

Estabilización de Suelos Expansivos en Panamá con Mezclas de Residuos de Concha de Mar

Montenegro, Valery¹; Hernández, Delvis¹; Domínguez, Anmary¹; Vergara, Fidedigna²
Arrocha, Jonatha²; González-Valoys, Ana^{1,3*}

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá, Panamá

²Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Experimental de Ingeniería, Panamá, Panamá

³Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación de Panamá, Sistema Nacional de Investigación, Panamá, Panamá

Resumen: Los suelos expansivos son característicos de regiones tropicales, presentando grandes cambios volumétricos cuando su contenido de agua varía; estos cambios suelen presentar problemas estructurales en las cimentaciones provocados directamente por el comportamiento del material sobre el cual han sido construidas. Para controlar la expansión en suelos se emplean materiales cementantes, como el carbonato de calcio (CaCO_3), que es un mineral que se encuentra en muchas partes del planeta. Los exoesqueletos de animales marinos, residuos de actividades industriales como la pesca y la extracción de arena marina, que pudieran reutilizarse como una fuente rica en CaCO_3 . El objetivo de este estudio es evaluar la viabilidad para la estabilización de suelos expansivos en Panamá, a través de la compactación controlada y la adición de estabilizantes como la concha marina y el cemento, y así determinar la proporción óptima en el suelo expansivo del estudio, atendiendo al ODS 12 “Producción y consumo responsable”. Se caracterizó el suelo expansivo, la composición química del suelo y de la concha de mar, y se determinó el esfuerzo máximo a soportar a través del ensayo de la compresión no confinada del suelo expansivo con las adiciones realizadas, para determinar la mezcla y proporción óptima de estabilización. La mezcla de cemento/concha marina al 35 % obtuvo los mejores resultados, esto muestra viabilidad para el empleo de los residuos de concha marina como material cementante para la estabilización de suelos expansivos en Panamá.

Palabras clave: Conchas marinas, suelo expansivo, reutilización, estabilización, compresión no confinada del suelo

Stabilization of Expansive Soils in Panama with Seashell Residue Mixtures

Abstract: Expansive soils are characteristic of tropical regions, presenting great volumetric changes when their water content varies. These changes usually present structural problems in the foundations caused directly by the behavior of the material on which they have been built. Cementitious materials are used to control expansion in soils such as calcium carbonate (CaCO_3), that is mineral found in many parts of the planet. The exoskeletons of marine animals, waste of industrial activities such as fishing and the extraction of sea sand, that could be reused as a rich source of CaCO_3 . The objective of this study is to evaluate the feasibility for the stabilization of expansive soils in Panama, through controlled compaction and the addition of stabilizers such as seashell and cement, and thus determine the optimal proportion in the expansive land of the study, according to SDG 12 Responsible production and consumption. The expansive soil, the chemical composition of the soil and the seashell were characterized, and the maximum stress to be supported was determined through the unconfined compression test of the expansive soil with the additions made to determine the optimal mixture and proportion of stabilization. The 35 % cement/seashell mixture was obtained as the best results, this shows feasibility for the use of seashell waste as a cementing material for the stabilization of expansive soils in Panama.

Keywords: Seashells, expansive soil, reuse, stabilization, unconfined compression soil

1. INTRODUCCIÓN

Los suelos expansivos son característicos de regiones tropicales, los cuales presentan grandes cambios volumétricos

cuando su contenido de agua varía (Delgado Trujillo, 1986); dichos cambios afectan a estructuras de poco peso que se encuentran apoyadas en cimentaciones superficiales. Sus efectos sobre las obras van desde levantamiento, rotura y daño

*ana.gonzalez1@utp.ac.pa
Recibido: 05/01/2024
Aceptado: 10/05/2024
Publicado en línea: 31/08/2024

10.33333/rp.vol54n1.05
CC 4.0

de pavimentos, edificaciones y revestimientos (Merchan Infante, 2009).

