



# LA IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS INTERDISCIPLINARIOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE DOS TIPOS DE ARCILLAS EN LA CANTERA SAN JOAQUÍN, NEMOCÓN-CUNDINAMARCA (COLOMBIA) ETAPA 1

José Luis Ocampo Martín, Pamela Yoshianny Ávila Pedroza, María Paula Pinzón Garzón

Universidad Santo Tomás  
Bogotá, Colombia

## Resumen

A través de un estudio sistemático, se caracterizaron granulométrica, química y mineralógicamente dos tipos de arcillas denominadas Muestra San Joaquín MS-1 y MS-2, procedentes de la Cantera San Joaquín, la cual se encuentra localizada en el municipio de Nemocón (Cundinamarca). Este estudio presenta dos etapas de investigación, en la primera se realizó un reconocimiento previo de las unidades geológicas presentes en la zona en estudio, continuando con la realización de ensayos de caracterización básica, donde se determinó que tanto la muestra MS-1 y MS-2, presentan una granulométrica muy similar, clasificándolas como partículas de tamaño limo; sin embargo el análisis de consistencia y la actividad de ellas, arrojaron resultados diferentes clasificándolas como arcillas de baja plasticidad y se obtuvo una posible composición mineralógica de estas, presentando en la primera (MS-1) como mineral arcilloso predominante la Illita; mientras que en la segunda (MS- 2), prevalecerá la Caolinita. En la segunda etapa se realizarán los métodos analíticos para determinar la composición química y mineralógica real de cada muestra, contrastándolos con los resultados que se lograron en la clasificación geotécnica en la primera etapa, para así, mostrar la relevancia del trabajo interdisciplinario de la ingeniería civil con disciplinas específicas de caracterización de materiales y compararlos con estudios recientes para evaluarlos con los requerimientos que solicita la industria colombiana para la elaboración de mampostería de construcción.

**Palabras clave:** arcilla; caracterización geotécnica; limos; métodos analíticos

## **Abstract**

*Through a systematic study, two types of clays were grading, chemical and mineralogical characterized, the first sample San Joaquin one (MS-1) and a second sample San Joaquin two (MS-2), obtained from Cantera San Joaquin, Nemocón (Cundinamarca) were characterized with the basic geotechnical characterization testing (moisture content, specific gravity, particle size distribution and consistency limits) it was determined that both MS-1 and MS-2 samples had a similar particle size, classifying both of them as a silty clay; however the consistency analysis and the activity of both, showed different results and a possible mineralogical composition of the predominant clay mineral illite in MS-1; while in MS-2, Kaolinite prevail. In the second stage will be made the analytical methods to identify the actual chemical and mineralogy composition of each sample, contrasting with the results achieved in the geotechnical classification, it will be show the relevance of civil engineering interdisciplinary work with other specific disciplines in materials characterization and comparing with the recent requirements studies in the evaluation of masonry construction applying in the Colombian industry.*

**Keywords:** *clay; geotechnical characterization; silty clay; analytical methods*

## **1. Introducción**

En la ingeniería civil se hace uso de técnicas para clasificar y estudiar la composición del material; probablemente el desconocimiento de otros ensayos y el uso de técnicas avanzadas en otras disciplinas, sirva para interpretar de una mejor manera el comportamiento del material.

A lo largo de la historia, las arcillas se han utilizado como materia prima en la elaboración de mampostería de construcción y la industria. Estas aparecen en cualquier formación ígnea y sedimentaria de todo tipo, como consecuencia, sus características físicas, químicas y mineralógicas, varían ampliamente hasta en las capas de un mismo depósito. Es por esa razón que el control de la calidad de los productos en la industria depende esencialmente de la caracterización de sus arcillas.

A la hora de estudiar la fracción de Arcilla, se debe precisar el punto de partida, es decir, de donde provienen y bajo qué circunstancias se forman los minerales arcillosos. Según Malangón (1979), estos resultan de la alteración de minerales primarios, cuyos residuos se reorganizan para formar un esqueleto mineralógico cristalino con características coloidales de tamaño menor a  $2\mu$  denominado arcilla. Moore y Reynolds (1989), definen los minerales arcillosos como aluminio-silicatos hidratados, los cuales son clasificados como filosilicatos o silicatos laminares.

