

COMPARACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO: IDENTIFICACIÓN DE SUELOS

Gabriela Vazquez Texeira

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), Universidad de la República (Udelar) – Montevideo, Uruguay,
gavazquezt@gmail.com

Palabras clave: autoconstrucción, arquitectura con tierra, selección de suelos, pruebas y ensayos

Resumen

La creciente demanda de construcción con tierra en Uruguay es impulsada en su mayoría por autoconstrucción, en general sin supervisión de profesionales. La materia prima utilizada es el suelo y tanto los cortes estratigráficos como su composición varía según de dónde se extraiga. Los ensayos de laboratorio, por su tiempo y costos elevados, se sustituyen por pruebas de campo para identificar suelos, con fiabilidad empírica; sin embargo, es necesario validar su precisión con ensayos. Se pretende difundir los resultados de la iniciación a investigación "Comparación de pruebas de campo y ensayos de laboratorio para la identificación de suelos para la construcción con tierra en Uruguay", realizada en el marco de las líneas de investigación del equipo de tierra, FADU, Udelar. Compartir su metodología, resultados y recomendaciones principales concluidas. Se seleccionaron suelos de cinco lugares diferentes para analizar. En laboratorio se realizaron ensayos para su caracterización. También se realizaron diez pruebas de campo, de éstas se seleccionaron tres en las que prevalecían las características cuantitativas además de las cualitativas, y que analizaban al suelo en distintos contenidos de humedad. A partir de un procedimiento guía y de un formulario de respuestas, se distribuyó a autoconstructores, bioconstructores y arquitectos dedicados a la construcción con tierra para testear las cinco muestras de suelo con tres pruebas de campo seleccionadas. Las pruebas de campo por sí solas no lograron determinar con precisión la composición y el comportamiento del suelo. Sin embargo, al emplear un enfoque integrado que incluye tres pruebas realizadas en diferentes estados de humedad (líquido, plástico y seco) y al ejercer un análisis crítico en la interpretación de los resultados, se alcanzaron conclusiones más certeras. Se presentan recomendaciones para mejorar la precisión en futuras evaluaciones del suelo.

1 INTRODUCCIÓN

Las construcciones con tierra datan desde tiempos prehistóricos, edificaciones antiguas de diversas culturas destacan como patrimonio arquitectónico referente, sin embargo, a partir de la segunda mitad del siglo XIX el uso de la tierra fue cediendo ante la aparición de materiales de construcción industrializados (Neves, 2011).

En Uruguay, la cultura constructiva de tierra es cuestionada bajo conceptos de insalubridad y a fines de la década de 1970 se destruyen rancheríos y se interrumpe la transmisión de saberes. Entre los años 1990 y 2000 se retoma la tierra como material de construcción, a través de profesionales que generan las bases e incorporan estrategias de diseño y resoluciones tecnológicas (Ferreiro et al., 2014). Investigar el material con el cual se va a trabajar es lo que permite dosificar de modo preciso, disminuir posibles manifestaciones patológicas y determinar las características de una muestra seleccionada.

El estudio del suelo es un campo que abarca diferentes disciplinas con grandes avances en investigación: la geología como parte del entendimiento de su naturaleza y su evolución; agronomía para la productividad agroecológica; ingeniería geotécnica en el estudio de la mecánica de suelos para su análisis y proposición de modificaciones para un comportamiento estable de éstos bajo cimentaciones, conformación de carreteras y caminos; arquitectura que estudia el suelo con otros fines, como los de técnicas ancestrales, con una nueva mirada tecnológica, científica. En conjunto, las disciplinas buscan analizar su naturaleza, proponer

modificaciones para estabilizar el suelo para la adecuación a diferentes técnicas y desarrollar sistemas constructivos innovadores.

