



CONGRESO DE INVESTIGACIÓN DE LAS CIENCIAS Y SUSTENTABILIDAD (CICS)

TUXPAN 2012

<http://cicstuxpan.comuf.com/>



TOMO VI INGENIERÍA

Memorias publicadas por

AcademiaJournals.com

ISSN 2169-6160 Online | ISSN 2169-6152 CD-ROM



Quiénes Somos

ORGANIZACIÓN DEL CONGRESO

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

Mtra. Edalid Álvarez Velázquez
Directora de la Facultad de Contaduría, [Campus Tuxpan](#)
Universidad Veracruzana

COMISIÓN ORGANIZADORA DEL CONGRESO

M.C. Leonardo [Flores](#) Barrios
Mtro. Pedro Eric Vega Cobos
Mtro. [Esteban](#) Cruz Luis
Mtro. Mario Alberto Barrera Reyes
Mtra. Valentina Pérez Sequera
Mtra. Blanca Vianey Hidalgo Barrios
Mtra. Sonia Reyes Reyes
Mtro. Mario Soto del Ángel
Mtro. Amador Guillermo Mendoza Sánchez
Mtro. [Juan Luis](#) Ramírez Vallejo
Mtro. Jorge Armando Carmona Rodríguez
Mtra. Teresa de Jesús Orduña González
Mtro. Othón Darío Camacho Díaz
I.S.C. Jessica Solís Franco

-  [Quiénes somos](#)
-  [Convocatoria](#)
-  [Registro Ponencia](#)
-  [Info Ponencias](#)
-  [Preparar Ponencias](#)
-  [Cuotas y pagos](#)
-  [Programa](#)
-  [Memorias](#)

Academia Journals

[AcademiaJournals.com](#) es una división de PDHTech, LLC, compañía proveedora de [servicios editoriales](#), educacionales y de entrenamiento profesional ubicada en San Antonio, Texas.

Informes:

<http://academijournals.com>
Facultad de Contaduría, Campus Tuxpan
Universidad Veracruzana
Mtra. Edalid Álvarez Velázquez
Directora de la Facultad
[Teléfono:](#) 783 8370121
[Email:](mailto:edalid@hotmail.com) edalid@hotmail.com



1er. Congreso De Ciencia E Investigación y Sustentabilidad CICS 2012

DÍA VIERNES 26 DE OCTUBRE 2012 SALA 3 INGENIERÍA, SALUD, LEYES, HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

21	26 de Octubre	12:12 – 12:24	521	Diseño y construcción de una planta prototipo para el tratamiento de lixiviados y aguas residuales.	Dr. R. Osvaldo González Paredes Ing. José L. Galván López Dr. Israel Hernández Romero Mtro. Eduardo Solís Pérez.
22	26 de Octubre	12:24 – 12:36	522	Adsorción con enfoque en ingeniería ambiental.	Norma García Navarro Ernesto Gallardo Castán Gabriela Lugo Islas José Luis Ramírez Reyes
23	26 de Octubre	12:36 – 12:48	523	Aspectos relevantes en la estimación del peligro sísmico de Barcelona	Mtra. Maricela Cruz del Ángel Dra. Mayté Pérez Vencez Mtra. Alin Jannet Mercado Mojica
24	26 de Octubre	12:48 – 13:00	525	La importancia de la gestión de la calidad medioambiental en la planeación urbana	Mtro. Diego Arturo Torres Hoyos Mtro. Álvaro Hernández Santiago
25	26 de Octubre	13:00 – 13:12	526	Índice de consistencia de suelo arcilloso (tipo CH), empleando un extracto compuesto de la planta Solanum Eriantum D.Don	Dra. Avril González Sierra M.C. Alejandro García Elías M.C. Alejandro Córdova Ceballos Ing. Gastón Genaro García Reyes
26	26 de Octubre	13:12 – 13:24	527	Comparación de la eficiencia de biofiltros de diferentes capacidades en la remoción de olores en plantas tratadoras de aguas residuales.	Romero Armenta Tomás
27	26 de Octubre	13:24 – 13:36	528	Contaminación del aire y efectos tóxicos a la salud por partículas respirables pm10 en la Cd. de Poza Rica, Ver.-	M.C. Natán González Rocha M:C: Aurora Galicia Badilo y Diana Grisel Hernández Encarnación
		13:36 – 13:46	SESION DE PREGUNTAS Y RESPUESTAS TIEMPO 10 MINUTOS		
	26 de Octubre	13:46	COMIDA		