La composición química y mineralógica de las arcillas es una de las características más importantes, dado que estas influyen directamente en las propiedades mecánicas y físicas del producto (Instituto Geografico Agustin Codazzi - Subdireccion de Agrología, 1995). Un alto contenido de Sílice ( $\text{SiO}_2$ ), indican que el material se halla enarenado, es

decir su principal mineral arcilloso es la caolinita y tendrá un bajo porcentaje de contracción debido a su baja plasticidad, al igual que un alto contenido de cuarzo, es indicador de contenido de material desgrasante (Afanador Garcia & Ibarra Jaime, 2013). Es por eso que la plasticidad es una característica propia de los minerales arcillosos y se debe a su forma laminar, al pequeño tamaño, y por ende a su gran superficie específica (Whitaker, 1939), entendiéndose como la propiedad que tiene las arcillas de formar una masa plástica en presencia de agua. A su vez la Actividad según Skempton (1953), es un buen indicador de los componentes mineralógicos asociados con una arcilla específica.

En la Ingeniería civil se hace uso de sistemas de clasificación del suelo definiéndolo por tamaño de partículas, consistencia y comportamiento en la construcción. El Instituto Nacional de Vías (INVIAS) describe el método denominado "Sistema unificado de Clasificación de Suelos" (SUCS), mediante el cual se clasifican los suelos con base en la determinación en el laboratorio de la distribución de los tamaños de las partículas, de su límite líquido y su índice de plasticidad. La ASTM (American Society for Testing and Materials), el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en común con El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, definen a la arcilla como una partícula de 0,002 mm máximo y un índice de plasticidad igual o mayor a 4 que al ser representado en la carta de plasticidad, queda ubicado en la Línea A o por encima de ella. Sin embargo, la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), describe a la arcilla como partículas menores a 0,004 mm y un índice de Plasticidad mayor a 11.

Así como cada sistema describe la arcilla, también puede definirse dependiendo del área de estudio de la misma, por ejemplo, a partir de la mineralogía la arcilla comprende todos los filosilicatos y silicatos con tamaño menor a  $2\mu$  como producto de la meteorización y desde la química las arcillas se establecen como una sustancia de composición muy variable, incluyendo sílice (Si), aluminio (Al), Hierro (Fe), elementos alcalinos y alcalinotérreos, que son productos de la meteorización. (Besoain, 1985).

En este trabajo se proyecta como primera etapa, hacer un reconocimiento de la zona de extracción del material (Cantera San Joaquín, Nemocón - Cundinamarca), para así clasificar el material por medio de ensayos básicos de ingeniería geotécnica. Posteriormente, realiza estudios de Difracción de Rayos X, análisis Térmico Diferencial, Microscopía Electrónica, y Espectroscopia infrarroja, con el fin de caracterizar química y mineralógicamente el material.

## 2. Justificación

Es de vital importancia reconocer el comportamiento de las arcillas y su uso en obras civiles, a partir de su caracterización mineralógica y química. Esta investigación busca mediante un ejemplo resaltar la importancia del trabajo del ingeniero civil en un marco interdisciplinario de caracterización de materiales para la construcción, en líneas como la química, mineralogía, geología entre otras, que se encuentran obsoletas en el

campo de la ingeniería civil y son de gran importancia a la hora de optimizar la selección del material para cualquier proyecto ingenieril.

### 3. Localización y zona de estudio

El municipio de Nemocón se encuentra localizado en la Provincia de Sabana, en el centro del departamento de Cundinamarca, presenta determinantes geográficas y ambientales importantes que corresponden a su ubicación en el norte de la Cordillera Oriental (Véase Figura 1), hace parte del altiplano Cundi-boyacense. (Alcaldía de Nemocón, 2014).