Panamá presenta suelos expansivos como lulita y limonita de forma predominante en regiones como: Veraguas, Panamá Oeste, Chiriquí y Herrera; con puntos incidentes en La Chorrera, Colón, Darién y Tierras Altas, zonas en que se han presentado problemas en estructuras como carreteras y edificaciones relacionados al comportamiento expansivo de los suelos y la estabilidad para la construcción (Molina, 2020).

Considerando que Panamá es un país de clima con estaciones húmedas que pueden llegar a generar un promedio de precipitación de 300 a 350 mm al mes (INEC, n.d.), la búsqueda de alternativas para el control de este tipo de suelos representa, una mejora a largo plazo de las edificaciones.

El CaCO_3 es un agente cementante natural utilizado ampliamente en la industria civil (Arango Campo, 2020). Las conchas marinas son una de las fuentes naturales más concentradas de este mineral alrededor del mundo, con concentraciones que rondan el 99 % de CaCO_3 y 1 % en una matriz orgánica (Rivera Pérez & Hernández Saavedra, 2020). La utilización de este tipo de mezcla data de la antigua Roma, donde se creó el famoso cemento puzolánico presente en los cementos Portland, con una aleación de ceniza volcánica, carbonato molido y agua de mar (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes, 2014).

En Panamá, gran parte de la arena empleada en la construcción y mega obras, proviene de arena de mar. Las empresas en el proceso de extracción de arena generan grandes cantidades de residuos de concha de mar, que en conjunto con los residuos de la industria pesquera, podrían ser utilizados como fuente de CaCO_3 , y emplearse como aditivo estabilizante de suelos expansivos, entre otros usos ingenieriles, lo cual permitiría obtener beneficios económicos de este residuo, atendiendo al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12 “Producción y consumo responsable”, que apunta a la reutilización de los residuos industriales como materia prima para otros procesos, en búsqueda de una economía circular.

El objetivo de este estudio es evaluar la viabilidad para la estabilización de suelos expansivos en Panamá, a través de la compactación controlada y la adición de estabilizantes como la concha marina y el cemento, para determinar la proporción óptima como estabilizante en el suelo expansivo del estudio, y brindar información que sea útil para formular estrategias que permitan el uso de la concha marina pulverizada con fines comerciales (Ruiz & Farfán, 2016).

Tomando en consideración a Anggraini et al. (2023), se busca realizar una mezcla de materiales que permita proporcionar más estabilidad a las estructuras, en este caso a través del agregado de conchas pulverizadas en distintas concentraciones, ya sea directamente al suelo o como aditivo al cemento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materia prima

La muestra de suelo expansivo proviene de la región de Panamá, Darién, específicamente del área de Metetí. La muestra de residuos de concha marina proviene del proceso extractivo de arena de mar en Chame (ver Figura 1), mientras que el cemento empleado en los ensayos fue un cemento gris de uso general tipo (GU).



Figura 1. Residuos de concha de mar de Chame, Panamá

La selección del área para la extracción del suelo expansivo se basó en un muestreo deliberado, es decir, considerando los conocimientos de los pobladores sobre el comportamiento del suelo *in-situ*, en conjunto con la evaluación de las propiedades visuales perceptibles al momento, como rajaduras del suelo y de estructuras.

2.2 Pretratamiento de muestras

2.2.1 Suelos Expansivos

Se tomó una porción de suelo expansivo de aproximadamente 2.5 kg, este fue secado a temperatura ambiente y cuarteado, luego se disgregó la muestra con un mazo de goma. Una porción fue pasada por el tamiz N°10 (ver Figura 2), para trabajar con la fracción < 2 mm para el análisis del hidrómetro según la norma ASTM D7928-21e1 (2021). Otra porción fue pasada por el tamiz N. °4 para obtener la fracción < 4.76 mm para las pruebas de Proctor según la norma ASTM D698-12R21 (2021), y la resistencia no confinada a la compresión siguiendo la norma ASTM D2166/D2166M-16 (2016).



