

# Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

## Evaluación de la expansividad de las arcillas en la ciudad de Pinar del Río

### *Evaluation of the clay expansivity in Pinar del Río City*

*Yusleiby Girbert Llanes<sup>1</sup>, Rafael Martínez-Silva<sup>2</sup>, Alexis Ordaz Hernández<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Ingeniera Geóloga de la Unidad de Investigaciones para la Construcción Pinar del Río. Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas. Calle: Rafael Morales #242 Sur (Altos), Pinar del Río. Teléfono: 48-755623, yusleiby@eniapr.co.cu ; <https://orcid.org/0000-0002-8259-9840>

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias, profesor Titular. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca" Cuba. Calle Martí #270 Final, Pinar del Río Teléfono: 48-728617, martinez@geo.upr.edu.cu

<sup>3</sup>Doctor en Ciencias Técnicas , profesor Asistente. Universidad Autónoma del Estado de México, alexisordaz.1978@gmail.com  
ID: <http://orcid.org/0000-0002-6788-650X>

#### Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo

Girbert, Y., Martínez-Silva, R. & Ordaz, A. (2019). Evaluación de la expansividad de las arcillas en la ciudad de Pinar del Río. *Avances*, 21(1), 79-88. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/418/1410>

#### RESUMEN

Este trabajo estuvo dirigido a la evaluación del comportamiento de la expansividad de las arcillas en la Ciudad de Pinar del Río, así como su distribución espacial. Con la información procedente del archivo técnico de la Unidad de Investigaciones para la Construcción de Pinar del Río, perteneciente a la

Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, se confeccionó una base de datos. Para la ubicación de las perforaciones realizadas en la ciudad se utilizaron el levantamiento topográfico a escala 1:2000 y el esquema ingeniero geológico a escala 1:10 000 de la ciudad de Pinar del Río. Posteriormente se determinaron

Recibido: septiembre 2018

Aprobado: diciembre 2018

aquellas investigaciones previas con presencia de arcilla hasta la profundidad de 5.0 m, las cuales cuentan con propiedades físico-mecánicas de sus muestras de suelo. Como principales resultados se obtiene un mapa con la ubicación de sectores con presencia de arcillas susceptibles a la expansividad, una ecuación empírica para la estimación de la carga contra hinchamiento, lo cual permite una mejor información que sirve de base a proyectistas para la toma de decisión en el diseño de cimentaciones.

**Palabras clave:** arcillas, arcillas expansivas, carga contra hinchamiento, Geología.

---

#### ABSTRACT

The result of this work is to predict expansive clay areas and also spatial distribution, in Pinar del Rio city. Data base support of this investigation was

elaborated using the information from the library technical of the Unit of Investigation for Construction in Pinar del Rio, related to National Enterprise for Applied Investigations. Topographical map scale 1:2 000, Engineer Geologic Scheme scale 1:10 000, from Pinar del Rio city, were used for locating the drilling hole in this city. After that, were selected previous investigations with clay presence until depth of 5 m, which have physical-mechanical properties of their soils samples. As main results a map is obtained with the location of sectors with presence of susceptible clays to the expansive. An empiric equation is also obtained for the estimate of clay swelling, that allows a best information for the designs of shallow foundation and other task of this types.

**Key words:** clay, Expansives clay, load vs. swelling, Geology.

---

#### INTRODUCCIÓN

Las arcillas expansivas, pertenecen a un grupo mineralógico muy amplio de materiales de naturaleza química silícea denominados silicatos. Dentro de estos, en función de la distribución de los tetraedros de  $\text{SiO}_4^{4-}$  se clasifican sistemáticamente dentro de los Filosilicatos o silicatos laminares. Así,

a grandes rasgos y en función del tipo de arcilla, entre lámina y lámina, se emplazarán en mayor o menor medida las moléculas de agua que producirán el hinchamiento.

La presencia de suelos arcillosos expansivos, cuya principal característica es la de producir movimientos como consecuencia de

hinchamientos y retracciones del subsuelo sobre el cual apoya la cimentación, debido a cambios de humedad provocan en la mayoría de los casos daños estructurales importantes.

Para que se ponga de manifiesto el hinchamiento de un suelo es necesario que el mismo sea de naturaleza expansiva. Esta puede estudiarse, fundamentalmente, por el contenido de mineral arcilloso a través de complejas técnicas de laboratorio analizando su composición mineralógica, y la variación de la presión efectiva del suelo ocasionado por cambios de humedad determinadas por los ensayos de tipo edométrico.