La descripción de las unidades geológicas se basan en la plancha 209-Zipacquirá (Servicio Geológico Colombiano, 2003), la zona de estudio, Cantera San Joaquín, Nemocon- Cundinamarca (Colombia), se encuentra ubicada a los 05°04'56.66" de latitud y 73° 50'40.59" de longitud oeste, a una altura de 2.846 m.s.n.m., en la Formación Labor-Tierna (K2t) en un pliegue anticlinal (Véase Figura 1), donde se evidencian dos capas principales, una capa gruesa, de espesor de 177 m de areniscas (Areniscas de Labor) de grano fino y medio intercaladas con capas delgadas de arcillolitas, limolitas y limolitas arenosas. En la parte superior de esta formación se encuentran cuarzo areniscas blancas de grano muy fino. La segunda capa de areniscas de tamaño fino y muy fino, con espesor de 49 m (Arenisca Tierna) intercalada por capas delgadas de arcillolitas y limolitas. En la parte superior se evidencian areniscas blancas de grano fino.

Estas dos capas principales se separan por una capa delgada de lodolitas y arcillolitas, esta formación Labor-Tierna (K2t) fue depositada durante el periodo Cretáceo, las dos capas principales y la capa divisoria presentan una semejanza litológica. En algunos niveles se pueden presentar arcillolitas con foraminíferos bentónicos, fósiles depositados en el periodo Precámbrico, se caracterizan por ser de color claro y esqueleto calcáreo. (Servicio Geológico Colombiano, Plancha y memorias 209-Zipacquirá, 2003). (Véase Figura 2)

