los estudios correspondientes al proyecto.

Asimismo, se aportan soluciones para el mejoramiento de suelo con sus respectivas ventajas y desventajas para que el diseñador elija la que mejor se adecúe a su proyecto, tanto técnica como económicamente.

Resultados obtenidos

Por simple inspección se pueden determinar las diferencias cualitativas entre las muestras, sin embargo, para determinar cuál es la variable depen-

diente y cuál es la responsable de la variación en las propiedades cuantitativas, se realizaron correlaciones entre los valores de corte en el suelo, cohesión, límites de Atterberg y consolidación de las mismas, obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

Se realizaron correlaciones orientadas a los contenidos de sílice y aluminio respecto a los parámetros obtenidos de la prueba de corte directo, agregando a la investigación valores comparativos respecto a otros trabajos sobre arcillas, realizados fuera de las fronteras de Guatemala.

La Figura 1 muestra que mientras los porcentajes de sílice aumentan, los de aluminio disminuyen, ambos minerales comparados con el ángulo de fricción interna obtenido mediante el ensayo de corte directo.

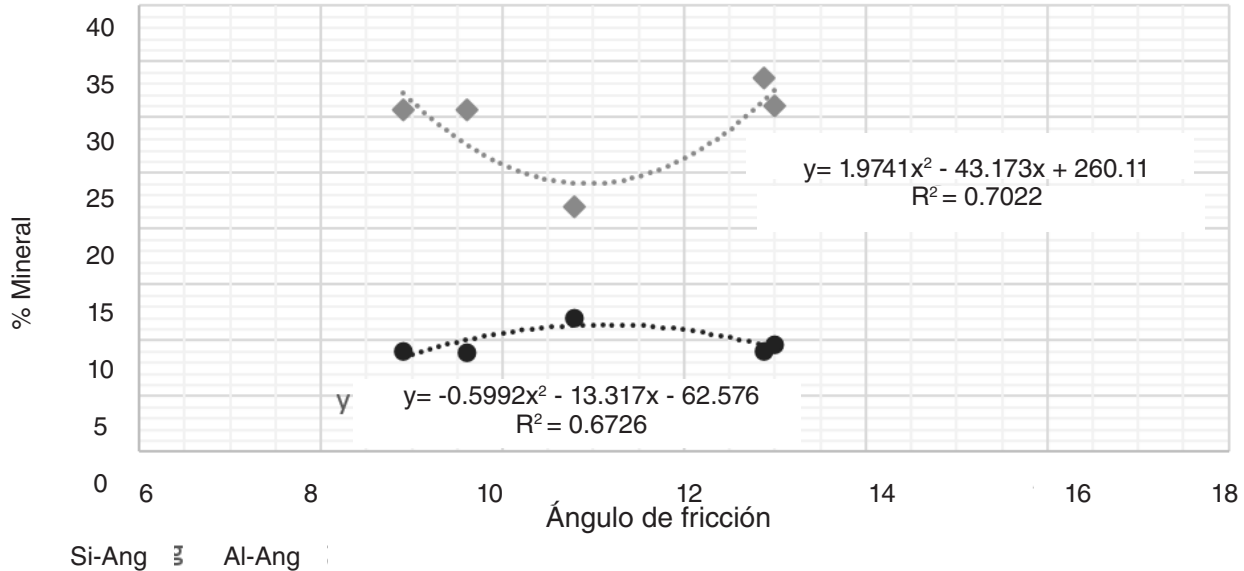


Figura 1. Correlación del ángulo de fricción vrs. contenido de Si y Al.
Fuente: elaboración propia.