A principios del siglo pasado, se atribuían los daños por expansión a problemas constructivos y de asentamiento (Chen, 1975). Los problemas causados por los suelos expansivos solo fueron reconocidos por especialistas de los Estados Unidos en los años 30 del siglo pasado. Se ha comprobado que este tipo de suelos produce daños notables en las obras si sus propiedades no se tienen en cuenta previamente y su uso indiscriminado ha ocasionado grandes perjuicios.

En Cuba se ha reconocido la existencia y, hasta cierto punto, abundancia de arcillas expansivas. Autores de renombre mundial como Jiménez y Justo (1975), Tschebotarioff (1967) y Pousada

(1984) citan a Cuba entre aquellos países donde hay problemas de este tipo. Así, por ejemplo, en la región central existen lugares donde se han producido daños moderados o ligeros en las estructuras que se han cimentado sobre ellos: las cabañas del hotel "Elguea" (Corralillo), el poblado El Purio y Sagua la Chica (Encrucijada), el sistema de riego "Armonía" y la ciudad de Sagua la Grande (Sagua la Grande), la comunidad "Ciro Redondo" (Sancti Spíritus), el poblado de Natividad (Sancti Spíritus), en las cercanías de los lagos de Mayajigua (Sancti Spíritus), en los poblados de Manacas, Cifuentes, en zonas de la carretera Santo Domingo-Corralillo, el Canal Magistral "Zaza-Ciego", entre otros.

Delgado (1999) realizó un estudio experimental de los suelos expansivos de la región central de Cuba, y propuso una metodología para su estudio geotécnico. Recientemente se han publicado otros trabajos en los que se evalúa el fenómeno experimentalmente sin llegar a conclusiones concretas (Salvador, Pina y Domínguez, 2000; Alfonso y Rivero, 2000).

Evidentemente, paralelo al desarrollo constructivo de la ciudad de Pinar del Río, fue incrementándose el nivel de conocimiento ingeniero-geológico de los suelos y rocas que sirvieron de base a las cimentaciones. Durante el periodo de explotación de los inmuebles comienzan a surgir los

primeros problemas estructurales en la zona de interacción cimentación-suelo. Estos suelos debido a la singularidad de algunas de sus características, llegan a causar grandes movimientos diferenciales en las obras debido a un excesivo levantamiento o asentamiento (Chavez, 2004).

El área de trabajo se ubica en la provincia de Pinar del Río, y abarca parte del municipio homónimo. Los límites de la ciudad son irregulares y cubre una superficie de 31.53 km<sup>2</sup> y las coordenadas geográficas de su centro son: Latitud Norte 22°25' y Longitud Este: 83°42'. Se enmarca en la Cuenca Los Palacios, ocupada mayormente por depósitos paleógenos, neógenos y cuaternarios; estos últimos se identifican, principalmente, con las formaciones geológicas Guane y Guevara (Franco, 1994).

La existencia de arcillas expansivas, provocan cambios volumétricos en los suelos, los cuales influyen en los elementos estructurales (zapatas, muros y cerramientos), ocasionando grietas y en ocasiones el colapso de las estructuras.

Por todo lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo realizar una evaluación del comportamiento de la expansividad de las arcillas en la ciudad de Pinar del Río.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

***Materiales topográficos e***

### ***ingeniero geológicos***

Como mapa base para este estudio se empleó el Esquema Ingeniero Geológico a escala 1:10 000 de la ciudad de Pinar del Río, el cual fue elaborado por la Unidad de Investigaciones para la Construcción (UIC) Pinar del Río, Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) Aguado (1992), y las hojas topográficas a escala 1:2000 de la ciudad.

La evaluación se inició con la recopilación de datos geotécnicos, a partir de informes ingeniero geológicos del archivo técnico de la Unidad de Investigaciones para la Construcción Pinar del Río. Se contó con 268 estudios ingenieros geológicos con un total de 1911 perforaciones registradas en el archivo; de éstas, 1295 interceptaron, al menos una vez, una capa arcillosa hasta la profundidad de los 5m. Del total de perforaciones, se pudieron extraer parámetros físicos de 104, las que permitieron evaluar el comportamiento expansivo de las arcillas en el área.

De la recopilación de datos del archivo se creó una Base de Datos en Excel la cual recoge las coordenadas X, Y, Z de cada perforación, además de las propiedades Físico- Mecánicas y la litología de cada estrato identificado durante la perforación.

Para la obtención del mapa de punto con la ubicación de las calas con presencia de arcillas se utilizó el

Software Ilwis. Se determinaron aquellas obras con presencia de arcilla hasta la profundidad de 5 m, en las cuales se analizaron las propiedades físico-mecánicas de las muestras de suelos. Es bueno aclarar que se tomó como límite de profundidad los 5.0m, porque por encima de esta profundidad es que generalmente se apoyan las cimentaciones superficiales.

