

Caracterización de los suelos del estado de Colima para la construcción con tierra mediante pruebas de campo

Dominga Zuleica Chávez Pérez, José Ricardo Moreno Peña, Magda Nohemy Castellanos Ochoa, José Fidel Navarro Arellano, Luis Aaron García Solorsano, Santiago Arceo Diaz

Tecnológico Nacional de México Campus Colima; Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana – División de Estudios de Posgrado e Investigación – México; Av. Tecnológico 1 A.P. 10 y 128, C.P. 28976 Villa de Álvarez, Colima.

Resumen

El suelo es uno de los recursos no renovables más importantes que existen, Sin embargo, es un producto que se puede reutilizar en la construcción con tierra, siempre y cuando no se mezcla con otros agregados. Los suelos son productos de la erosión de las rocas y compuesto de agua, gases y materia orgánica, se compone de partículas de diferentes tamaños; las más grandes las gravas y arenas, las más pequeñas los limos y las arcillas. Debido a sus características, es un material adecuado para la construcción de viviendas, sin embargo, no todos los tipos de suelos son viables para la construcción, es por eso por lo que se deben realizar diversas pruebas de campo, sencillas y rápidas para determinar sus características. Enfocado en el estado de Colima el cual se divide en dos zonas; la Sierra Madre Sur y El Eje Neovolcánico, de las cuales se seleccionaron nueve muestras en total para realizar las pruebas; tacto-visual. la cinta, exudación, la botella, el cordón, la caída de la bola. Determinado así que el suelo colimense, es viable para la construcción con tierra.

Abstract

Soil is one of the most important non-renewable resources that exist, products of rock erosion and composed of water, gases, and organic matter, it is composed of particles of different sizes; the largest are gravels and sands, the smallest are silts and clays. Due to its characteristics, it is a suitable material for housing construction, however, not all types of soils are viable for construction, that is why various field tests must be carried out, simple and fast to determine its characteristics. Focused on the state of Colima which is divided into two zones; the Sierra Madre Sur and the Neovolcanic Axis, from which nine samples were selected in total to carry out the tests; touch visual. the tape, exudation, the bottle, the cord, the fall of the ball. Determined so that the soil colimense, is viable for construction with earth.

Palabras clave: Test, grava, arena, limos, arcillas, suelo.

Keywords: Test, gravel, sand, silt, clays, soil.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Palomeque (2004), el suelo es producto de la erosión de las rocas en la corteza terrestre, contiene agua y nutrientes utilizados por los seres vivos, se han formado a través de los años y debido a múltiples procesos climáticos y topográficos. Siendo la capa superficial de la tierra, se reconoce como uno de los recursos naturales no renovables fundamentales para la vida del planeta, ya que su formación es un proceso lento mediante el movimiento de los glaciares, el agua, los vientos y la interacción de los seres vivos, mientras que su degradación y deterioro son más rápidos. Ortiz (2015) menciona que se compone principalmente de minerales, materia orgánica, gases y agua, con características físicas, químicas y fisicoquímicas.

Es por ello por lo que la formación de los suelos según menciona Palomeque (2004) depende de una serie de procesos, los cuales determinan la textura de cada uno, entre ellos encontramos cinco principales que a continuación se describen:

- ✓ El material madre: es el material mineral proveniente del estado sólido del magma proveniente del centro de la tierra
- ✓ El clima, es el que se encarga de la meteorización, lavado y transporte del material en el suelo.
- ✓ Los factores bióticos, todos los seres vivos son los encargados de modificar los componentes del material.
- ✓ La topografía, es la composición del relieve afectando la cantidad de agua que entra al suelo, ya que no es lo mismo un suelo llano y uno en pendiente.
- ✓ El tiempo, durante el cual trascurren los procesos de edafogénesis son lentos ya que se cree que se requieren de 2.000 a 20.000 años, de acuerdo con la acidez, la lixiviación y los factores de la geodinámica externa de la Tierra

En el suelo podemos encontrar diversas texturas que hacen referencia a los componentes granulométricos en diferentes tamaños; la grava, arena, limos y arcillas.

De acuerdo con Martins, Borges, Rotondaro, Cevallos & Hoffman (2009) y López (2006), los elementos que componen al suelo se clasifican por tamaños, y cuentan con características muy particulares; la grava y las piedras, son elementos minerales de consistencia sólida; la grava se clasifica entre los 0.2 mm hasta los 7.00 cm de diámetro, mayor a esto se le considera como piedras.

Arena, son partículas entre los 2.00 mm y 0.02 mm de diámetro, derivadas principalmente de granos de cuarzo, es el componente con el porcentaje más alto encontrado en la composición de los suelos, una de las principales características de estos elementos, es que sus partículas no se unen entre sí, por lo cual no tiene la capacidad de agregación.

Limo, son partículas muy finas entre los 0.02 mm hasta los 0.0020 mm de diámetro, al igual que la arena, carece de la capacidad de agregación. Según López (2005) la arcilla proviene de las alteraciones químicas de la materia orgánica, lo cual quiere decir que, a diferencia de la arena y los limos, esta no proviene de las rocas, las arcillas cuentan con la propiedad de agregación, y no se comportan como partículas individuales, además de poseer propiedades físicas y químicas singulares. En la figura 1, se observa la curva de la distribución granulométrica de las partículas que componen un determinado tipo de suelo utilizando ensayos específicos de laboratorio; para las gravas y arenas que se clasifican como partículas grandes, utilizando el proceso de tamizado, mientras que las partículas pequeñas, como los limos y arcillas se utiliza la sedimentación.