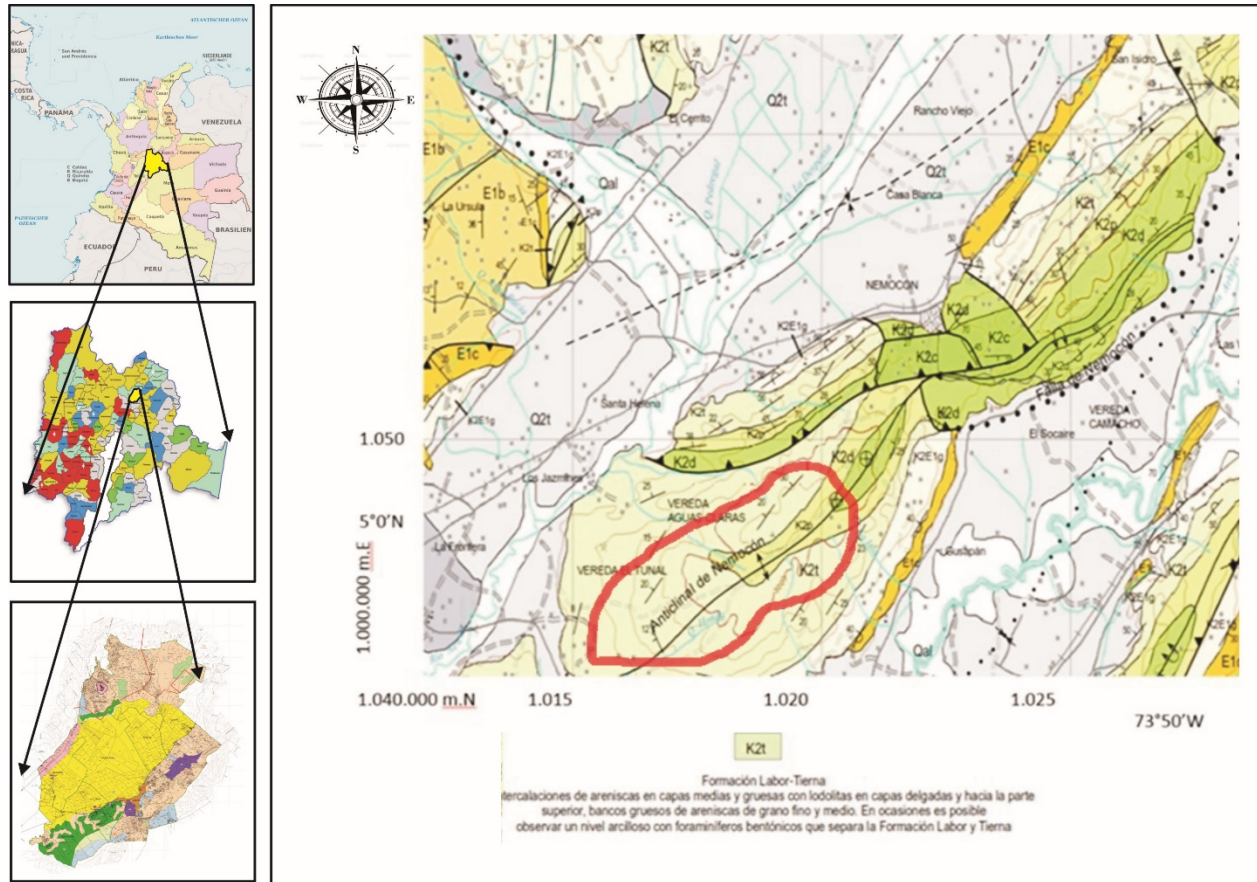


Figura 1. Localización del Municipio de Nemocón- Cundinamarca (Colombia) y Geología de la plancha 209 Zipaquirá – Servicio Geológico Colombiano

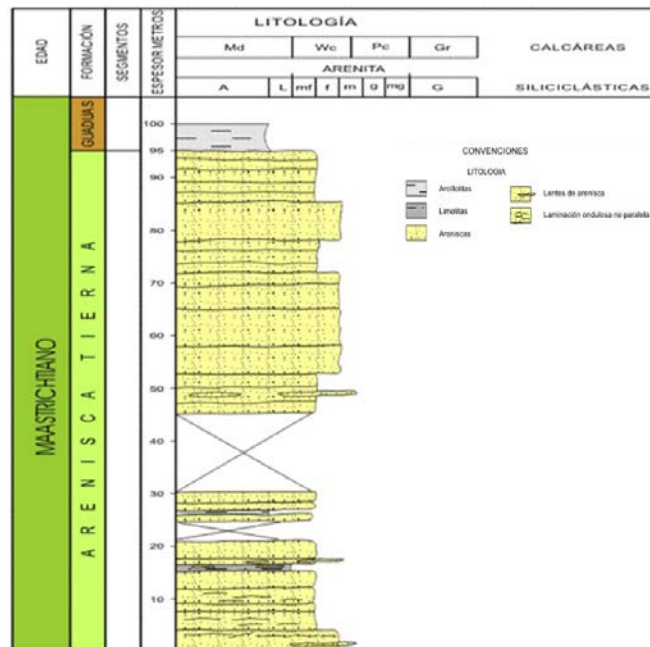


Figura 2. Litología Arenisca Tierra Sección Vereda Piedra Colorada (Subachoque) – Servicio Geológico Colombiano, 2003

#### 4. Material de estudio

Las muestras extraídas de la cantera son explotadas por la Ladrillera San Joaquín, las cuales se denominarán a lo largo de toda la investigación como: Muestra San Joaquín 1 (MS-1) y Muestra San Joaquín 2 (MS-2); la primera presenta un color morado oscuro y gris, que pueden ser producto por la presencia de cuarzo, feldespato potásico con minerales ferromagnesianos. Al palpar el material, presenta una textura mediana a fina, denotando alguna presencia de arenas finas; y la segunda, exhibe un color amarillo, el cual puede indicar la presencia de minerales como la calcita y el cuarzo; la textura que presenta este material es muy fina.



Muestra MS-1 Muestra MS-2

#### 5. Metodología

Se optó como medida preliminar, realizar una recopilación de información bibliográfica (revisión de mapa geológico de Cundinamarca y la plancha 209 de Zipaquirá), análisis de composición del suelo colombiano según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (IGAG), y consulta en bases de datos sobre los métodos analíticos para determinar la composición química y mineralógica de arcillas en Colombia.

El desarrollo de esta investigación se centra en dos etapas, la primera, el reconocimiento de las unidades geológicas presentes en la zona y la realización de la caracterización básica del material, realizando ensayos que permitieran conocer algunas características relevantes en las propiedades físicas de las muestras; en la segunda se realizarán métodos analíticos que permitan conocer la composición química y mineralógica de cada una de las muestras analizadas.

##### 5.1 Ensayos de Caracterización realizados a las muestras San Joaquín MS-1 y MS-2

Los ensayos básicos de caracterización geotécnica son principalmente: contenido de agua, gravedad específica, granulometría por hidrometría, límites de Atterberg y clasificación de la actividad de las arcillas. Ensayos que permitirán conocer la distribución granulométrica y realizar la carta de plasticidad de Casa grande y

composición mineralógica con el fin de clasificar las muestras de suelo y realizar una hipótesis de la mineralogía de los mismos.