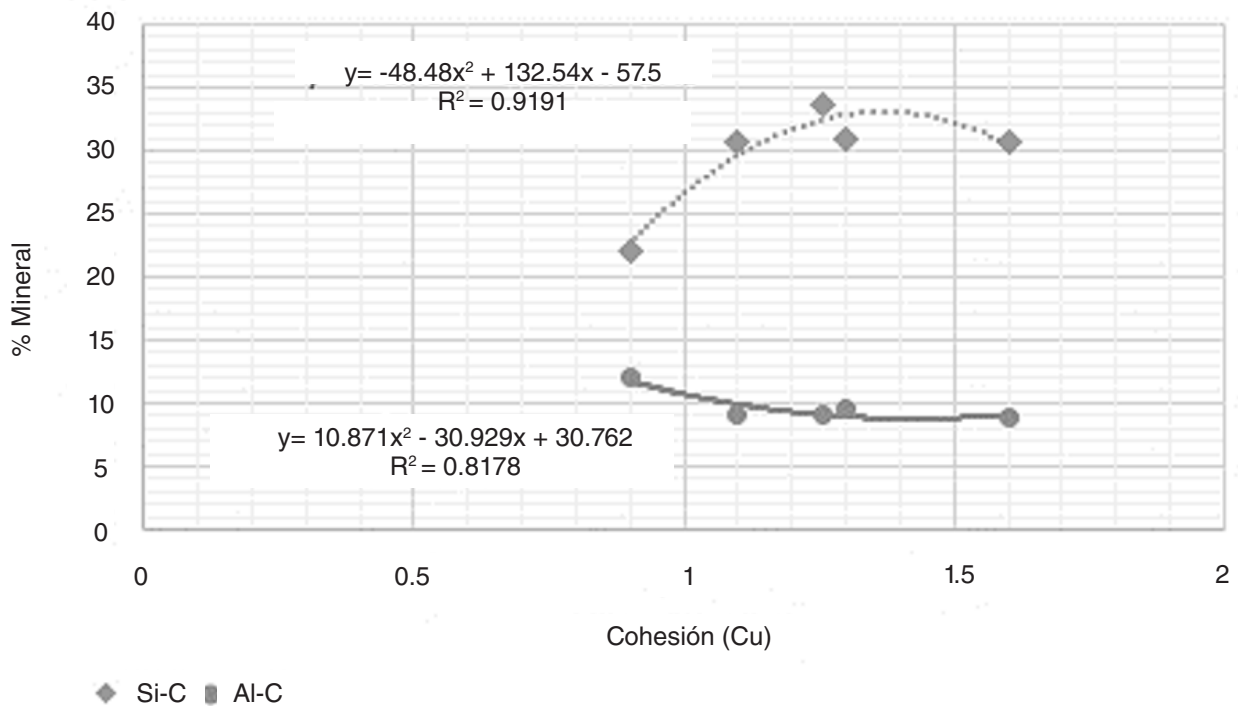


Figura 2. Correlación de cohesión vrs. contenido de Si y Al.
Fuente: elaboración propia.

Las pruebas se realizaron sobre los dos elementos geológicos predominantes en todas las muestras de arcilla, comprobando que las arcillas con mayor cantidad de aluminio, son mejor materia prima para labores industriales como la cerámica.

Se identificó en la investigación que los factores de meteorización influyen de forma directa en la clasificación geológica de las arcillas, a menor meteorización las mismas presentan mayor plasticidad y viceversa.

Adicionalmente, se calculó un factor denominado "A", producto de la relación entre los límites de plasticidad y la cantidad de arcilla obtenida en la granulometría, que se utiliza para una clasificación mineralógica preliminar, dato importante al momento de tomar decisiones dentro de los proyectos geotécnicos a ejecutar.

Dicho valor se calcula a partir de una relación sencilla proporcionando los siguientes resultados:

Tabla II. Cálculo de valores A.

Muestra	C	IP	A
M1	52.00	19.00	0.3654
M2a	61.30	29.27	0.4775
M2b	52.00	23.60	0.4538
M3a	52.00	37.20	0.7154
M3b	55.00	30.20	0.5491

Fuente: elaboración propia.

A partir de los valores, existen gráficas que el diseñador y consultor puede emplear para la clasificación de las arcillas.