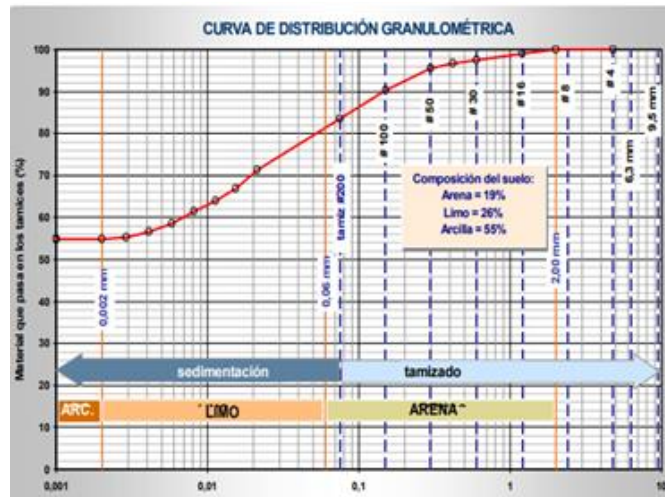


Figura 1. Curva de la distribución granulométrica.

Fuente: Martins, Borges, Neves, Faria, Rotondaro, Cevallos & Hoffmann, 2009.

Las propiedades de los suelos y su intervención en la construcción.

A lo largo de la historia diversas civilizaciones encontraron una solución constructiva, utilizando a la tierra como el principal material para la edificación de su hábitat, aun sin conocer las propiedades físicas de los suelos, convirtiéndolo en un material versátil empleado en diversos sistemas constructivos, según Minke (1994), los sistemas constructivos como; adobe, bahareque, tapia, favorecen a la regulación de humedad en el ambiente, almacenan el calor, generando así un ahorro energético, disminuyendo la contaminación ambiental, además la tierra es un material reutilizable, económico, es apropiada para la auto construcción, preserva la madera y otros materiales orgánicos.

Sin embargo, la gran variedad de materiales y sistemas constructivos han traído consigo una infinidad de posibilidades para la edificación, la mayoría, altamente contaminantes, a diferencia de los materiales tradicionales como; la tierra, el bambú, madera.

2. METODOLOGÍA.

El presente artículo busca identificar los componentes del suelo en las dos zonas de relieve del estado de Colima, mediante pruebas de campo, determinar las propiedades y características, con el fin de conocer la viabilidad para realizar construcciones económicas y seguras con tierra. En la figura 2, se presenta la metodología utilizada para realizar las pruebas de los diferentes tipos de suelos, es importante mencionar que el documento utilizado como guía para ejecutar cada test es titulado “Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra”, de la red Iberoamericana Proterra.

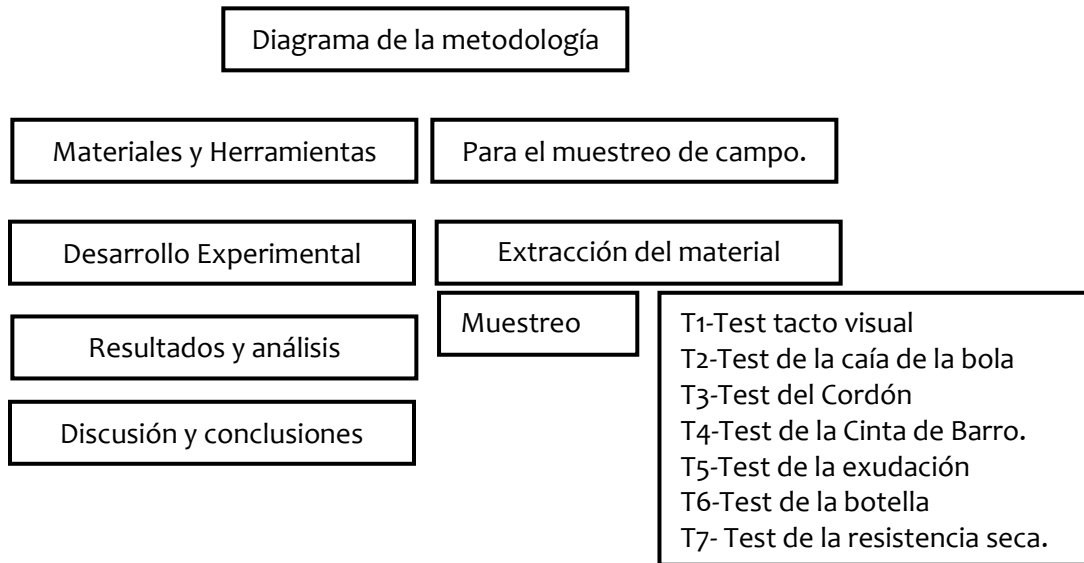


Figura 2. Diagrama de la metodología.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

Materiales y herramientas

Materiales:

- ✓ Nueve muestras de suelo extraídas en el Estado de Colima.
- ✓ Agua.

Herramientas:

Para llevar a cabo las pruebas de campo es necesario contar con las siguientes herramientas:

- ✓ Pico
- ✓ Pala
- ✓ Cubeta de 19 L
- ✓ Malla de 4 x 4 milímetros
- ✓ Coladores de cocina
- ✓ Bascula
- ✓ Botellas de vidrio transparentes
- ✓ Contenedores para el agua

Desarrollo experimental

Extracción del material

La selección y extracción del material se realizó de acuerdo con la clasificación de los relieves existentes en Colima, como se observa en la figura 3, el estado se divide en dos regiones; la Sierra Madre Sur, que abarca los municipios de; Minatitlán, Coquimatlán, Armería, Tecomán, Ixtlahuacán, Armería, Manzanillo, parte de Villa de Álvarez, Comala y Colima, y la región de El Eje Neovolcánico corresponde a los municipios de Comala, parte de Villa de Álvarez, Colima y Cuauhtémoc.

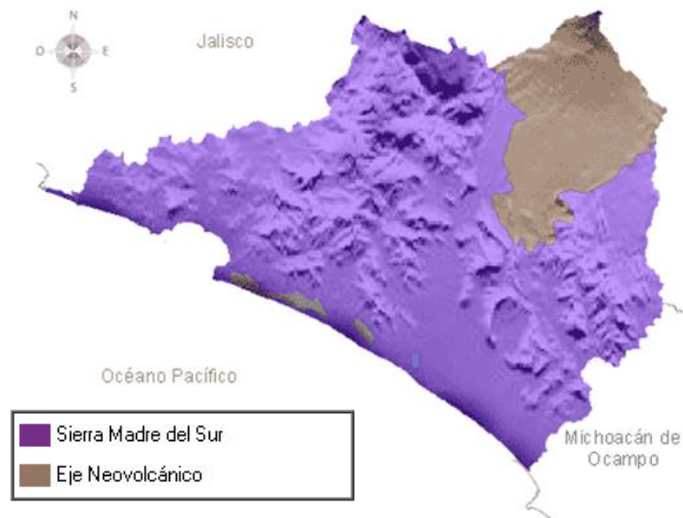


Figura 3. Clasificación del relieve del estado de Colima.
Fuente: INEGI,2022.