Los suelos están conformados por horizontes y los perfiles estratigráficos varían según la conformación geológica. Los horizontes constituyen un perfil de un suelo determinado y se diferencian por sus propiedades de color, textura, estructura, consistencia y reacción o pH (Marchesi y Durán, 1969). El suelo que es apto para la construcción es el que tiene contenido arcilloso, no contiene materia orgánica y se localiza en el horizonte B. Granulométricamente se pueden diferenciar las diferentes partes de un suelo, denominando gravas a las partículas mayores a 4.75mm, arenas a las partículas entre 0.075mm y 4.75 mm, limos entre 0.002mm y 0.075 mm y arcillas a las partículas menores a 0,002mm.

Según Lambe y Whitman (2012) la composición, naturaleza y disposición de los átomos de una partícula de suelo tienen una considerable influencia sobre la permeabilidad, resistencia y transmisión de esfuerzos en los suelos, especialmente en los de grano fino. La arcilla montmorillonita, por ejemplo, puede hacer que un suelo sea muy expansivo y la halloysita, puede dar lugar a que un suelo tenga un peso específico muy bajo. Se necesita conocer la composición si se quiere entender los fundamentos del comportamiento del suelo y en particular la variación de este comportamiento con el tiempo, la presión y otras condiciones exteriores.

Los minerales arcillosos son partículas de forma escamosa con superficies planas de muy pequeño espesor y gran superficie, tienen una gran afinidad por el agua lo que causa movimientos de expansión y contracción por cambios de humedad, tienen la capacidad de absorber y liberar iones de una solución y son sensibles a la química de los fluidos. Pertenecen al grupo de los filosilicatos (hábito hojoso y exfoliación perfecta en un plano). Se originan como producto de la alteración química de otros silicatos, como los feldespatos, por ejemplo. Las cargas positivas se ubican en los contornos de las láminas y las cargas negativas en las caras de las láminas (M. Neme, comunicación personal, 6 de setiembre de 2023).

En laboratorio se puede estudiar la relación entre las fases, sólido, líquido y gaseoso, las características granulométricas y los límites líquidos y límites plásticos se utilizan para clasificar los suelos y facilitar el análisis (Lambe; Whitman, 2012). Hang y Brindley (1970) a través de una experimentación cuidadosa con suspensiones de arcilla demuestra que flocula a una concentración específica de azul de metileno. Este punto se interpreta como la cantidad necesaria para cubrir las superficies de arcilla con cationes de azul de metileno y así calcular el área de superficie específica del mineral arcilloso.

A pie de obra o en salida de campo se utilizan pruebas cuantitativas, cualitativas y sobre todo subjetivas que se han popularizado a través de la transmisión oral, la práctica y el reconocimiento empírico del comportamiento del material. Distintos autores pertenecientes al centro CRAterre y la red iberoamericana PROTERRA han recopilado esta información, y han generado manuales con procedimientos metodológicos y establecido valores parámetros o características identificatorias para la interpretación de las mismas. Tanto las pruebas como los ensayos se realizan con metodologías precisas en su procedimiento para poder constatar y comparar resultados, las pruebas han sido validadas a modo empírico y los ensayos de laboratorio han sido validados por instituciones de investigación internacionales.

En Uruguay la creciente demanda de la construcción con tierra es impulsada en su mayoría por autoconstrucción, en general sin supervisión de profesionales. La correcta identificación de la materia prima es un punto clave en este proceso. El acceso a ensayos de laboratorio implica costos elevados que no son viables en la construcción de viviendas unifamiliares o programas de pequeña escala. Es así que entendiendo la complejidad que caracteriza a los suelos, la creciente demanda de la construcción con tierra, y la validez que se le adjudica a las pruebas, surge el cuestionamiento de cuán precisos son los métodos, cuántas y cuáles pruebas se pueden considerar para una correcta identificación del suelo y compartir estos resultados para un mejor entendimiento de la composición y su comportamiento.

El proyecto "Comparación de pruebas de campo y ensayos de laboratorio para la identificación de suelos para la construcción con tierra en Uruguay" se enmarca en las líneas de investigación del equipo de tierra, FADU, Udelar.