Figura 2. Tamizado de la fracción gruesa del suelo con el Tamiz N°10

2.2.2 Conchas Marinas

Para efectos de esta investigación, se utilizó el residuo de conchas marinas, sin lavar, secadas a 110°C por 24 h en el horno (Boxun BGZ). La pulverización se realizó a través del

ensayo de desgaste de los ángeles según la norma ASTM C535-16 (2016), la cual está destinada a agregados de gran tamaño. El material resultante del desgaste de los ángeles fue pasado por el tamiz N°12 para obtener la fracción < 1,7 mm para los ensayos de adición (Ver Figura 3).



Figura 3. Concha de mar pulverizada sin lavar

2.3 Análisis de laboratorio

2.3.1 Ensayo por hidrómetro

Se tomó 50 g de suelo natural y se humedeció con agua para posteriormente llevarlo a agitar en una batidora por un período de 1 minuto.

Según la norma ASTM C136/C136M-19 (2020), la mezcla suelo-agua se colocó en una probeta de 1000 mL, enrasándola con agua, y se realizaron lecturas intermitentes del hidrómetro y la temperatura del líquido, en un rango de 1 min a 24 horas.

2.3.2 Límites de Attenberg

2.3.2.1 Límite Líquido

Se realizaron tres mediciones distintas a través del método de Casagrande con medidas de masa del suelo húmeda (m_h) y masa del suelo seca (m_d), para determinar el porcentaje de humedad (% w). Para el mismo, se tomaron rangos de 30-35, 20-25 y 10-15, golpes en la copa Casagrande.

2.3.2.2 Límite Plástico

Se utilizaron 1000 g de suelo natural humedecido hasta un estado maleable y se compactó en forma de cilindros, los cuales se alargaron hasta su punto de ruptura, posteriormente se tomaron las medidas de masa húmeda y seca.

2.3.3 Pruebas de Expansión

Se tomó 300 g del suelo natural pasado por el Tamiz N°10, se colocó la muestra en un anillo de compresión (ver Figura 4) y se sometió a la presión del agua través de un cilindro de contención conocido como aparato Lambe, según la norma UNE 103600:1996 (2020) el ensayo de expansión se realizó con la humedad de la muestra en el límite plástico.

2.3.4 Análisis químico



Figura 4. Prueba de expansión del suelo de Metetí, Darién

Para cuantificar la presencia de compuestos químicos en todas las materias primas, se empleó la técnica de fluorescencia por rayos X (FRX), la cual arrojó los principales componentes en las distintas muestras en forma de porcentaje.

2.4 Métodos

2.4.1 Cálculo de resistencia a la compresión no confinada

En este ensayo, se tomaron medidas comparativas de la resistencia en kg/cm^2 de núcleos de ensayo de suelo natural, suelo natural con concha pulverizada, y suelo natural con cemento y concha pulverizada, en distintas proporciones.

El propósito de las mediciones radicó en determinar el esfuerzo máximo a soportar, lo que se logró a través del ensayo de la compresión no confinada (ver Figura 5), el cual cuantifica la capacidad resistente del suelo. Los exámenes de la resistencia no confinada del suelo en compresión se llevan a cabo a través de muestras cilíndricas, con una altura de 90 mm a 110 mm.

Las muestras con la dosificación de polvo de conchas marinas se prepararon mezclando completamente la cantidad deseada con el suelo expansivo, hasta obtener la humedad uniforme. La humedad y densidad óptimas se calcularon previamente, para la respectiva adición del agua.

Basado en la norma ASTM D2166/D2166M-16 (2016), se utilizó 1400 g de suelo natural humedecido con 240 ml de agua para las muestras de núcleo, las mediciones fueron tomadas en un rango de 13 lecturas, con valores de carga última en libras.

Al suelo expansivo se le realizaron adiciones del 10 % al 40 %, con incrementos del 5 %, de polvo de concha marina, otras con concha marina y cemento (en partes iguales), y cemento.