De acuerdo con la región se realizó la selección de las muestras correspondientes, para la Sierra Madre Sur se seleccionaron cinco muestras correspondientes a los siguientes municipios; Manzanillo, Armería, Villa de Álvarez y Comala, mientras que para el eje Neovolcánico se optaron por cuatro muestras de los municipios de; Comala, Cuauhtémoc y Villa de Álvarez, en la tabla 1, se presentan en número y la clave correspondiente a cada muestra.

Tabla 1: Selección de los suelos, por región, lugar, número de muestras y la clave.

Selección de Suelos			
Región	Lugar	Muestra	Clave
Sierra Madre Sur	Manzanillo	1	MZA
	Armería	1	ARM
	Villa de Álvarez	1	VA
	Comala	2	CC1, CC2
Eje Neovolcánico	Comala	2	FZ, FC
	Cuauhtémoc	1	CUH
	Villa de Álvarez	1	VA2

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Muestreo

T1.-Test Táctil Visual

De acuerdo con la información de Martins, et ál. (2009), se puede caracterizar el tipo de material por su color, brillo, textura y aroma. Color; si este es oscuro como negro, café o verde oliva, indica que el contenido de material orgánico es mayor, mientras que el material de color claro se caracteriza por ser un suelo inorgánico. Brillo; Si se percibe un brillo intenso indica abundante contenido de arcilla, si presenta poco brillo, indica mayor contenido de limo y cuando se presenta un material opaco, el material tiene mayor contenido de arena, Tacto; mediante el tacto y algunas herramientas, podemos identificar las partículas más grandes, (grava y arenas) con el simple hecho de tocar el material, mientras que los limos y acerillas requieren ser pasados por el proceso de tamizaje. Aroma; el olor del material puede ser un indicativo del contenido de material orgánico, cuando este es mayor, se puede deducir que se tiene un contenido alto de arcilla.

Para llevar a cabo el test, se toma una muestra del material de aproximadamente 3 kg y se extiende sobre una superficie plana, como se observa en la figura 4, el primero paso es separar las partículas de mayor tamaño de manera manual, y formado grupos de acuerdo a la dimensión, el resto del material se pasa por la malla de 4 mm y después por un colador común de cocina de 2 mm (figura 5), finalmente se toman las medidas de las partículas y se clasifican por el tamaño (figura 6), los resultados se registraron en las guías de observación para determinar porcentaje correspondiente a cada partícula.

Para obtener los porcentajes, del total de la muestra de 3 kilogramos, (como un volumen total de 100%) al separar las partículas y clasificarlas por su tamaño, se determinó el porcentaje en volumen correspondiente al total, de igual manera, se comprobó el peso en kilogramos de cada unidad del material y así conocer el equivalente en peso al porcentaje total.



Figura 4: Selección y clasificación del material.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 5: Separación de las partículas pequeñas.
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 6: Clasificación del material por tamaño de las partículas.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

T2.-Test de la caída de la bola.

Este test determina la propiedad de cohesión del material, se realiza a partir de una porción de tierra seca, humedeciendo con agua para formar una bola de 3 cm de diámetro aproximadamente, se deja caer un metro de altura, finalmente se observa el resultado al momento de la caída, el cual puede generar el efecto de disgregación (separación) o cohesión (adherencia) como se puede observar en la figura 7.



Figura 7: Ejemplo del resultado del test de la caída de la bola.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

T3.- Test del cordón.

Calcula la resistencia de la tierra con una determinada cantidad de humedad, tomando una porción de tierra seca y agregando agua, se desliza sobre una superficie hasta formar un cordón de 3 mm de diámetro, como se ve en la figura 8, después de realizar la prueba, hace nuevamente una bola y se aprieta entre los dedos para observar la ruptura del material.



Figura 8: Ejemplo del resultado del test del cordón.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

T4.-Test de la cinta de barro.

Es utilizado para determinar la plasticidad de la tierra, se toma una porción del material con la humedad similar a la del test del cordón, se forma un cilindro de aproximadamente 9 cm de largo, posteriormente se aplasta para formar una cinta, como se puede observar en la figura 9.



Figura 9: Ejemplo del resultado del test de la cinta de barro
Fuente: Elaboración propia, 2022.

T5.-Test de exudación.

Evalúa la plasticidad de la tierra, se toma una porción de tierra y se humedece con bastante agua, posteriormente se coloca sobre la palma de la mano y se comienza a golpear con la otra para tratar sacar el agua a la superficie hasta que se puede observar un aspecto liso y brillante. De acuerdo con la tabla 2 se puede determinar la plasticidad del material.

Tabla 2: Tabla para identificar la plasticidad del material.

Tipo de reacción	Número de golpes	Efectos en la muestra	Clasificación y interpretación
Rápida	5 – 10	El agua aflora a la superficie de la muestra; la presión de los dedos hace el agua desaparecer inmediatamente y una presión más fuerte aplasta la torta	Poca plasticidad. Arena fina inorgánica o limo grueso inorgánico, tierra arenosa o limosa
Lenta	20 – 30	El agua aparece y desaparece lentamente; la presión de los dedos hace con que la torta se deforme como una masa de caucho	Limo ligeramente plástico o limo-arcilloso
Muy lenta	Más de 30	No hay cambio notable	Tierra de alta plasticidad. Arcilla

Fuente: Martins et al, 2009.