Índice de consistencia de suelo arcilloso (tipo CH), empleando un extracto compuesto de la planta *Solanum Erianthum* D. Don

cDra. Avril González Sierra¹, M.C. Alejandro García Elías¹, M.C. Alejandro Córdova Ceballos¹,
Ing. Gastón Genaro García Reyes¹

Resumen.-Los suelos arcillosos del tipo CH son sensibles físicamente, ante la presencia o pérdida de agua. Estructuralmente dicho comportamiento resulta perjudicial en ciertas obras de ingeniería, traducidos en daños físicos y pérdidas económicas. En la mayor parte de las ocasiones, la modificación favorable de los suelos se realiza a través de métodos mecánicos o químicos. El objeto de la investigación es desarrollar un método natural para la estabilización de suelos arcillosos locales, mediante la evaluación de sus propiedades índice, utilizando un extracto compuesto de la planta endémica de la Región del Totonacapan conocida como “Puluxnu” (*Solanum Erianthum* D. DON). Evaluando resultados previos, se obtuvo una reducción considerable del esfuerzo de expansión mediante carga in situ del 31.25% y un incremento en el peso volumétrico del 1.5%, únicamente para el tipo de suelo empleado. Los índices de consistencia en este proceso de investigación, establecen si es factible solucionar ciertos problemas relativos a la inestabilidad de los suelos, mejorando su estabilidad volumétrica. Esto posibilita un impacto en la calidad de distintas obras de construcción y hace viable un posible beneficio en aquellos sectores o comunidades de mayor rezago en nuestra Región.

Palabras clave - Consistencia, propiedades-índice, arcilla, *solanum erianthum* D.DON.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias futuras de la vivienda exigen edificaciones para un desarrollo habitacional sustentable. Son muchos años de trabajo e investigación buscando aplicaciones en pro del desarrollo sustentable; actualmente académicos especialistas de la Universidad Veracruzana con el apoyo de estudiantes en el campo de la geotecnia, participan en distintas alternativas en el mejoramiento de los suelos usados en la construcción, que pudieran presentar alternativas para el futuro de la vivienda local y regional. El requerimiento mínimo para que las edificaciones nuevas sean consideradas sustentables, dentro de la primera categoría, es la elección adecuada del terreno. En este sentido la investigación relativa al mejoramiento de los suelos, es uno de los principales pasos para establecer localmente nuevos códigos constructivos en búsqueda de mejores opciones en cimentaciones para edificaciones. La región del Totonacapan, en el estado de Veracruz, es conocida a nivel mundial por su diversidad biológica y cultural, sin embargo y a pesar de eso, es catalogada como una entidad con alto índice de rezago social. La actividad económica preponderante es la comercialización de productos naturales como vegetales, plantas y frutos que cosechan en huertas familiares. La presente investigación está basada en el análisis de la estabilización de suelos CH, propios de la región de estudio, con la adición de un extracto compuesto de Puluxnu (ECP) conocida por su nombre científico *Solanum Erianthum* D. Don. El Puluxnu, planta endémica usada de manera empírica por las comunidades del Totonacapan como detergente; es de fácil acceso y su crecimiento es silvestre. El ECP como estabilizante tiene como objetivo reducir el potencial de expansión en suelos CH, por lo que el uso de este compuesto, tendría impacto en el mejoramiento de la estabilidad en estructuras, con aspectos económicos dado el aprovechamiento y posible comercialización de la planta. El interés principal de realizar y presentar un trabajo de esta naturaleza, radica en la falta de métodos funcionales, sustentables y económicos, para la construcción hoy día.