Figura 5. Prueba de compresión no confinada

3. RESULTADOS

3.1 Clasificación del suelo

Basados en las pruebas de laboratorio realizadas en el suelo, a través de los métodos de ensayo de granulometría por tamizaje e hidrómetro, se obtuvo un suelo con alto porcentaje de finos, siendo mayoritarios la arcilla con 54,8 % y el limo con 41,7 % (ver Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades físicas de la muestra de suelo expansivo

Propiedad	Valor
Gravedad específica	2,28
Distribución del tamaño de partícula (%)	
Grava	0,2
Arena	3,3
Limo	41,7
Arcilla	54,8
Límite Líquido	82
Límite Plástico	33
Índice Plástico	49
Humedad óptima (%)	29
Densidad máxima seca (kN/m ³)	12,48
Expansión en el aparato Lambe	10

De acuerdo con los resultados del ensayo de Límites de Atterberg, se pudo definir la muestra como una arcilla de alta plasticidad (CH), de color marrón oscuro (7.5 YR 3/3) según Munsell.

Además, se confirmó mediante la prueba de expansión el comportamiento expansivo de la arcilla con un valor muy crítico de 10, que se esperaba obtener para este suelo, de manera que se pudiesen realizar adiciones para mejorar la resistencia a la compresión no confinada

3.2 Composición química

En la Tabla 2, se observan los resultados de la composición química del suelo, la concha lavada y sin lavar, lo cual determina que la concha lavada presenta un mayor porcentaje de CaO (52,31 %) que la concha sin lavar (29,06 %), esto debido al alto contenido de impurezas proveniente de la arena extraída y que se refleja en el contenido de SiO₂ de (28,82 %); el suelo mostró valores altos de compuestos químicos representativos en suelos arcillosos como son Al₂O₃ (18,74 %), SiO₂ (45,11 %) y Fe₂O₃ (9,65 %).

Tabla 2. Composición química del suelo, concha marina lavada y concha marina sin lavar

Compuesto	Suelo (%)	Concha lavada (%)	Concha sin lavar (%)
SiO ₂	45,11	1,00	28,82
Al ₂ O ₃	18,74	0,04	7,70
Fe ₂ O ₃	9,65	0,54	3,32
CaO	0,70	52,31	29,06
MgO	1,09	0,30	0,83
SO ₃	0,02	0,30	0,54
Na ₂ O	0,14	< 0,01	1,45
K ₂ O	0,08	< 0,01	0,33
TiO ₂	0,94	0,03	0,34
P ₂ O ₅	0,05	0,04	0,07
Mn ₃ O ₄	< 0,01	0,01	0,02
Cr ₂ O ₃	0,03	< 0,01	< 0,01

3.3 Compresión no confinada de la muestra

Al aplicar las pruebas de compresión no confinada se obtuvo que los valores máximos para el criterio de capacidad de carga de las diferentes mezclas se dieron en las siguientes proporciones: suelo + cemento (10 %); suelo + cemento y concha sin lavar (35 %); suelo + concha sin lavar (35 %), nombradas respectivamente como S+10C, S+35CS y S+35S (Ver Tabla 3).

Se observó que la mezcla de S+35CS presenta una mayor capacidad de carga en comparación a las otras mezclas, siendo de 15,43 kg/cm² el máximo valor obtenido entre todos los ensayos realizados.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de compresión no confinada

Ensayo	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Peso unitario seco (kN/m ³)	Contenido de humedad (%)	Mejora con respecto al suelo natural (%)
Suelo	3,42	12,04	28,3	-
S+10C	4,37	13,25	24,3	27,8
S+35CS	15,43	16,75	20,1	351,2
S+35S	3,89	13,36	25,1	13,7

4. DISCUSIÓN

Para mejorar la capacidad de cementación en las mezclas se infiere que el uso de la concha pulverizada lavada sería lo óptimo, ya que en los análisis químicos realizados, presentó un

mayor porcentaje de CaO en comparación a la muestra de concha sin lavar.

Al adicionar un 35 % de concha pulverizada sin lavar a la muestra de suelo expansivo, se logró mejorar la capacidad de carga intrínseca del mismo en un 13,7 %; mientras que se dieron mejoras de hasta un 27,8 % en la mezcla de suelo al agregarle cemento al 10 %.