T6.-Test de la botella

Sirve para identificar la cantidad de limos, arenas y arcillas contenidas en una porción de material, mediante el proceso de sedimentación, como se puede ver en la figura 10. En dos tamaños y tipos de frascos, se colocó una muestra de suelo, dando un total de 6 cm de altura, lo cual representa un tercio del frasco, el resto se llenó con agua, se agito y dejo reposar durante 1 hora, se repitió el procedimiento y ahora se dejó durante 24 horas, antes de tomar los resultados.

Para sacar los porcentajes del material, se utilizó la formula establecida en el documento antes mencionado, el cual establece lo siguiente:

Arena $(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$

Limo $[(h_2-h_1)/h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$

Arcilla $[(h_3-h_2)/h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$

Donde, h₁; altura de la arena con respecto la altura total del material, h₂; altura de los limos, tomando en cuenta la altura de la arena y h₃; es la altura de la muestra, involucrando arena y limos, y esta corresponde al porcentaje del contenido de arcilla. Todas las medidas se toman con respecto a la base de la botella.

Para identificar el tipo de material, después del proceso de las 24 horas en reposo, se puede ver como el material más pesado (arena) se encuentra en el fondo de la botella, los limo a pesar de ser un material fino, su característica hace que se asiente precediendo a la arena, y finalmente la arcilla, la cual es mucho más fina y liviana.



Figura 10: Ejemplo del test de la botella.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

T7 Test de resistencia seca.

Este test sirve para identificar la resistencia del material, para ellos se toma una porción de la tierra se humedece y se forman tres pastillas de aproximadamente 3 cm de diámetro por un centímetro de espesor, se dejan reposando durante dos días al sol, finalmente a esto se intentará reponer con los dedos pulgar e índice y de acuerdo con la tabla se hace la clasificación del material.

Tabla 3: Tabla para clasificar los resultados del test de resistencia seca.

resistencia	Esfuerzo de ruptura	Comportamiento	Clasificación y interpretación
Grande	Resistente	No se pulveriza	Suelo inorgánico de alta plasticidad; arcilla
Mediana	poco resistente	Es posible reducir los pedazos a polvo	Tierra arcillo limosa, tierra arcillo arenosa o arena arcillosa. Si es arcilla orgánica, no usar
Poca	No resiste	Fácil disgregación	Falta de cohesión. Suelo arenoso, limoso inorgánico u otro con poca arcilla

Fuente: Martins et al, 2009.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

T-1 Test tacto visual

Sierra Madre Sur

La muestra CC1 presenta una mayor concentración de arenas y limos, de acuerdo con los porcentajes de los tamaños de partículas encontrados en la muestra del material, mientras que las muestras CC2, MZA, ARM y VA1 presentan un mayor promedio de limos (32.5%) y de arcillas (42.5%).

Tabla 4: Caracterización por tamaño de partículas de la Sierra Madre Sur.

Muestra	Ref.	Caracterización por tamaño de partículas				
		Gravas		Arena	Limo	Arcilla
		5.00 a 7.00 cm	3.00 a 5.00 cm			
			1.00 a 3.00 cm	0.02 a 2.00 cm	0.002 a 0.20cm	≤0.002 cm
CC1	Fig.11	5%	20%	40%	20%	5%
CC2	Fig.12		10%	15%	20%	40%
MZA	Fig.13		5%	30%	30%	35%
ARM	Fig.14		10%	15%	30%	45%
VA1	Fig.15			10%	40%	50%

Fuente: Elaboración Propia,2022.

De acuerdo con los resultados arrojados por la caracterización de color; de las cinco muestras, cuatro presentan un color oscuro, las cuales pertenecen a Campo Cuatro (CC1), Manzanillos (MZA), Armería (ARM) y Villa de Álvarez (VA1), solo una de las muestras pertenecientes a Campo Cuatro presento un color claro. Las muestras CC1, ARM y VA1 presentaron poco brillo mientras que la muestra CC2 y MZA, finalmente a realizar la prueba del tacto, se identificó que el material CC1, CC2 y MZA, es más arenoso al contrario del material de ARM y VA1 en cual es un material mucho más suave.

Tabla 5: Caracterización del material por color, brillo y textura de la Sierra Madre Sur.

Muestra	Ref.	Caracterización por color		Caracterización por brillo			Caracterización por Tacto		Caracterización por el aroma	
		Claro y brillante	Café oscuro, verde oliva o negro	Brillante	Poco Brillo	Opaca	Rasposa	Suabe	Aroma de material orgánico	Poca presencia de aroma a material orgánico
		Inorgánica	Orgánico	Arcillosa	Limosa	Arenosa	Arenosa	Limosa	Arcillosa	Poco arcillosa
CC1	Fig.11		X		X		X		X	
CC2	Fig.12	X				X	X		X	
MZA	Fig.13		X			X	X			X
ARM	Fig.14		X		X			X		X
VA1	Fig.15		X		X			X	X	

Fuente: Elaboración Propia,2022.



Figura 11: Test tacto visual, muestra CC1.
Fuente; Elaboración propia, 2022.



Figura 12: Test tacto visual, muestra CC2.
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 13: Test tacto visual, muestra MZA.
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 14: Test tacto visual, muestra ARM.
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 15: Test tacto visual, muestra VA1.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la región de la Sierra Madre Sur predominan los materiales de contenido limo-arcillosos o areno-limosas, que de acuerdo a Neves et. ál. (2009), es un material adecuado para ladrillos, adobe y tierra compactada (Tapial).

Eje Neovolcánico

En las cuatro muestras tomadas de la zona del Eje Neovolcánico se puede identificar que el contenido de limos y arcillas predominan sobre el resto de las partículas, ya que el porcentaje de limo para la muestra CUH es de 30%, mientras que el resultado para FC, FZ y VA2 es de 40%, el contenido de arcilla, para FC y CUH es de 40%, VA2 30%, siendo la muestra de FZ con alto porcentaje, 45%.

Tabla 6: Caracterización por tamaño de partículas del Eje Neovolcánico.