## **5.2 Métodos analíticos empleados para determinar composición química y mineralógica de las muestras**

La Difracción de rayos X, es un método que permitirá la identificación cualitativa de las fases cristalinas; a su vez, la espectroscopia infrarroja se utilizará para determinar los grupos funcionales y suministrar la información pertinente frente a estos (Vallejo, 2002); para las reacciones endotérmicas y exotérmicas que ocurren dentro del material arcilloso, se implementará el análisis térmico diferencial (ATD). Estos Métodos permitirán precisar el contenido de minerales arcillosos, y así establecer las mejores condiciones para la preparación de la materia prima en la elaboración de mampostería, comparando con diferentes caracterizaciones de arcillas empleadas para este fin en Colombia.

## **6. Resultados y discusión**

### **Distribución granulométrica y Límites de Atterberg**

De acuerdo a la Normas I.N.V.E - 123 (análisis granulométrico), 125 y 126 (límites de consistencia) (INVIAS-2013), se determinó el tamaño de las partículas por proceso de sedimentación empleando un hidrómetro y los valores de límite líquido y límite plástico; así como su índice de plasticidad de cada una de las muestras, tal como se indica en la tabla 1 y 2 y son representados en la Carta de Plasticidad de Casa grande (Véase figura 3).

Tanto la muestra MS-1 como la MS-2, presentan una distribución de partículas similar, reflejando altos porcentajes de limos (38.15% y 37.47% respectivamente), y lo restante de material arcilloso; con lo que se obtiene, en principio un material limo-arcilloso. Sin embargo con los valores obtenidos de límite líquido e índice de plasticidad para cada muestra, de acuerdo a la Carta de plasticidad de Casa grande, se sitúan en la zona de mediana a baja plasticidad, permitiéndolas clasificar según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) como un material tipo CL, correspondientes a arcillas limosas de baja a media plasticidad.

A su vez se determinó la actividad que presentan estas dos muestras, las cuales arrojaron resultados que concuerdan con el análisis de consistencia y la relación mineralógica en la plasticidad (Véase Figura 4) clasificando las dos muestras según la actividad como arcillas normales e inactivas (MS-1 y MS-2 respectivamente), que presentan de acuerdo a la Tabla 2, se relaciona su valor con el tipo de mineral arcilloso que está presente, y se lustran en la Tabla 4.