Además, tomando en cuenta los resultados presentados en la Figura 6 de esfuerzo deformación, se puede inferir que la mezcla de S + 35CS tuvo el comportamiento óptimo entre todas las mezclas analizadas, 4,5 veces más el esfuerzo máximo del suelo expansivo seco. Esto se debe principalmente a la elevada presencia de CaO en la muestra, como resultado de la combinación de la concha pulverizada y el cemento.

pesquera. El reemplazo del uso de materiales como las calizas permite caminar a una nueva era de construcción sostenible sin la explotación de recursos limitados a través de un ciclo económico verde (Chilakala et al., 2019).

Considerando que los suelos expansivos predominan en Panamá, el uso de la concha marina pulverizada es una alternativa mucho más factible como estabilizador de expansión contrapuesto, al remplazo del suelo en su totalidad por suelos no expansivos, ya que no sólo disminuirá costos de transporte y mano de obra porque es un recurso de fácil acceso, sino que permitirá aumentar la resistencia a la compresión y la durabilidad del material.

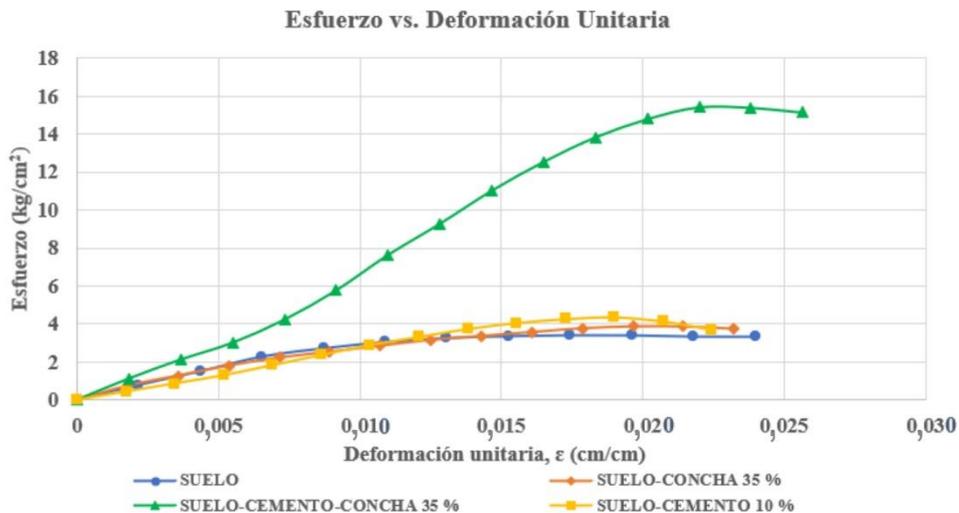


Figura 6. Gráfico de Esfuerzo vs. Deformación

Con base en los resultados de compresión no confinada, se puede inferir que la mejora con respecto al aumento de la capacidad de carga en los cilindros ensayados aumenta proporcionalmente con el porcentaje adicionado de concha marina pulverizada, lo que indica una posible neutralización de la expansión propia de este tipo de suelos.

Cabe destacar que el aumento de proporción de concha pulverizada posee un límite de efectividad en la mezcla y variará dependiendo de no solo las propiedades del suelo ensayado, sino de la composición química en lo que respecta al porcentaje de carbonato de calcio.

Es posible que la efectividad del concreto esté ligada a la presencia de aditivos externos, sin embargo, las propiedades intrínsecas del CaCO_3 propias de la concha como agente cementante contribuyen a la durabilidad de este y a la disminución del contenido de vacíos.

5. CONCLUSIÓN

Las conchas marinas son un recurso natural renovable que pasa desapercibido, el uso de éste como materia prima de carbonato de calcio en los suelos y cementos permite tener un nuevo enfoque en el uso de residuos de la industria arenera y

Conforme en los resultados de compresión no confinada, se puede observar que la mezcla del 35 % de cemento junto con concha pulverizada sin lavar (en partes iguales) tuvo una capacidad de carga mucho mayor de 15,43 kg/cm² a comparación de la capacidad de soporte del suelo expansivo con cemento que fue de 4,37 kg/cm². Lo que supone una mejora a la capacidad máxima del suelo expansivo natural.