Caracterización por tamaño de partículas							
Muestra	Ref.	Gravas			Arena	Limo	Arcilla
		5.00 a 7.00 cm	3.00 a 5.00 cm	1.00 a 3.00 cm	0.02 a 2.00 cm	0.002 a 0.20cm	≤0.002 cm
FC	Fig.16			5%	15%	40%	40%
FZ	Fig.17			5%	10%	40%	45%
CUH	Fig.18	10%	10%	10%		30%	40%
VA2	Fig.19	10%		10%	10%	40%	30%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Las muestras FC, FZ y VA2 se caracterizan por presentar un color obscuro, lo cual indica que predomina un material orgánico, mientras que la muestra CUH es de color claro. Las muestras que presentan poco brillo, por ende, mayor cantidad de limo son FC, FZ y CHU, mientras que la muestra de VA2 es más brillante, por lo tanto, el contenido de arcilla es mayor, finalmente la textura de las muestras de FC, FZ y CUH es más suave, de lo contrario que la de VA2 la cuales más arenosa.

Tabla 7: Caracterización del material por color, brillo y textura del Eje Neovolcánico.

Muestra	Ref.	Caracterización por color		Caracterización por brillo			Caracterización por Tacto		Caracterización por el aroma	
		Claro y brillante	Café oscuro, verde oliva o negro	Brillante	Poco Brillo	Opaca	Rasposa	Suabe	Aroma de material orgánico	Poca presencia de aroma a material orgánico
		Inorgánica	Orgánico	Arcillosa	Limosa	Arenosa	Arenosa	Limosa	Arcillosa	Poco arcillosa
FC	Fig.16		X		X			X		X
FZ	Fig.17		X		X			X		X
CUH	Fig.18	X			X			X		X
VA2	Fig.19		X	X			X		X	X

Fuente: Elaboración Propia, 2022.



Figura 16. Test tacto visual, muestra FC.
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 17. Test tacto visual, muestra FZ.
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 18. Test tacto visual, muestra CUH.
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 19. Test tacto visual, muestra VA2.
Fuente: Elaboración propia, 2022.







Figura 20. Test tacto visual, muestra VA2. Fuente; Elaboración propia, 2022.

En el eje Neovolcánico se determina que predominan materiales de contenido limo-arcillosos o areno-limosas, limoso y arenoso que de acuerdo a Matins et. ál. (2009), es un material adecuado para ladrillos, adobe y tierra compactada (Tapial).

T-2 Test de la caída de la bola.

Los resultados para este test de la Sierra madre Sur, arrojan que todas las muestras contienen una mayor cantidad de arcilla, es por eso que al ser lanzados desde una altura de 1.00m las bolas humedecidas no sufren un daño significativo al caer al piso, por lo tanto, podemos determinar que la cohesión del material mediante esta prueba es significativamente alta, los resultados se pueden observar en la tabla 8., mientras que en la tabla 9 se presentan los resultados para este test del eje Neovolcánico, donde solo la muestra FZ se rompió disgregándose significativamente después de la caída.

Tabla 8: Resultados del test de la caída de la bola Sierra madre Sur.

Sierra Madre Sur			
Zona	Clasificación		Evidencia
	Se esparce disgregándose	Se esparce menos y con mayor cohesión	
	Arenosa	Arcillosa	
CC1	No presenta daño significativo después de la caída.		
CC2	No presenta daño significativo después de la caída.		
MZA	No presenta daño significativo después de la caída.		
ARM	No presenta daño significativo después de la caída.		
VA1	No presenta daño significativo después de la caída.		

Fuente: Elaboración Propia,2022.

Tabla 9: Resultados del test de la caída del Eje Neovolcánico.

Sierra Madre Sur		
Zona	Clasificación	Evidencia
	Se esparce disgregándose	Se esparce menos y con mayor cohesión
	Arenosa	Arcillosa
FC	No presenta daño significativo después de la caída.	
FZ	Se rompió después de la caída.	
CUH	No presenta daño significativo después de la caída.	
VA2	No presenta daño significativo después de la caída.	

Fuente: Elaboración Propia, 2022.








T-3 Test del cordón

De las cinco muestras que se analizaron de la zona de la Sierra Madre Sur, las correspondientes a CC1 y MZA, son mucho más frágiles, no se puede formar un cordón de 3mm, sufren una ruptura acelerada, en comparación de las muestras de CC2, ARM y VA1, las cuales son más fáciles de formar y de textura suave, sin embargo, también se rompen fácilmente.

Con respecto a los resultados de la zona del eje Neovolcánico, tres de las cuatro muestras se caracterizan por ser de material frágil y solo una es suave, al momento de realizar el cordón, sin embargo, en todos los casos, no llegan a la dimensión recomendada por el autor, ya que sufren una ruptura acelerada.

De acuerdo con Neves et al. (2009) los materiales frágiles cuentan con mayor contenido de limos o arenas, y bajo contenido de arcillas, por lo tanto, es de baja plasticidad, lo contrario a los materiales suaves, los cuales se clasifican como arcillo-limoso o arcillo-arenosa, de plasticidad media.

Tabla 10: Resultados del test del cordón de la Sierra Madre Sur y El Eje Neovolcánico.

Zona	Tipo de Cordón (Duro, Suave, Frágil, Suabe y Esponjoso)				
	Duro	Suave	Frágil	Suave y esponjoso	Evidencia
Sierra Madre Sur					
CC1	<p>Frágil: Solo se pudo hacer un pequeño codón, pero se cortó en tres antes de llegar al espesor recomendado. La bolita que se forma es frágil ya que no se puede remoldar la bola debido a esta característica.</p>				
CC2	<p>Suave: Se puede facilitar hacer el cordón y más delgado, pero de igual manera sufre fractura. Poco resistente. Fisura y desmorona fácilmente. Se puede formar la bolita fácilmente y al aplastarla se hacen diferentes partes, pero la textura es suave.</p>				
MANZ	<p>Frágil: Es complicado moldear un cordón, se rompe con facilidad. Frágil: no se puede remoldar la bola debido a su fragilidad. Se forma la bolita con facilidad, pero se aplasta y se descompone en las varias partes.</p>				
ARM	<p>Suave: Se puede hacer un cordón de mayor longitud al momento de la fisura en tres. Poco resistente. Fisura y desmorona fácilmente. Es fácil de aplastar ente los dedos, sin embargo, no existen demasiadas fisuras, se aplasta de manera uniforme.</p>				
VA1	<p>Suave: puede hacer un cordón de mayor longitud al momento de la fisura en tres. Poco resistente. Fisura y desmorona fácilmente. Se puede formar la bolita de manera fácil y al momento de aplastarla, se generan algunas fisuras.</p>				
Eje Neovolcánico					
FC	<p>Frágil: Es complicado hacer el cordón, ya que se deshace fácilmente. Frágil: no se puede remoldar la bola debido a su fragilidad. Se puede formar la bolita, y al aplastarla se deshace fácilmente.</p>				
FZ	<p>Frágil: es difícil hacer el cordón, se corta más fácil y la tierra se siente arenosa. Frágil: no se puede remoldar la bola debido a su fragilidad. Se puede formar la bolita, y al aplastarla se deshace fácilmente.</p>				