ANTECEDENTES

Suelos expansivos

Los suelos expansivos son arcillas plásticas que por su alto contenido de minerales arcillosos, tales como montmorilonita y esmectita, experimentan grandes cambios de volumen al modificar su humedad; dichos suelos están caracterizados por un comportamiento cíclico de expansión y contracción al incrementar y reducir su contenido de agua, respectivamente. De modo que todos los suelos cohesivos se expanden o contraen con el cambio de humedad. La diferencia entre los suelos comunes y los expansivos radica en que los cambios de volumen en estos últimos llegan a alcanzar niveles que generan daños a las obras construidos sobre ellos. De acuerdo a la estimación realizada por Jones y Holtz (1973), los daños reportados en casas habitación, pisos, banquetas, áreas de almacenamiento, carreteras y calles, entre otras obras y atribuidos a suelos expansivos, ascienden a más de dos mil millones de dólares anuales, costos que exceden a los causado por inundaciones,

¹ Profesor Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Veracruzana, Región Poza Rica-Tuxpan - Prolongación de la Avenida Venustiano Carranza sin número, Colonia Revolución; Código Postal 93390, Poza Rica, Veracruz, México. avgonzalez@uv.mx

sismos y tornados. Existen suelos expansivos en diferentes partes del mundo incluyendo México (Zepeda y Pérez, 1995). Se estima que aproximadamente un 12% del territorio nacional está constituido por depósitos arcillosos potencialmente expansivos, no obstante puede esperarse que en muchas otras ciudades y lugares cercanos también presenten serios problemas; algunas de estas ciudades son: Torreón, Colima, Oaxaca, San Juan Del Río, Guamuchil, Tampico y Poza Rica¹.

Planta solanum erianthum D. Don

El Puluxnu es una planta común en forma de arbusto (Figura 1), llega a medir entre 3 y 8 metros ofreciendo de manera natural flores de color blanco. Es abundante por su crecimiento de manera silvestre, con una textura aterciopelada. La muestra motivo del estudio ha sido extraída dentro de las mismas instalaciones de las Facultades de Ingeniería de la Universidad Veracruzana en Poza Rica (Figura 2), en la parte oeste que colindante con el fraccionamiento AIPM. El suelo donde crece es del tipo arcilloso con una capa vegetal de 40 cm. Las muestras de las plantas se tomaron a una temperatura promedio de 35°C con una humedad relativa del 65%. La caracterización científica de la planta, fue realizada con el apoyo del Herbario del Instituto de Ecología A.C. de Xalapa, Ver. Para tal efecto se extrajo una muestra representativa de la planta que contuviera, tallo, frutos, por lo menos 3 ramificaciones con hojas, y con ello preparar un herbario de la misma. INECOL. Se identificó a la especie con el nombre científico *Solanum erianthum* D. Don, Familia Solanaceae.



Figura 1. Planta de Puluxnu (*Solanum Erianthum* D. Don)



Figura 2. Ubicación de la extracción del espécimen de Puluxnu.

El *solanum erianthum* también conocido por la comunidad totonaca como puluxnu, es un arbusto común que crece como maleza muy común en México sobre todo en los trópicos. En Veracruz esta especie es común debajo de los 1000m de altitud especialmente en regiones con una temporada seca pronunciada. También es conocida como berenjena macho (Nee, 1993), berenjena sin espinas, friega plato, hoja de lava trastes, malabar, quitamanteca, entre otros, según la región donde la planta se encuentre. Planta leñosa, con ausencia de espinas, con flores blancas típicas de las de la familia de las Solanaceae. Es utilizada de manera ornamental, para dar sombra a las plantas de café así como para lavar trastes, uso que se le da en la región del Totonacapan. Este último por su contenido de alcaloides, p.ej. la diosgenina, y saponinas esteroidales. El proceso de fabricación del extracto de puluxnu fue elaborado bajo criterios sustentables, pues se espera sea un estabilizante de fácil empleo en el campo, donde se carece de equipos sofisticados debido a sus altos costos. El compuesto contiene: alcohol, jabón, vinagre, agua, todo esto junto con el extracto de puluxnu.