El agregado fino natural puede ser sustituido por conchas marinas trituradas hasta en un 35 % en peso para producir concreto ordinario estándar con la resistencia adecuada y densidad. Esto demuestra la viabilidad del estudio y su potencial de aplicación en el día a día de la industria estructural (Anggraini et al., 2023; Chilakala et al., 2019; Ruíz & Farfán, 2016; Vinod et al., 2020).

Para el entendimiento del comportamiento a futuro de esta mezcla, se recomienda la evaluación de todas las propiedades de este agregado como componente estabilizante en los suelos expansivos, el estudio de la cohesión, densidad conjunta y ensayos de capacidad de carga a escala. Además, se recomienda utilizar la concha lavada para aumentar el porcentaje de óxido de calcio, y con un secado a mayor temperatura, para aumentar la capacidad de cementación, y por lo tanto la capacidad de carga máxima.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Argos Panamá S.A por su colaboración con la realización de los ensayos químicos de las muestras de suelo y concha de mar; a la empresa Arenera Balboa por el suministro de residuos de concha de mar; al Laboratorio de Geotecnia del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), por su colaboración con los ensayos de geotecnia y al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá por su respaldo a la investigación.

REFERENCIAS

- Anggraini, V., Dassanayake, S., Emmanuel, E., Yong, L., Kamaruddin, F., & Syamsir, A. (2023). Response Surface Methodology: The Improvement of Tropical Residual Soil Mechanical Properties Utilizing Calcined Seashell Powder and Treated Coir Fibre. *Sustainability*, 15(4), 3588. <https://doi.org/10.3390/su15043588>
- Arango Campo, S. E. (2020). *Mezcla puzolánica y composición cementante*. <https://patentimages.storage.googleapis.com/d3/2c/6a/6e35abe309f83f/WO2020208552A1.pdf>
- American Society for Testing and Materials. (2016). *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*. (ASTM Standar No. C535-16).
- American Society for Testing and Materials. (2016). *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*. (ASTM Standar No. D2166/D2166M-16).
- American Society for Testing and Materials. (2020). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. (ASTM Standar No. C136/C136M-19).
- American Society for Testing and Materials. (2021). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))*. (ASTM Standar No. D698-12R21).
- American Society for Testing and Materials. (2021). *Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis*. (ASTM Standar No. D7928-21e1).
- Chilakala, R., Thannaree, C., Shin, E. J., Thenepalli, T., & Ahn, J. (2019). Sustainable Solutions for Oyster Shell Waste Recycling in Thailand and the Philippines. *Recycling*, 4(3), 35. <https://doi.org/10.3390/recycling4030035>
- Delgado Trujillo, A. (1986). *Influencia de la trayectoria de las tensiones en el comportamiento de las arcillas expansivas y de los suelos colapsables en el laboratorio y en el terreno*. <https://idus.us.es/handle/11441/24350>
- INEC. (n.d.). *Precipitación pluvial registrada en las estaciones meteorológicas de la República, según provincia, comarca indígena y estación: años 2066-15*. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P8211121-01.pdf>
- Merchan Infante, S. D. (2009). *Comportamiento de suelos expansivos en cimentaciones superficiales*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/11460>
- Molina, U. C. (22 de Noviembre de 2020). *MiAmbiente reconoce las causas que provocaron el desastre en Tierras Altas y preparan plan de prevención*. TVN Panamá. https://www.tvn-2.com/contenido-exclusivo/ministerio-ambiente-causas-desastre-tierras-altas-chiriqui-plan-prevencion_1_1052812.html
- Rivera Pérez, C., & Hernández Saavedra, N. Y. (2020). ¿Cómo se forma la concha de los moluscos? *Recursos Naturales y Sociedad*, 6(1), 43-54. https://www.cibnor.gob.mx/revistas/pdfs/vol6num1/4_COMO_FORMA.pdf
- Ruíz, G., & Farfán, P. (2016). *Use of crushed seashell by-products for sandy subgrade stabilization for pavement purpose*. 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering Innovations for Global Sustainability". <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.053>
- Sanjuán Barbudo, M. Á., & Chinchón Yepes, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/45347>
- Asociación Española de Normalización. (2020). *Determinación de la expansividad de un suelo en el aparato Lambe*. (UNE Estándar No. 103600:1996).
- Vinod, B. R., Shobha, R., Raghavendra, A. B., Rakesh, M., & Pallavi, S. (2020). Stabilization on Expansive soil using sea shell powder and Rubber powder. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 814. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/814/1/012028/meta>