CUH Frágil: puede formar un cordón con facilidad, pero se rompe antes de llegar al espesor recomendado.
Frágil: no se puede remoldar la bola debido a su fragilidad. Se puede hacer la bolita fácilmente y se aplasta de manera uniforme.



VA2 Suave: Es difícil formar un cordón delgado y rápido sufre de fisuras.
Poco resistente. Fisura y desmorona fácilmente. Se puede formar la bolita de manera fácil y al momento de aplastarla, se generan algunas fisuras.












Fuente: Elaboración Propia, 2022.

T-4 Test de la cinta

En ambas zonas los rollos y cintas que se forman no alcanzan los 25 o 30 cm de dimensión, la mayoría se corta entre los 11 y 13 cm de, por lo tanto, se puede identificar que el material es arcillo-limoso, o arcillo-arenoso.

Tabla 11: Resultados del test de la cinta de la Sierra Madre Sur y El Eje Neovolcánico.

Zona	Test de la Cinta		Evidencia
	Larga	Corta	
	Cinta de 25 a 30 cm	Cinta 5 a 10 cm	
	Mucha arcilla	Tierra arcillo-limosa, arenosa o areno-arcillosa	
Sierra Madre Sur			
CC1		La cinta que se formo fue de 13 cm, el material se siente duro.	
CC2		La cinta que se formo fue de 12 cm, el material se siente duro	
MAZ		Se forma una cinta de 7 cm y se corta a los 2 cm, el material se siente arenoso.	







ARM	Se pudo formar un rollo y al aplastarlo solo alcanza una dimensión de 12cm	
VA1	Se pudo formar un rollo y al aplastarlo solo alcanza una dimensión de 13cm	
Eje Volcánico		
FC	Se forma una cinta de 7 y se corta muy fácilmente.	
FZ	Se forma una tira de 11 cm y se corta a los 3 cm, el material se siente arenoso al momento de formar el rollito.	
CUH	Se forma un listón de 12 cm, sin embargo, rápidamente se rompe.	
VA2	La cinta se forma de 13 cm y el material se siente duro.	



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

T-5 Test de exudación

Con respecto a la Sierra Madre Sur, la muestra de Manzanillo (MZA), presenta una baja plasticidad, ya que a los primeros diez golpes apareció la humedad en la superficie, con respecto a las muestras ARM y VA1 corresponden a un suelo limo plástico o arcilloso, con una aparición de humedad en la superficie lenta, entre los veinte y treinta golpes, finalmente las muestras CC1 y CC2, presentan una alta plasticidad. Con respecto al eje Neovolcánico, la muestra FC, presenta una rápida aparición de humedad, las muestras FZ y CUH mostraron una lenta aparición de la misma, mientras que la muestra de VA2, presentó una muy lenta aparición de humedad, como se observa en la tabla 12.

Tabla 12: Resultados del test de exudación de la Sierra Madre Sur y El Eje Neovolcánico.

Test de la Exudación				
Zona	Rápida	Lenta	Muy lenta	Evidencia
	5 - 10 golpes	20-30 golpes	Más de 30 golpes	
	Poca plasticidad	Limo plástico o arcilloso	Alta plasticidad	
Sierra Madre Sur				
CC1			No se deforma significativamente, ni sale el agua a la superficie con menos de 30 golpes.	
CC2			No se deforma significativamente, ni sale el agua a la superficie con menos de 30 golpes.	
MANZ	La deformación y la humedad aparecieron desde los 10 golpes.			
ARM		Sufre una pequeña deformación y aparece la humedad antes de los 30 golpes.		
VA1		La deformación y la aparición de humedad significativa en la superficie aparece después de los 25 golpes.		
Eje Neovolcánico				
FC	La aparición de humedad en la superficie aparece en los 10 primeros golpes.			
FZ		La aparición de humedad sucedió después de los 20 golpes.		

CUH	La aparición de humedad sucede a los 20 golpes.	
VA2	No se ve notable deformación, después de los 30 golpes	

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Por lo tanto, las muestras que presentaron una rápida aparición de humedad corresponden de aquellas que cuentan con poca plasticidad y son más ricas en arena fina, inorgánica o limo grueso inorgánico, tierra arenosa o limosa, cuando la aparición de la humedad es lenta significa que es un material con un alto contenido de limo ligeramente plástico o limo-arcilloso y cuando es muy lenta la tierra es de alta plasticidad, lo cual significa que tiene un mayor contenido de arcilla.


T-6 Test de la botella

Sierra Madre Sur

De acuerdo con los resultados obtenidos en los test tacto visual, de la botella, y lo que señala por el documento “Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo”, se clasifican los suelos de la Sierra Madre Sur de la siguiente manera:

- Campo Cuatro (CC1): Suelo limo-arenoso
- Campo Cuatro (CC2): Suelo Limo-arcilloso.
- Manzanillo (MZA): Suelo Limo-Arenoso.
- Armería (ARM): Suelo Arcillo-Limoso.
- Villa de Álvarez 1: Suelo Limo- Arcilloso.

Tabla 13: Resultados del test de la botella de la Sierra Madre Sur.