2 OBJETIVO

El objetivo de este artículo es presentar el estudio comparativo entre muestras de suelo caracterizadas por ensayos de laboratorio en relación a pruebas de campo seleccionadas y ejecutadas por distintos colaboradores, para evaluar la precisión de las pruebas de campo.

3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Para este trabajo se planteó una estrategia activa, analítica y experimental al objeto de estudio.

Inicialmente se hizo una revisión bibliográfica para la definición de procedimientos y métodos de estudio. Posteriormente se seleccionaron cinco terrenos con diferentes características locativas, se recolectaron muestras de suelos que fueron analizadas en laboratorio y también se les realizaron pruebas de carácter subjetivo denominadas pruebas de campo.

A partir de estos resultados primarios, se seleccionaron tres de estas pruebas de campo para ser testeadas por diferentes colaboradores en base a un procedimiento guía y un formulario de respuestas elaborado en base a la experiencia de las pruebas primarias.

Los colaboradores fueron seleccionados entre autoconstructores, bioconstructores y arquitectos, totalizando 11 personas, cada uno realizó las tres pruebas seleccionadas.

A partir de los resultados propios y de los colaboradores se realizó un cruzamiento de datos con los ensayos de laboratorio de manera de evaluar la precisión de las pruebas de campo elegidas, extraer conclusiones y plantear recomendaciones.

3.1 Preparación de las muestras

Los suelos se recolectaron en días de verano de poca lluvia por lo que los estados naturales de humedad eran entre seco y húmedo. Posterior a la recolección y previo a los ensayos, se cuarteó el material por el procedimiento señalado en Auzet y Goudy (2013), se secó en horno una cantidad representativa para la realización de ensayos en laboratorio.

El resto de muestras fueron acondicionadas para mantener su humedad original y poder realizar, en las mismas condiciones, las diez pruebas de campo definidas en la investigación que se detallan en la tabla 2, y posteriormente las tres pruebas seleccionadas para repartir a los colaboradores.

3.2 Caracterización de los suelos a través de ensayos de laboratorio

En laboratorio, fueron realizados los ensayos de caracterización de suelos (tabla 1). Se determinó la composición granulométrica y los límites de Atterberg, necesarios para la clasificación según los sistemas AASHTO y SUCS, esto también permitió determinar la actividad, cohesividad y expansividad del componente arcilloso del suelo. El ensayo de azul de metileno permitió determinar la superficie específica, coeficiente de adsorción presente en cada muestra del suelo recolectado (tabla 3 y figura 2).

Para la determinación de la composición granulométrica, las muestras fueron sometidas a los ensayos de tamizado y sedimentación, para el primero se utilizó la muestra retenida en tamiz #200, y para el segundo la muestra pasante por el tamiz #10. Para el ensayo de límites de Atterberg se utilizaron las muestras que pasaron por el tamiz #40 (0,425mm). Para la determinación de azul de metileno, se utilizó la muestra pasante del tamiz #10 (2mm).

Tabla 1. Ensayos de laboratorio

Ensayo de laboratorio	Propiedades	Referencia de Procedimiento
Distribución granulométrica por tamiz	Física: composición granulométrica	ASTM D6913/D6913M-17
Distribución granulométrica por sedimentación		ASTM D7928-17
Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)	Mecánica: plasticidad	ASTM D4318-05
Adsorción de azul de metileno (MB)		UNE-EN 933-9

Con los resultados de la adsorción de azul de metileno se calculó la superficie específica de la fracción arcillosa según la fórmula:

$$S_e = \frac{1}{319,87} \cdot \frac{W_s (AM)}{V (AM)_{sol}} \cdot (N \cdot 0,5) \cdot N_{Av} \cdot A_{AM} \cdot \frac{1}{W_s (Arcilla)}$$

Siendo:

Se: Superficie específica de la fracción arcillosa

Ws (AM): Masa del azul de metileno colocado en la suspensión (g)

V(AM) sol: Volumen total utilizado en la solución (ml)

N: Número de veces que se agregaron 0,5ml de la solución patrón con azul de metileno

N_{Av}: Número de Avogadro (6,023.1023 partículas/mol)

A_{AM}: Área cubierta por un catión de azul de metileno (generalmente se considera 130 Å²).