Posteriormente se superpuso en este mismo Software el mapa de puntos obtenido sobre el esquema ingeniero geológico de la ciudad de Pinar del Río lo que permitió enmarcar las zonas donde fue posible evaluar la expansividad.

### ***Criterios de expansividad empleados.***

Para evaluar el potencial expansivo de los suelos se empleó la secuencia siguiente:

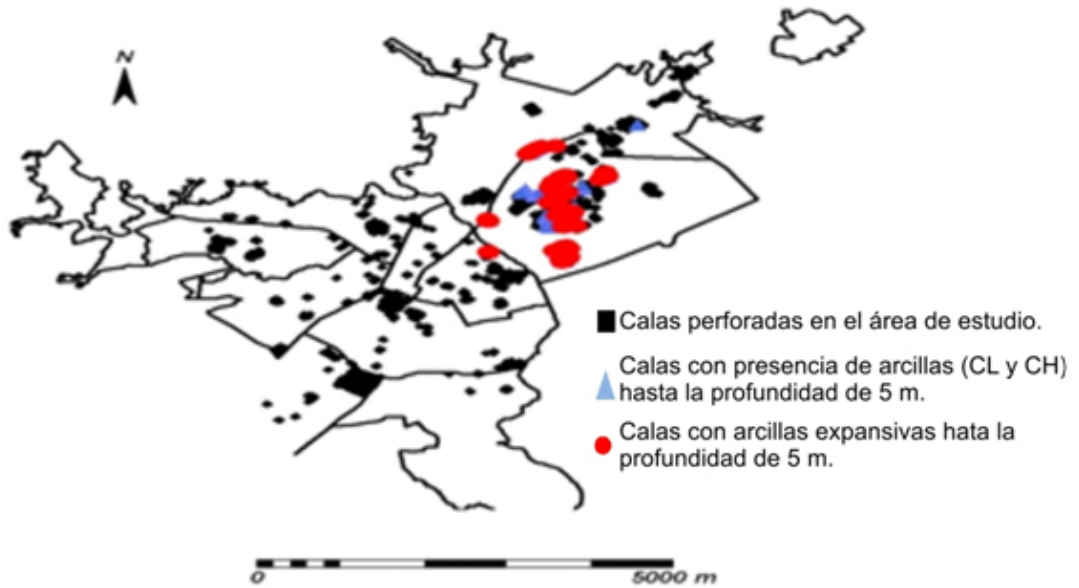
- Determinación del estrato potencialmente expansivo, considerando las arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL) y arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH) como los más favorables.
- Evaluación de propiedades geotécnicas reportadas en la bibliografía como indicadores del

potencial de expansión del suelo: índice plástico, límite de contracción (o retracción) y actividad (%Arcilla/índice de plasticidad), Sowers & Sowers (1987), así como la relación porcentual entre el contenido de coloide y arcilla en el ensayo granulométrico.

Se utilizaron los resultados de los ensayos de expansión con inundación practicados a las muestras de suelo (hinchamiento libre y controlado), los cuales resultan técnicas directas de evaluación de la expansividad del suelo, por lo que se les asignó el mayor peso en la identificación de suelos potencialmente expansivos. Para evaluar el grado de expansión del suelo, se adoptó la clasificación de (Delgado, 2003).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Teniendo en cuenta la base de datos obtenida, aplicando los criterios de expansividad y utilizando el Software mencionado anteriormente se pudieron generar 3 mapas de puntos los cuales se combinaron en la *figura 1:*