Test de la botella				
Muestra	Partículas	Formulas	Resultados	Evidencia
Sierra Madre Sur				
CC1	Arena	$(h1/h3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	45.00 %	
	Limo	$[(h2-h1) / h3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	51.67 %	
	Arcilla	$[(h3-h2) / h3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	3.33 %	
	Agua con material orgánica suspendida			
CC2	Arena	$(h1/h3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	25.00 %	
	Limo	$[(h2-h1) / h3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	41.67 %	
	Arcilla	$[(h3-h2) / h3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	33.33 %	

Agua con material orgánica suspendida



MZA	Arena	$(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	41.67 %
	Limo	$[(h_2-h_1) / h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	50.00 %
	Arcilla	$[(h_3-h_2) / h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	8.33 %

Agua con material orgánica suspendida



ARM	Arena	$(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	16.67 %
	Limo	$[(h_2-h_1) / h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	33.33 %
	Arcilla	$[(h_3-h_2) / h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	50.00 %

Agua con material orgánica suspendida



VA1	Arena	$(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	21.67 %
	Limo	$[(h_2-h_1) / h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	40.00 %
	Arcilla	$[(h_3-h_2) / h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	38.33 %

Agua con material orgánica suspendida



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Eje Neovolcánico

En el caso del eje Neovolcánico las muestras arrojan que predominan los suelos limo-arcillosos, como se muestran en los resultados de la tabla 14.





Fraccionamiento Carrizalillo (FC): Suelo limo-arcilloso.

Fraccionamiento Zona Mágica (FZ): Suelo Limo-arcilloso.

Cauhtémoc (CUH): Suelo Limo-Arcilloso.

Villa de Álvarez 2 (VA2): Suelo Limoso-Arcilloso.

Tabla 14: Resultados del test de la botella del Eje Neovolcánico.

Test de la botella				
Muestra	Partículas	Formulas	Resultados	Evidencia
Sierra Madre Sur				
FC	Arena	$(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	15.00 %	
	Limo	$[(h_2-h_1)/h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	51.67 %	
	Arcilla	$[(h_3-h_2)/h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	33.33 %	
	Agua con material orgánica suspendida			
FZ	Arena	$(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	25.00 %	
	Limo	$[(h_2-h_1)/h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	41.67 %	
	Arcilla	$[(h_3-h_2)/h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	33.33 %	
	Agua con material orgánica suspendida			
CUH	Arena	$(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	8.33 %	
	Limo	$[(h_2-h_1)/h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	41.67 %	
	Arcilla	$[(h_3-h_2)/h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	50.00 %	
	Agua con material orgánica suspendida			
VA2	Arena	$(h_1/h_3) \times 100\% = \% \text{ arena}$	6.67 %	
	Limo	$[(h_2-h_1)/h_3] \times 100\% = \% \text{ limo}$	51.67 %	
	Arcilla	$[(h_3-h_2)/h_3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$	41.67 %	
	Agua con material orgánica suspendida			






Fuente: Elaboración Propia, 2022.

T-7 Test de la resistencia seca

Sierra Madre Sur

Tres de las cinco muestras no sufrieron ruptura, un más costo trabajo para llegar al punto de romperse y solo una se rompió fácilmente, lo cual indica que los suelos son de alta plasticidad por el contenido de arcilla.

Tabla 15: Resultados del test de la resistencia seca de la Sierra Madre Sur.





Resistencia seca				
Muestra	Resistente: alta plasticidad.	Poco resistente: Tierra arcillo limosa, tierra arcillo arenosa o arena arcillosa.	No resiste: Falta de cohesión.	Evidencia
CC1	No sufrió ruptura			
CC2			Se rompe fácilmente	
MZA		Se rompe, pero cuesta trabajo		
ARM	No sufrió ruptura			
VA1	No sufrió ruptura			

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Eje Neovolcánico

Dos de las cuatro muestras se rompen fácilmente al ejercer presión, una más cuesta trabajo para llegar al punto de ruptura y solo una no sufre daño.

Tabla 16: Resultados del test de la resistencia seca del Eje Neovolcánico.

Muestra	Resistencia seca			Evidencia
	Resistente: alta plasticidad.	Poco resistente: Tierra arcillo limosa, tierra arcillo arenosa o arena arcillosa.	No resiste: Falta de cohesión.	
FC		Se rompe, pero cuesta trabajo		
FZ			Se rompe fácilmente	
CUH			Se rompe fácilmente	
VA2	No se rompe			

Fuente: Elaboración Propia,2022.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Habiendo identificado las características de los tipos de suelos de la Sierra Madre Sur y al Eje Neovolcánico, de determina que la mayoría de suelos del estado son aptos para ser utilizados como material constructivo, en los diversos sistemas existentes, a excepción de los que presentan contenido de material orgánico, para lo cual se recomienda tomar una muestra de suelo a mayor profundidad en caso de tener interés en seguir analizando estos tipos de suelo. El adobe, el bajareque y el tapial son sistemas constructivos que pueden ser aplicados, ya que se encontraron en los diferentes tipos de suelo características apropiadas para estos sistemas. En la Sierra Madre Sur. predominan los materiales arenosos; areno-limosa; areno- arcillosa y limo- arcillosa, arcillosas y arenosas, como se muestra en la tabla 17, mientras que en la tabla 18, se observan los resultados para el Eje Neovolcánico, donde el material presenta mayor cantidad de limos y arcillas.

Tabla 17: Compilación de resultados de los test y la clasificación del material para la zona de la Sierra Madre Sur.