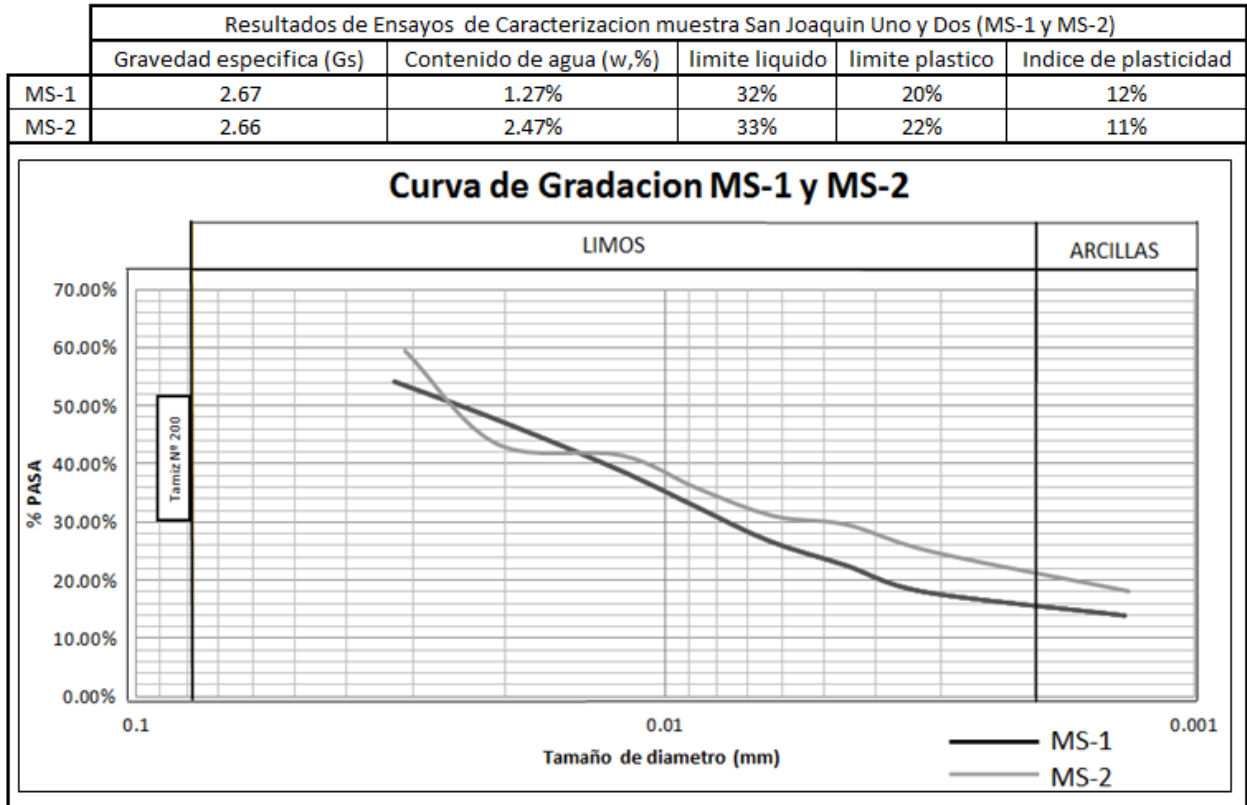


Tabla 1. Distribución granulométrica y valores de los límites de consistencia Muestra San Joaquín Uno y Dos (MS-1 y MS-2)

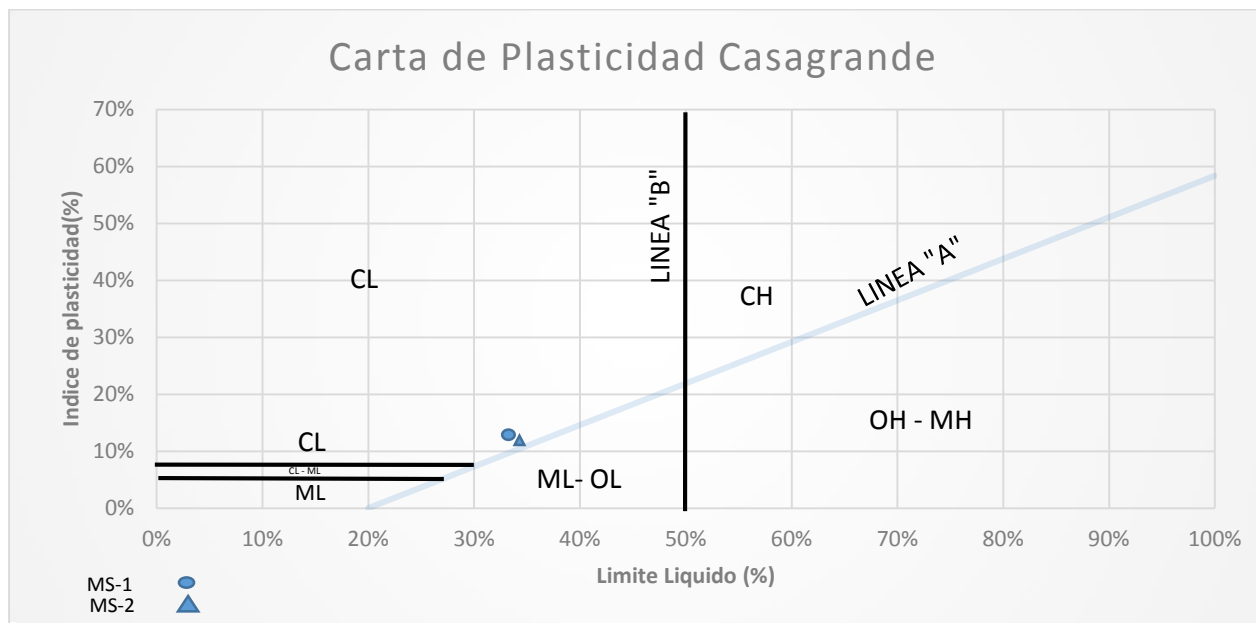


Figura 3. Diagrama de Casa Grande correspondiente a las muestras estudiadas MS-1 y MS-2