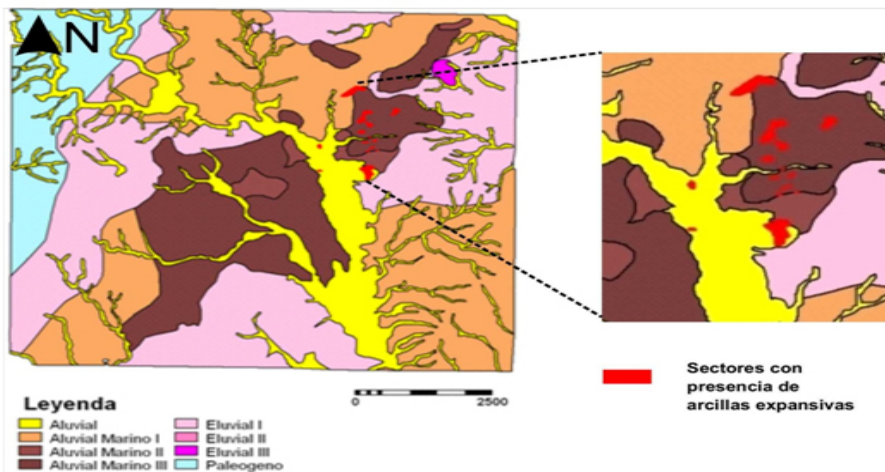


**Figura 1.** Mapa de ubicación de las perforaciones que presentan arcillas CL, CH y arcillas expansivas

1. Mapa con ubicación de calas.
2. Mapa con ubicación de calas con arcilla (CL y CH) hasta la profundidad de 5 m
3. Mapa con ubicación de calas con arcilla expansiva hasta la profundidad de 5 m.

Una vez obtenido el mapa con la ubicación de aquellas perforaciones con arcillas expansivas y haberlo superpuesto sobre el Esquema Ingeniero Geológico de la ciudad de Pinar del Río (*figura 2*) podemos

inferir que espacialmente, las arcillas expansivas en la ciudad de Pinar del Río se emplazan, con mayor frecuencia, en el Consejo Popular Hermanos Cruz, donde se observa un patrón N-S en la distribución de estos suelos, asociadas genéticamente, a los sedimentos aluviales de las terrazas de los ríos y aluviales marinos de la formación Guane. Su grado de expansión es de bajo a medio con presencia de la fase de caolinita.



**Figura 2.** Mapa de pronóstico con la presencia de arcillas expansivas.

A partir de la abundancia de datos geotécnicos, se estableció una relación matemática entre la carga contra hinchamiento (CCH) y un grupo de parámetros físico-mecánicos: relación de vacío ( $e$ ), la cohesión ( $c$ ) y el porcentaje de arcilla.

$$\text{CCH} = 326.13 - 3.2795 (\%A) + 143.945e - 1.7591C \text{ (kPa)}$$

Esta condición se cumple, cuando la cohesión es superior a 70 kPa y el porcentaje de arcilla mayor que el 30%. La correlación es aceptable ( $r= 0.61$ ) y los campos de dispersión de % de arcilla, relación de vacíos y cohesión son admisibles. Pero solo se recomienda que se utilice dicha ecuación en etapas preliminares de la investigación, con el objetivo de clasificar la magnitud relativa del cambio de volumen, y nunca dar una valoración cuantitativa de la carga contra hinchamiento. Las comprobaciones realizadas hasta el momento han arrojado resultados satisfactorios con la utilización de la ecuación de correlación  $\text{CCH} = f (\% \text{ Arcilla, } s, C)$ , empleada ésta solo para estudios preliminares.

Los autores coinciden con los métodos de determinación del grado de expansión de los suelos arcillosos abordados por los autores Sowers & Sowers (1987) y Delgado (2003), donde uno de los factores principales para poder determinar el grado de

expansión es la determinación por el ensayo endométrico de la carga contra hinchamiento (CCH) en el laboratorio, pero propone este método alternativo que favorece a la disminución del porcentaje de muestreos y ensayos de laboratorios a realizarse en una zona de estudio con la utilización del cálculo a través de la relación matemática con los datos de antecedentes.

A continuación se pone un ejemplo de un caso de estudio que corrobora la validación de esta:

***Aplicación en el caso de estudio: Seminternado de Primaria Abel Santamaría Cuadrado***

El estudio se realizó con el objetivo de valorar la expansión del suelo donde estaba ubicado dicho seminternado de primaria, el cual presentaba agrietamiento en su estructura y de esta forma validar la ecuación anterior determinándose el grado de expansividad de las arcillas.

***Etapas de investigación preliminar***

En esta etapa se recopiló toda la información geológica-geotécnica del área de estudio que incluye propiedades físicas y mecánicas de los suelos. La información se basa en datos obtenidos de investigaciones preexistentes, Chávez (2004), además de un mínimo trabajo de campo, principalmente dirigido a la determinación de las propiedades

físicas y clasificación de los suelos.

Perfil geotécnico del suelo:

0.00 – 0.25 m                      Capa  
vegetal  
0.25 – 1.80 m                      Limo plástico con  
arena, consistencia muy dura.  
Clasifica por el Sistema Unificado de  
Clasificación de suelo (SUCS) como  
limos Inorgánicos (MH) (Capa 1)  
1.80 – 7.20 m                      Arcilla                      muy  
plástica con arena, color rojo y  
amarillo, consistencia dura a firme.  
Clasifica por el Sistema Unificado de  
Clasificación de suelo (SUCS) como  
Arcillas inorgánicas de plasticidad  
elevada (CH) (Capa 2)  
Identificación del problema de  
expansividad

En la zona de estudio hay presencia de arcillas de plasticidad media a alta, con nivel freático profundo. En el reconocimiento de las estructuras del seminternado, la mayoría de estas presentan características de daños estructurales (agrietamiento).