Consistencia y plasticidad

La consistencia es la capacidad de mantener las partes de un conjunto (suelo) integradas. La consistencia garantiza la estabilidad y coherencia en un suelo. Particularmente la consistencia se asocia a los suelos finos que, dependiendo del agua y su mineralogía, fluyen sin romperse. La plasticidad de un suelo se atribuye a la deformación de la capa de agua adsorbida alrededor de los minerales; desplazándose como sustancia viscosa a lo largo de la superficie mineral, controlada por la atracción iónica. La plasticidad en el caso de las arcillas del tipo CH, por su forma (figura 3) aplanada parecida a la de las lentejas y su pequeño tamaño, es alta. Puede decirse entonces de cierta manera, que la plasticidad de un suelo depende del contenido de arcilla. (Skempton: Actividad de una arcilla).

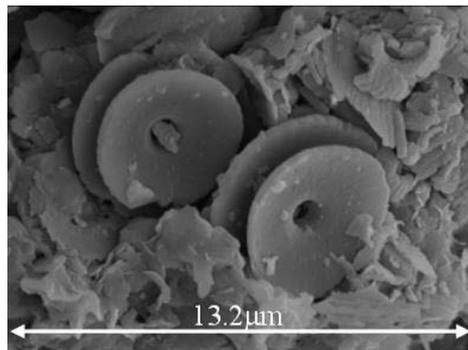


Figura 3. Microfotografía de arcilla regional a una profundidad de 6m

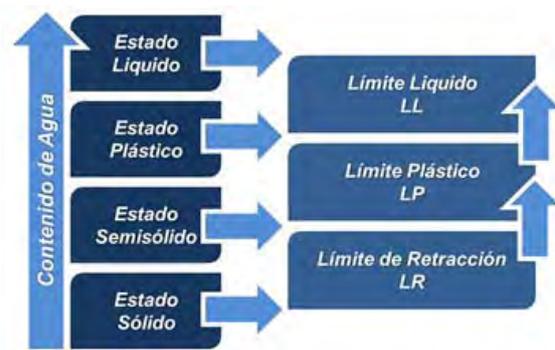


Figura 4. Estados de consistencia o límites de Atterberg

La resistencia de una arcilla debida a su cohesión, es responsable de su consistencia. Por lo tanto, el valor cualitativo de la consistencia de un suelo arcilloso será una medida estimativa de su resistencia a la cohesión. La resistencia de las arcillas del tipo CH se debe a la forma mineralógica de las partículas (Formas aplanadas y pequeños tamaños), lo que generan fuerzas interpartícula que las ligan. Lo anterior deriva en la siguiente realidad: Si un trozo de arcilla seca se pulveriza, desaparece la cohesión; se requerirá humedecer el polvo para que esta fuerza cohesiva al igual que la plasticidad reaparezcan. Esto es algo que en la fase práctica de la investigación se generó cada vez que se preparó el material, para los diferentes ensayos de límites de consistencia o de Atterberg. Dado lo anterior, el límite líquido (Figura 4) es la cantidad de agua que el suelo requiere para pasar de un estado líquido a un estado plástico. En la práctica de laboratorio, esta cantidad de agua se representa como un porcentaje requerido para cerrar una distancia de 12.7mm a lo largo del fondo de una ranuración, con una aplicación de 25 golpes. Mientras tanto, el límite plástico es la cantidad de agua que el suelo requiere para pasar de un estado plástico a un estado semi-sólido. En la práctica de laboratorio resulta en la cantidad de agua en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.3mm de diámetro, se desmorona. El límite de contracción es la cantidad de agua que el suelo requiere para pasar de un estado semisólido a un estado sólido. En laboratorio, corresponde al contenido de agua mínimo, para el cual el suelo no retrae su volumen aun cuando pierda o se evapore agua.