Actividad	Clasificación	Mineral Arcilloso
$A < 0,75$	Inactivas	Caolinita
$0,75 < A < 1,25$	normales	Ilita
$A > 1,25$	Activas	Montmorillonita ( $A > 7.0$ )

Tabla 2. Clasificación de la Actividad de las arcillas - Westley Skempton (1953)

Material	Actividad	Clasificación	Mineral arcilloso
MS-1	0,75	Normales	Ilita
MS-2	0,51	Inactivas	Caolinita

Tabla 3. Actividad de las dos muestras estudiadas

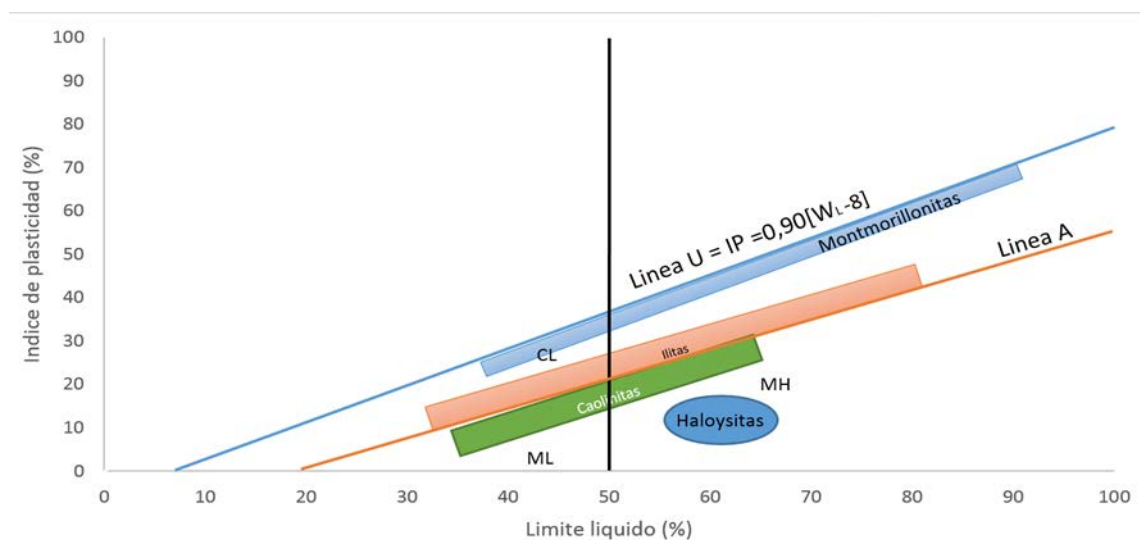


Figura 4. Relación de la composición mineralógica en la plasticidad (Day, 1999)

## 7. Conclusiones

Las muestras MS-1 y MS-2 fueron clasificadas como materiales limosos, a partir de los resultados en la distribución granulométrica, donde la distribución de tamaño de partículas para las dos fue similar, inferior a 75 y en contraste con el análisis de consistencia se clasificaron como arcillas limosas, evidenciando así, una plasticidad baja-media y partiendo de este último análisis para otorgarle la clasificación al material en estudio.

Se determinó la actividad de los especímenes para tener una hipótesis de la composición mineralógica de los mismos, obteniendo así, para la muestra MS-1 un mineral perteneciente al grupo de la Ilita y para la muestra MS-2 una composición mineralógica referente al grupo de la caolinita.