BIOGRAFÍAS



Valery, Montenegro, Estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá. Interesada en el área de la investigación científica en distintas ramas de la ingeniería geológica como la hidrología, resistencia de los materiales y Geoquímica. Con experiencia en el proyecto de investigación de los pozos termales de Panamá. Experiencia en redacción de artículos científicos con contribuciones en el área de prospección geoquímica y geotécnica. Tiene una publicación científica en el área de Geoquímica en la revista I+D Tecnológico de la Universidad Tecnológica de Panamá.



Delvis, Hernández, Estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá. Fue olímpico y finalista representante de la República de Panamá en las II Olimpiadas Centroamericanas y del Caribe de Biología, 2018. Trabajó en la División de Dragado del Canal de Panamá,

2019. Es investigador del Centro de Investigaciones Arqueológicas del Istmo Fundación El Caño, Panamá. Además, ha contribuido en una publicación científica en el área de geoquímica en la revista I+D Tecnológico de la Universidad Tecnológica de Panamá. Áreas de interés: geología, petrología, mineralogía y minería.



Anmary Domínguez, Estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad Tecnológica de Panamá. Tiene un proyecto de investigación financiado por la SENACYT, titulado Estudio Hidrogeoquímico de la calidad de las aguas subterráneas para el consumo humano en San Juan de Dios, Pajonal y Caballero de Coclé (Panamá). Es miembro del Grupo de Investigación Proyecto Geoparque Puente de las Américas. Participa del programa de Mentoría JULIA de la SENACYT. Tiene una publicación científica en la revista I+D Tecnológico de la Universidad Tecnológica de Panamá. Áreas de interés: Geoquímica, aguas subterráneas, Paleontología, Geología y Topografía.



Fidedigna, Vergara, es Licenciada en Tecnología con Especialización en Geología, e Investigadora del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Ha participado en múltiples proyectos de investigación del área de Química Ambiental, Geofísica,

y Ciencias de los Materiales. Ha contribuido en la elaboración de publicaciones científicas en revistas de la UTP, y revistas indexadas en SCOPUS. Actualmente se desempeña como Subjefa del Laboratorio de Análisis Industriales y Ciencias Ambientales (LABAICA) de la UTP. Tiene amplia experiencia en el área física y química de agregados, cementos y suelos.



Jonatha, Arrocha, es Licenciado en Edificaciones. Técnico del Laboratorio de Geotecnia (LABGEO) del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Tiene experiencia en perforaciones de pozos para investigación geotécnica, ensayos de campo y laboratorio

de mecánica de suelos y mecánica de rocas. Ha contribuido en la elaboración de publicaciones científicas en revistas indexadas en SCOPUS. Es Investigador de Proyectos de Investigación financiados por la SENACYT, y asesor de proyectos de Geotecnia a estudiantes de la UTP.



Ana González Valoys, Doctora en Química Agrícola. Docente e Investigador en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá. Es Investigador Principal de Proyectos financiados por la SENACYT, colabora en Proyectos Internacionales. Investigador del Sistema Nacional de

Investigación (SNI) de Panamá. Investigador Asociado del Centro de Estudios Multidisciplinarios en Ciencias, Ingeniería y Tecnología (CEMCIT-AIP). Miembro del Grupo de Investigación Proyecto Geoparque Puente de las Américas. Autor de publicaciones científicas en SCOPUS. Contribuye a la formación de nuevos investigadores guiando a sus estudiantes y a colaboradores. Líneas de Investigación: Geoquímica Aplicada, Hidrogeoquímica, Química Ambiental, Geotecnia.