En la evaluación de la consistencia se consideran dos propiedades: La tixotropía y la sensibilidad. Así, la tixotropía es una propiedad por la cual un suelo húmedo que se toma para ablandarlo, manipulándolo hasta alcanzar un estado fluido viscoso, después de un tiempo de reposo, logra recuperar sus propiedades de resistencia y rigidez, siempre y cuando la humedad no se le modifique. Para nuestro caso, la mayoría de las arcillas son tixotrópicas en mayor o menor grado. La sensibilidad o susceptibilidad, es la medida de la pérdida de resistencia de una arcilla causada por el remoldeo, es decir, por modificación de su estructura natural.

METODOLOGÍA

La base del proceso experimental fue un trabajo dentro de las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Civil en Poza Rica, con el fin de caracterizar muestras de arcilla del tipo CH en estado natural y con la adición del compuesto. Previa obtención de las muestras en campo (figura 5), se inició la aplicación de ensayos que permitieron calcular las propiedades índices del suelo mediante una serie de prácticas sobre límites de consistencia (figura 6), determinando la sensibilidad del suelo ante la presencia de agua en sus estados líquido y plástico. Adicionalmente se determinaron los cambios en la sensibilidad del suelo con la adición del extracto compuesto de Puluxnu. Realizando lo anterior y adicionalmente el desarrollo de pruebas de contracción lineal en el suelo sin extracto y con extracto, se midió razonablemente su estabilidad, articulando esta actividad a una evaluación ambiental del uso de la planta como extracto. El alcance de los ensayos de consistencia varía con el tamaño e importancia de la investigación; típicamente estos trabajos incluyen la determinación del contenido de agua, densidad, plasticidad, distribución del tamaño de las partículas, índice de expansión y contracción, límite de liquidez y consistencia relativa. Las propiedades índice proporcionan una idea de los problemas que pueden presentarse en el suelo y facilita la estimación de las propiedades de un suelo en comparación con suelos de la misma clase, cuyas propiedades se definen dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).



Figura 5. Extracción de la muestra



Figura 6. Preparación del material

Ensayes y preparación de muestras

El proceso para la obtención sistemática de límite líquido en base a normaⁱⁱ, fue el siguiente:

- Se preparan 700 gr de suelo que pasa la malla 40 agregando el 50% de humedad respecto al peso (Figuras 7 y 8), habiéndolo reposado en un recipiente durante 24 hrs. De ese material se toman aproximadamente 80g colocándolo en una capsula con ayuda de la espátula observando una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave.



Figura 7. Suelo tamizado por la malla no. 40.



Figura 8. Muestra de suelo al 50% humedad

- La composición anterior se coloca en la copa de Casagrande, conformando una mezcla alisada con espesor de 1cm en la parte de máxima profundidad. Una altura mayor de 1cm disminuye el valor del límite líquido y una altura menor lo incrementa. La mezcla se divide en la parte media en dos porciones, utilizando un ranurador metálico (Figura 9).
- Realizada la ranura se acciona la copa a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesario para que a lo largo de la parte inferior del talud de la ranura hecha, se cierre 1.27 cm (Figura 10).



Figura 9. Muestra para ensaye de límite líquido.