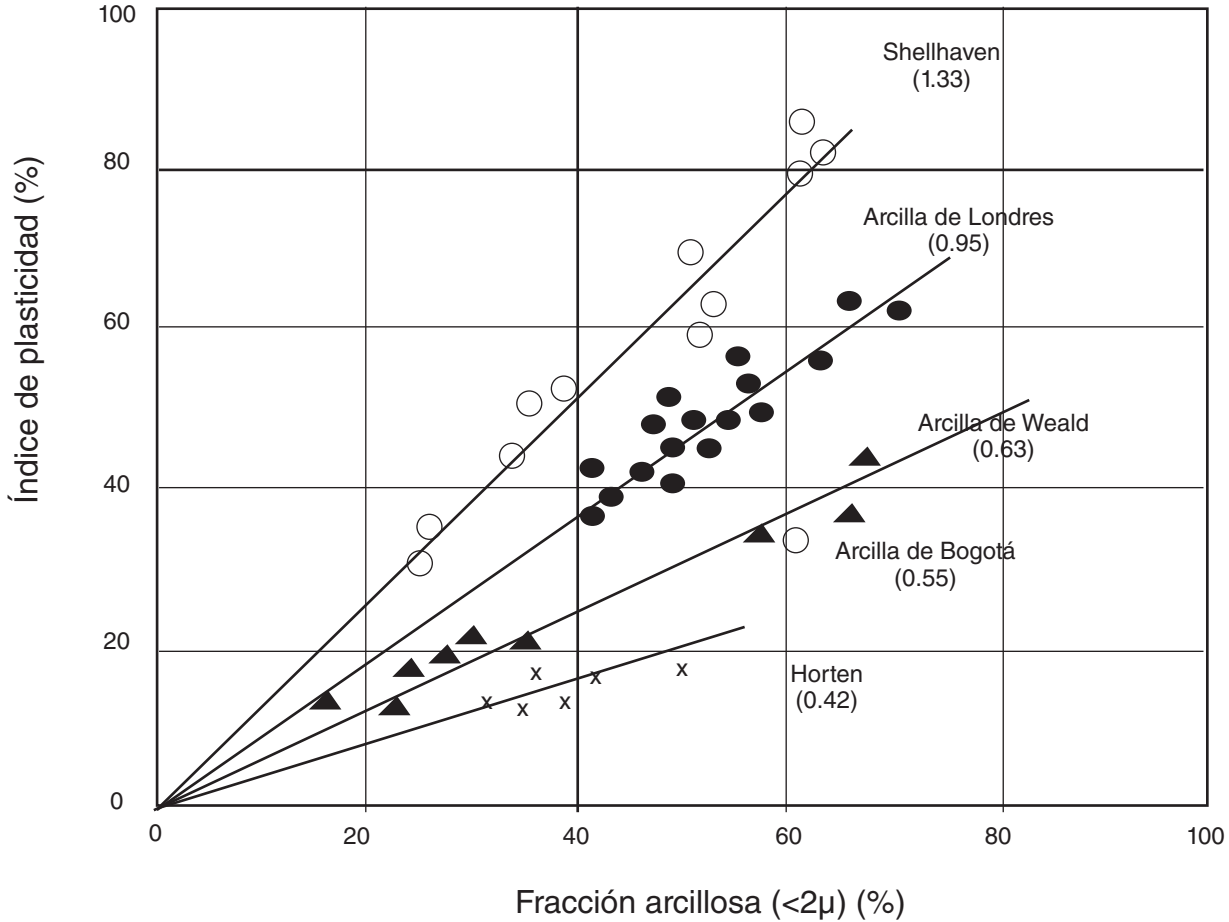


Figura 4. Relación de índice de plasticidad y fracción arcillosa.

Fuente: Ávila, 2004, pág. 38.

La figura anterior, representa con datos reales los niveles de actividad que alcanzan las arcillas en otros lugares, mismos que se toman como base de comparación a los datos presentados en la Tabla I, utilizados como parámetro inicial de comparación y no como datos de diseño.

Conclusiones

1. Las diferencias de las propiedades mecánicas de las arcillas residuales que se derivan de su formación geológica, son en mayor parte cualitativas, sin embargo, son los procesos de meteorización los que determinan los cambios significativos en las propiedades cuantitativas, mismas que rigen el comportamiento mecánico de éstas.

2. Las diferencias de las propiedades mecánicas de las arcillas derivadas de su formación química-mineralógica son:

Color, textura, tamaño de grano y trabajabilidad a partir de su formación geológica.

Plasticidad, resistencia al cortante, humedad y consolidación, derivadas de la meteorización a la que hayan sido sometidas.

3. La relación entre índice de plasticidad y el porcentaje de arcilla (A), en las arcillas investigadas, se encuentra dentro de un rango de 0.36 a 0.71, debido a que las muestras son de tres tipos distintos, la plasticidad de los caolines debido a que su degradación es mucho menor que las otras, reduciendo su porcentaje de síli-

ce y aumentando el de aluminio, característica que hace apto el mineral para fines cerámicos y comerciales.