Sierra Madre Sur									
Muestra	T1-Tacto visual	T-2 Test de la Caída de la bola	T-3 Teste del cordón	T4.-Test de la cinta de barro	T5.-Test de exudación.	T6.-Test de la botella	T-7 Test de resistencia seca	Clasificación según muestras	Técnica recomendada
CC1	Por tamaño de partículas: predomina la arena con 40% y los limos con 25%. Presenta un color café oscuro, poco brillo, rasposa al tacto y un ligero aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Frágil: Baja plasticidad.	Corto: plasticidad mediana	Muy lenta: Alta plasticidad	Arena:45.00% Limo:51.67% Arcilla:3.33%	Resistente: Alta plasticidad	Areno-limosa, Limo-Arcillosa, Limo- arenosa, Arcillosa, limo.	Ladrillos prensados, adobe y tierra compactada
CC2	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 40% y los limos con 20 %. Presenta un color claro, es un material opaco, rasposa al tacto y un ligero aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Suave: Plasticidad media	Corto: plasticidad mediana	Muy lenta: Alta plasticidad	Arena:25.00% Limo:41.67% Arcilla:3.33%	No resiste: Falta de Cohesión	Arcillo-limosa, arcillosa-arenosa, Arena fina, Arcilla.	Tierra compactada, ladrillo.
MZA	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 35%, los limos y arenas se presentan en un en una cantidad similar con 30 %. Presenta un color oscuro, es un material opaco, rasposa al tacto y un ligero aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Frágil: Baja plasticidad.	Corto: plasticidad mediana	Rápida: Poca plasticidad	Arena:41.67% Limo:50.00% Arcilla:8.33%	Resistencia media	Arcillo-lomosa, Arcilla, Limo-arenosa, arenosa.	Ladrillos prensados, adobe y tierra compactada
ARM	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 45%, los limos 30% Presenta un color oscuro, poco brillo, rasposa al tacto y presenta aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Suave: Plasticidad media	Corto: plasticidad mediana	Lenta: Ligeramente plástica	Arena:16.67% Limo:33.33% Arcilla:50.00%	Resistente: Alta plasticidad	Limo-Arenosa, arcillo-limosa, areno-arcillosa, arcillosa, limosa.	posible usar para la tierra compactada o ladrillo prensado, con aglomerante.
VA1	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 50%, los limos 40% Presenta un color oscuro, poco brillo, suave al tacto y presenta aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Suave: Plasticidad media	Corto: plasticidad mediana	Lenta: Ligeramente plástica	Arena:21.67% Limo:40.00% Arcilla:38.33%	Resistente: Alta plasticidad	Arcillo-Limosa, arcillosa, Limo arcillosa.	Posible usar para fabricación de adobe con adición de fibras y embarrado de técnicas mixtas

Fuente: Elaboración Propia,2022.

Tabla 18: Compilación de resultados de los test y la clasificación del material para la zona del Eje Neovolcánico.

Eje Neovolcánico									
Muestra	T1-Tacto visual	T-2 Test de la Caída de la bola	T-3 Teste del cordón	T4.-Test de la cinta de barro	T5.-Test de exudación.	T6.-Test de la botella	T-7 Test de resistencia seca	Clasificación según muestras	Técnica recomendada
FC	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 40%, los limos 40% Presenta un color oscuro, poco brillo, suabe al tacto y presenta aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Frágil: Baja plasticidad.	Corto: plasticidad mediana	Rápida: Poca plasticidad	Arena:15.00% Limo:51.67% Arcilla:33.33%	Resistencia media	Limo- arcillosos, areno-arcilloso, arcilloso.	Posible usar para la tierra compactada o ladrillo prensado, con aglomerante
FZ	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 45%, los limos 40% Presenta un color oscuro, poco brillo, suabe al tacto y presenta aroma a materia orgánica.	Se esparce después de la caída.	Frágil: Baja plasticidad.	Corto: plasticidad mediana	Lenta: Ligeramente plástica.	Arena:25.00% Limo:41.67% Arcilla:33.33%	No resiste: Falta de Cohesión	Arcillo-Limoso, areno-arcilloso, limo-arcilloso.	Posible usar para la tierra compactada o ladrillo prensado, con aglomerante
CUH	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 40%, los limos 30% Presenta un color claro, poco brillo, suabe al tacto y presenta poco aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Frágil: Baja plasticidad.	Corto: plasticidad mediana	Lenta: Ligeramente plástica.	Arena:8.33% Limo:41.67% Arcilla:50.00%	No resiste: Falta de Cohesión	Limo- arcillosos, areno-arcilloso, arenoso, arcilloso.	Utilización más difícil que las tierras anteriores, más posible con el uso de aglomerante.
VA2	Por tamaño de partículas: predomina la arcilla con 30%, los limos 40%. Presenta un color claro, poco brillo, rasposo al tacto y presenta poco aroma a materia orgánica.	No presenta un daño significativo, lo cual indica una mayor cohesión.	Suave: Plasticidad media	Corto: plasticidad mediana	Muy lenta: Alta plasticidad.	Arena:6.67% Limo:51.67% Arcilla:41.67%	Resistente: Alta plasticidad	Limo- arcillosos, areno-arcilloso, arcillosa.	Ladrillos prensados, adobe y tierra compactada

Fuente: Elaboración Propia,2022.

Sin embargo, es importante recordar que antes de realizar cualquier construcción con tierra, es importante realizar en primer lugar todas las pruebas de campo explicadas en este documento, ya que de esta manera se identificarán las características del suelo, lo cual ayudara a determinar para que tipo de sistema constructivo son idóneos. Posteriormente se deben continuar las pruebas en los materiales estabilizados y se deben realizar diferentes pruebas para conocer el comportamiento de estos materiales en el sistema constructivo seleccionado.

REFERENCIAS

- [1] Martins Neves, C. B. (2009). SELECCIÓN DE SUELOS Y MÉTODOS DE CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN CONTIERRA - PRÁCTICAS DE CAMPO. RED IBEROAMERICANA PROTERRA. Obtenido de <https://redproterra.org/es/>
- [2] Palomeque, Shirley. (2004). Elementos principales del suelo, geodinámica y dinámica de los principales componentes del suelo.
- [3] Ortiz, R. (2015) Síntesis de la evolución del conocimiento en Edafología. Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología (Edafología), Universidad de Murcia. Revista Eubacteria, 34,51-64.
- [4] López, A (2005) Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.
- [5] Minke, G (1994) Manual de Construcción con Tierra. Editorial Fin de Siglo.

Correo de autor: g2046010@colima.tecnm.mx