Figura 10. Verificación del # de golpes en la copa

- Cuando se obtiene un valor consistente del número de golpes (comprendido entre 5 - 43 golpes en estado natural y de 12 y 35 con el extracto), se toman unos 10gr aproximadamente de la mezcla de suelo próxima a la ranura cerrada, y se determina el contenido de agua de inmediato. Este contenido de agua es el Límite Líquido.
- Para la determinación del límite plástico se utilizó el material del ensaye de límite líquido, a la cual se le evaporó la humedad por mezclado hasta la obtención de una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se conformó una pequeña bola que debió rodillarse en la palma de la mano o en una placa

de vidrio, aplicando la presión necesaria a efecto de formar filamentos. Cuando el diámetro del filamento resultante es de aproximadamente 3.17mm sin romperse, se junta la muestra de nuevo para volver a rodillarse. El proceso fué continuo hasta producirse el rompimiento de los filamentos al momento de alcanzar los 3.17 mm de diámetro. Después de esto se tomó el material, se pesó, se secó al horno y se vuelven a pesar secos; determinando con ello la humedad correspondiente al límite plástico.

RESULTADOS

En la fase experimental se determinó de manera principal lo siguiente:

- A. El límite líquido promedio observado para el suelo en estado natural fue del 50.11%, usando para los ensayos una humedad del 50% respecto al peso en la preparación de las probetas. Usando un 40% de humedad + el 10% del ECP en la preparación de las probetas, se obtuvo un límite líquido promedio del 49.58%. Finalmente utilizando un 45% de humedad + el 5% del ECP en la preparación de las probetas, se obtuvo un límite líquido promedio del 49.07%. No es notable un cambio considerable en la consistencia o sensibilidad del suelo ante la presencia del extracto en tales proporciones (Gráfico 1).

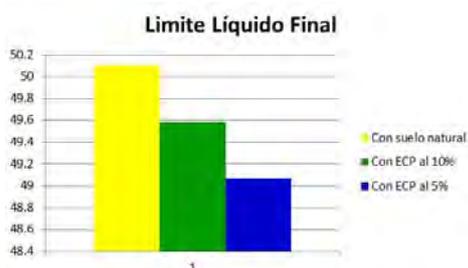


Gráfico 1. Comparativa sobre los resultados de límite líquido

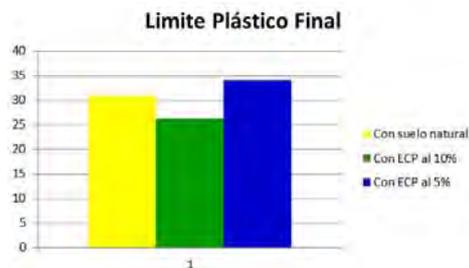


Gráfico 2. Comparativa sobre los resultados de límite plástico

- B. Bajo las consideraciones de mezclado anteriormente señaladas, el límite plástico promedio observado para el suelo en estado natural fue del 30.83%. Usando el 10% del ECP se obtuvo un límite plástico promedio del 26.19%. Finalmente con el 5% del ECP se obtuvo un límite plástico promedio del 34.09%. Se distingue un notable cambio en la sensibilidad y consistencia del suelo cuando este se mezcla con un 10% en peso del ECP (Gráfico 2).
- C. De la misma forma, el Índice plástico promedio (Gráfico 3) observado para el suelo en estado natural fue del 19.40%. Usando el 10% del ECP se obtuvo un índice plástico promedio del 23.40%. Finalmente con el 5% del ECP se obtuvo un índice plástico promedio del 14.98%. Es evidente que el índice plástico significativo corresponde al suelo con una adición del ECP del 10%.

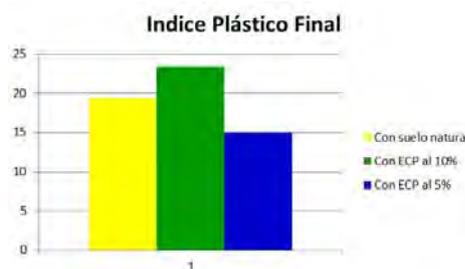


Gráfico 3. Comparativa de resultados del índice plástico.