4. La resistencia al cortante, evaluando cohesión y ángulo de fricción interna de las muestras analizadas en laboratorio y obtenidas mediante ensayos de corte directo en modelos remoldeados en laboratorio, presenta resultados dentro de parámetros conocidos en relación a otros estudios de arcilla. Dicha resistencia no depende del contenido de mineral en las arcillas, depende directamente de factores como humedad, grado de meteorización y estado del macizo en que se encuentre el estrato arcilloso.
5. La antigüedad en las formaciones geológicas, debe utilizarse como parámetro inicial en la evaluación de las arcillas, la misma da una referencia del grado de meteorización al que puedan estar sometidas las muestras; a mayor meteorización, se elevaba la probabilidad de encontrar arcillas del grupo del caolín, mientras que a menores grados de meteorización, existe mayor posibilidad de encontrar montmorillonitas. No todas las muestras de la misma edad geológica presentan las mismas características, dependen del entorno en el cual existan.
6. Las arcillas de alta plasticidad CH, presentan índices por encima del 30 %, a diferencia de las restantes que se encuentran debajo de dicho valor, este parámetro es utilizado para definir a qué grupo pertenecen las muestras.
7. La investigación registra los valores numéricos obtenidos en los ensayos físico-mecánicos y muestra de forma sencilla y sistemática las diferencias entre las muestras de arcilla seleccionadas. En la misma se puede observar que a pesar de que dichos valores son distintitos, están asociados directamente al porcentaje predominante de los minerales que les preceden, producto de la meteorización de los estratos.
8. La presencia de oxidación en las arcillas regularmente es superficial y de fácil remoción,

sin embargo, de encontrarse hierro en la composición de las mismas se debe evaluar como mineral asociado y debe clasificarse dentro de los grupos estructurales mencionados en la presente investigación.

Recomendaciones

1. Cuando se encuentren estratos arcillosos en suelos o macizos rocosos, realizar la caracterización geológica para establecer el grupo estructural al que pertenece la arcilla, así como el grado de meteorización de la misma. Se deben establecer los parámetros principales de éstas, previo a tomar decisiones que afecten el desarrollo de las obras geotécnicas.
2. Al realizar ensayos mecánicos sobre estratos con presencia de arcilla, en lo posible se deben conservar muestras no alteradas, sin embargo, las muestras inalteradas reconstruidas en laboratorio, sirven de parámetro de comparación, no de diseño.
3. Previo a realizar ensayos mecánicos, se debe identificar la zona geológica donde se encuentran depositadas las arcillas, debido a que el contenido de aluminio y otros minerales se encuentra condicionado al tipo de formación del mineral; en zonas metamórficas se encuentran minerales residuales, mientras que en zonas sedimentarias son procesos de meteorización.
4. Las arcillas del bloque Chortí, en su mayor parte residuales, deben ser tratadas e identificadas de forma puntual, debido a que ninguna muestra posee las mismas propiedades. Con las muestras reconstruidas en laboratorio, en los ensayos de corte directo, las humedades se controlan de forma que las arcillas se lleven a condiciones extremas, a fin de que el Ingeniero Geotécnico evalúe qué condición favorece más al momento del diseño.
5. Las arcillas del bloque Maya, en su mayor parte son marinas, éstas presentan condiciones distintas a las evaluadas en la investigación, los resultados aquí expuestos no representan el

comportamiento a esperar en el bloque mencionado, dichas arcillas deben ser sometidas a otros ensayos que evalúen los parámetros geológicos y génesis de las mismas.

6. Los valores presentados en esta investigación, son únicamente comparativos, tal como se planteó a lo largo de la misma, todas las formaciones presentan condiciones distintas, así que los valores expuestos se deben utilizar únicamente como base de comparación para los estudios que el diseñador realice.
7. Siempre que se encuentren estratos o depósitos de arcilla en áreas que serán intervenidas por obras estructurales, viales o de cualquier índole, se deben realizar todos los ensayos descritos en la presente investigación, para tener los parámetros mínimos que permitan tomar decisiones que beneficien dichas obras.

Referencias bibliográficas

- Bauzá, J. (2006). *El tratamiento de suelos arcillosos mediante cal*. España: Madrid.
- De Pablo, L. (1964). *Las Arcillas. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales*. México: Boletín, Sociedad geológica Mexicana., 49-92.
- Moya B., J., Salazar F., R., Gómez A., G., & Salazar F, F. (1997). *Excavaciones en condiciones complejas*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Pérez, E. (2000). *Léxico estratigráfico del bloque Chortí en Guatemala*. Cobán: Universitaria.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1973). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. Buenos Aires: El Ateneo.