En los ensayos realizados en el estudio referido, el contenido de arcilla del suelo es de 53%, la humedad natural de 20 % y la plasticidad alta, y clasifica por el Sistema Unificado de Clasificación de suelo (SUCS) como Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada (CH), todos ellos indicadores de expansión. Para determinar la carga contra hinchamiento (CCH) se empleó la ecuación de correlación y se obtuvo el siguiente valor:

CCH= 126.74 kPa

El suelo clasificó como grado de expansión medio, por lo que se pudo dar como resultado preliminar que el suelo es susceptible a la expansión.

## CONCLUSIONES

Los suelos analizados poseen un grado de expansión catalogado como bajo a medio, con presiones de hinchamiento controlado comprendidas entre 60.9 y 162.3 kPa, lo cual es característico para arcillas del grupo de las caolinitas. Estos valores pueden ser referencias para los proyectistas en el diseño de cimentaciones.

Localmente se identificaron arcillas de susceptibilidad a la expansividad media, estas presentaron una distribución geográfica muy limitada, ubicadas fundamentalmente en el Reparto Hermanos Cruz de la Ciudad de Pinar del Río.

Geológicamente los suelos con pronóstico a la expansividad, se vinculan a los sedimentos aluviales marinos de la Formación Guane y a los sedimentos eluviales de la Formación Paso Real.

El resultado de la ecuación matemática para el cálculo de la Carga contra Hinchamiento (CCH) es una herramienta que puede ser utilizada de forma preliminar en



suelos que tengan un comportamiento similar al estudiado en este trabajo.

Se recomienda determinar la relación entre hinchamiento y humedad, teniendo en cuenta la profundidad del nivel freático y la porosidad del suelo, y ampliar el alcance de la investigación a toda la provincia para una mejor identificación de las zonas más propensas a la presencia de las arcillas expansivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado, N. (1992). Esquema Ingeniero-geológico a escala 1:10 000 de la ciudad de Pinar del Río. Archivo Técnico Unidad de Investigaciones para la Construcción Pinar del Río, ENIA.
- Alfonso, H. & Rivero, F. (2000). Análisis de impactos provocados por una fábrica de fundición. Análisis de las posibles causas de sus afectaciones. Memorias del Primer Simposio Internacional sobre La geodesia y la geomecánica aplicadas a la construcción. Ciudad de La Habana. I. pp. 142-147.
- Chávez, O. (2004). Informe ingeniero-geológico Ampliación Seminternado de Primaria Abel Santamaría Cuadrado. Archivo Técnico Unidad de Investigaciones para la Construcción Pinar del Río, ENIA.
- Chen, F.H. (1975). Foundations on Expansive Soil. Development in Geotechnical Engineering 12. New York: Elsevier Science Publishing Company.
- Delgado, D. (1999). Evaluación de la expansividad de los suelos arcillosos. (Tesis de Maestría). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Moa. 80 p.
- Delgado Martínez, D. E. (2003). Estudio del comportamiento de los suelos cohesivos con problemas especiales de inestabilidad volumétrica y sus soluciones ingenieriles. (Tesis doctoral). Facultad de Construcciones, Universidad Central Marta Abreu, Villa Clara.
- Franco, G. L. (1994). Léxico estratigráfico de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, La Habana. (Copia digital)
- Jiménez, J.A. y Justo, J.L. (1975). Geotecnia y Cimientos I: Propiedades de los suelos y de las rocas. Madrid: Editorial Rueda. 2da ed. 466 p.
- Pousada, E. (1984). "Deformabilidad de las arcillas expansivas bajo succión controlada". (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Centro de Estudios de

- Experimentación de Obras Públicas, Madrid. 269 p.
- Salvador, M., Pina, R. & Domínguez R. (2000). Diseño y estudio de obras emplazadas en suelos expansivos" en Memorias del Primer Simposio Internacional sobre la Geodesia y la Geomecánica aplicadas a la construcción. Ciudad de La Habana. I. pp. 61-70.
- Sowers, G. B. & Sowers, G. F. (1987). Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones (Parte I). Ed. Revolucionaria, La Habana, 320 p.
- Tschebotarioff, G. P. (1967). Mecánica de suelos: Cimientos y estructuras de tierra. Madrid: Talleres Gráficos Montaña. 4ta ed. 642 p.

Recibido: septiembre

Aprobado: noviembre

*Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license*