CONCLUSIONES

- La presente investigación es un método indirecto para la determinación de la expansividad en suelo del tipo CH y la búsqueda de su estabilidad con la adición del ECP. La base del método es la evaluación de las propiedades índice para la clasificación de suelos expansivos (Holtz y Gibbs 1956), sin considerar el análisis sobre los límites de contracción.
- El promedio sobre plasticidad y resultados de pruebas saturadas bajo carga de varios suelos expansivos del paísⁱⁱⁱ están señalados en la tabla 1. Como puede observarse, para el territorio de Poza Rica y en la zona de estudio, el valor de límite líquido promedio es de 50.11% y está por debajo de la media nacional. Se observa que el límite líquido con el componente del ECP mantiene estable el valor promedio regional (50%) aún en comparación con el suelo en estado natural. El ECP no altera la sensibilidad del suelo en el límite líquido.

Condición	Límite líquido (%)	Límite plástico	Índice plástico
Promedio zonas expansivas del País	63.63	24.48	39.15
Suelo natural zona estudio (ze)	50.11	30.83	19.28
Suelo natural (ze) + ECP 5%	49.58	26.19	23.40
Suelo natural (ze) + ECP 10%	49.07	34.09	14.98

Tabla 1. Límites de plasticidad: Promedio nacional y valores en la zona de estudio

- El menor índice de plasticidad correspondiente al 14.98% con la adición del 10% de ECP, garantiza el menor cambio de volumen por efectos de expansividad en suelos CH para la zona de estudio^{iv}. Si bien los 3 valores se encuentran por debajo de la media nacional, es interesante notar la estabilización obtenida con la adición del extracto en un 10%.
- Tarea pendiente será analizar los mecanismos de expansión (mecánicos) y sus efectos, para determinar las magnitudes eficaces de expansión y contracción del material en estudio. Además detectar la presencia de agua adsorbida, la presencia de capas eléctricas y cationes intercambiables del suelo con la adición del ECP, así como posibles efectos fisicoquímicos. La importancia de poder evaluar la succión reflejará dos aspectos: La capacidad de absorción del agua y las características del cambio volumétrico.
- Finalmente y como resultado de la presente investigación, se propone aplicar un método para la identificación física de suelos expansivos de PR, evaluando en campo lo siguiente: Grietas de secado, plasticidad, espejos de fricción, textura y daños estructurales. La investigación metodológica en campo podrá quedar ligada, al proyecto de investigación sobre la evaluación de la vulnerabilidad estructural de edificios en zonas urbanas, desarrollado por el cuerpo académico estructuras UV-CA-215.

REFERENCIAS

- Al-Rawas, A.A., Taha, R., Al-Shabat, B. T., Al-Siyabi, H., 2002, A comparative evaluation of various additives used in the stabilization of expansive soils, *ASTM geotechnical testing journal*, **25**, 199-209.
- ASTM-D4546-03. - "Standard Test Methods for One – Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils.
- Chen, F. H. (1975) Foundations on Expansive Soils. Elsevier Scientific Pub. Co. Amsterdam.
- Holtz, W. G. y Gibbs, H. J. (1956) "Engineering Properties of Expansive Clays" Transactions, ASCE, Vol. 120.
- Pérez-Rea M. L. y Olmos-Romero, E. (1998) "Las cimentaciones sobre suelos expansivos en la ingeniería práctica en México". XIX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. 28-33.
- Knodel, P. C. 1988. "Dispersive Clays", parte del capítulo "Materials" del libro Advanced Dam Engineering for Design, Construction and Rehabilitation, ed. R. B. Hansen, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Juárez Badillo E y A. Rico, (1979). Mecánica de Suelos. Editorial Limusa, Segunda Edición. Mexico, D.F.
- Lambe W. y R. Whitman (1967). Soil Mechanics. J. Wiley.

ⁱ Geotecnia en suelos inestables - Comisión Nacional del Agua - Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas. Año 2000

ⁱⁱ Norma M-MMP-1-07/07 Métodos de muestreo y pruebas de materiales SCT

ⁱⁱⁱ Geotecnia en suelos inestables - Comisión Nacional del Agua - Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas. Año 2000

^{iv} Holts y Gibbs 1956: Límites de contracción e índices de plasticidad para catalogar cambios de volumen.