## 8. Referencias

- Afanador Garcia, N., & Ibarra Jaime, A. y. (2013). Caracterización de arcillas empleadas en pasta cerámica para la elaboración de ladrillos en la zona de Ocaña, Norte de Santander. *Epsilon*, 101-119.
- Alcaldía de Nemocón . (2014). Alcaldía de Nemocón - Cundinamarca. Consultado el 23 de Febrero de 2015 en [www.nemocon-cundinamarca.gov.co](http://www.nemocon-cundinamarca.gov.co)
- Bardet, J.-P. (1997). *Experimental Soil Mechanics*. Los Angeles, California: Pearson.
- Besoain, E. (1985). Mineralogía de arcillas de suelos. En *Mineralogía de arcillas de suelos* (págs. Capítulo 2-3). San Jose, Costa Rica: IICA.
- Brady, N. C. (1974). *The Nature and Properties of Soils*. New York: Collier-Macmillan Canada, LTD.
- Budhu, M. (2008). *Soil- Mechanics and Foundations*. En M. Budhu, *Soil- Mechanics and Foundations* (págs. 77-80). Wiley.
- Cheng Liu, J. B.-s. (2007). *Soils and Foundations*. Prentice hall.
- INGEOMINAS, D. M. (2003). *Geología de la Plancha 129-Zipaquira*. Bogotá, D.C: Instituto Colombiano de Geología y Minería.
- INGEOMINAS, D. M. (2005). *Geología de la Sabana de de Bogota*. Bogota, D.C: Instituto Colombiano de Geología y minería.
- Instituto Geografico "Agustin Codazzi". (1976). *Caracterización y Clasificación de Suelos de la Serie Rio Bogota*. Bogota: Instituto Geografico "Agustin Codazzi".
- Instituto Geografico Agustin Codazzi - Subdirección de Agrología. (1995). *Suelos de Colombia- origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá, D.C: Canal Ramírez Antares Ltda.
- Instituto Nacional De Vías (INVIAS). (2013). NORMA I.N.V.E 122. Obtenido de Manual de Normas para de ensayos de materiales para carreteras. Consultado el 20 de Marzo de 2015 en [www.mintransporte.gov.co](http://www.mintransporte.gov.co)
- R.A Muñoz Meneses, J. A.-P. (s.f.). *Caracterización físicoquímica de arcillas en el municipio de Guapi-Costa Pacífica Caucaña(Colombia)*.
- Vallejo, L. G. (2002). *Ingeniería Geológica*. En L. G. Vallejo, *Ingeniería Geológica* (págs. Capítulo 2.7- Influencia de la Mineralogía y la fábrica en las propiedades geotécnicas de los suelos). Madrid, España: Pearson.

## Sobre los autores

- **Pamela Yoshianny Ávila Pedroza:** Estudiante de Ingeniería civil, Integrante semillero de Suelos y Geotecnia, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Cundinamarca, Colombia, [pamelaavila@usantotomas.edu.co](mailto:pamelaavila@usantotomas.edu.co)
- **José Luis Ocampo Martín:** Estudiante de Ingeniería Civil, Integrante Semillero de Suelos y Geotecnia, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Cundinamarca, Colombia, [joseocampo@usantotomas.edu.co](mailto:joseocampo@usantotomas.edu.co)
- **María Paula Pinzón Garzón:** Estudiante de Ingeniería Civil, Integrante Semillero de Suelos y Geotecnia, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Cundinamarca, Colombia, [mariappinzon@usantotomas.edu.co](mailto:mariappinzon@usantotomas.edu.co)

- **Javier Eduardo Becerra Becerra:** Geólogo, Master y Doctor en Geología Económica y Aplicada de la Universidad Federal de Minas Gerais Brasil. Profesor titular: [javierbecerra@usantotomas.edu.co](mailto:javierbecerra@usantotomas.edu.co)
- **José Andrés Cruz Wilches:** Ingeniero Civil, Master en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, Doctor en Ingeniería de la Universidad de los Andes, Profesor titular: [josecruzw@usantotomas.edu.co](mailto:josecruzw@usantotomas.edu.co)
- **Livaniel Viveros Rosero:** Ingeniero Civil, Master en Geotecnia de la Universidad Nacional de Colombia, Profesor titular: [livanielviveros@usantotomas.edu.co](mailto:livanielviveros@usantotomas.edu.co)
- **Álvaro De La Cruz Correa Arroyave:** Ingeniero Minas y Metalúrgica, Doctor en Ingeniería y Mecánica de Rocas de la Universidad de Grenoble, Francia. Profesor titular: [alvarocorrea@usantotomas.edu.co](mailto:alvarocorrea@usantotomas.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)