Ws (arcilla): Masa seca de la arcilla en gramos que se utilizó en el ensayo (g).

La actividad del suelo arcilloso (A) se determinó según Skempton (1953) que definió el índice de actividad como el índice de plasticidad sobre el porcentaje de fracción arcillosa presente en la muestra. Para establecer la clasificación del tipo de actividad se trabajó en base a lo explicitado por Van der Merwe, D.H. (1964) que identificó los parámetros de baja actividad como A=0.5, actividad media A=1.0 y actividad alta A=2.0.

$$A = \frac{\text{índice de plasticidad}}{\% \text{ de partículas} < 2\mu}$$

Siendo:

A: Índice de actividad de la arcilla

La cohesividad del suelo es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, depende entre otras cosas, del número de puntos de contacto que cada partícula tiene entre sí. Es decir que la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del suelo. Se relacionó el índice plástico y el límite líquido para graficarlos, y se clasificó según parámetros de poco, medianamente y altamente cohesivos según Houben y Guillaud (2006).

La expansividad del suelo es la capacidad de aumentar significativamente el volumen según esté parcial o totalmente saturado a una carga constante. Este término implica también la disminución de volumen o contracción si la humedad se pierde, la contracción es el proceso inverso a la expansión. Se relacionó el índice de plasticidad con el porcentaje de fracción arcillosa presente en la muestra para su graficación y se clasificó según parámetros de poco expansivos, medianamente, altamente y muy expansivos según Houben y Guillaud (2006).

La clasificación del suelo es determinada por la relación entre el límite líquido y el índice de plasticidad en la carta de plasticidad Casagrande (SUCS), según ASTM D2487-93, y por las fracciones de partículas y su límite líquidos e índice de plasticidad (AASHO) según la ASTM D3282-15.

A partir de los resultados obtenidos de la caracterización de los suelos por ensayos de laboratorio fue posible evaluarlos con los resultados de las pruebas de campo.

3.3 Caracterización de los suelos a través de las pruebas de campo

Las pruebas se realizaron con procedimientos para hacer a pie de obra o en salida de campo, por lo que se les denominó pruebas de campo.

El contenido de humedad de las muestras no se alteró, utilizando el mismo con el que fueron recolectadas, en los ensayos y pruebas se mantuvieron en bolsas cerradas debidamente identificadas. Se separó un muestreo representativo realizado por el método de cuarteo, hasta quedar con 2 kg de tierra aproximadamente, suficientes para realizar todos los procedimientos.

Se utilizó el suelo tal cual fue recolectado, sin pasar por tamiz por lo que se trabajó con gravas, arenas, limos y arcillas correspondientes a los contenidos de cada suelo. Previo al inicio de cada prueba se realizó nuevamente cuarteos hasta llegar a los 200 g, muestra suficiente para cada una de éstas. Los procedimientos utilizados fueron en base a Auzet y Goudy (2013) y a Neves et al. (2009). Se documentaron todos los resultados y observaciones en planillas tomando como base la bibliografía y se realizó un amplio registro fotográfico con complemento de videos y audios, según la conveniencia de registro de la prueba.

Tabla 2. Pruebas de campo

Pruebas de campo	Propiedades	Referencia de Procedimiento
Identificación organoléptica, tamaño de partículas / color / brillo / tacto textura	Física: detección de elementos orgánicos, propiedades generales	Auzet y Goudy (2013)
Táctil, en estados: seco, húmedo, plástico, viscoso, líquido	Física: composición granulométrica	Auzet y Goudy (2013)
Lavado de mano	Física: composición granulométrica	Auzet y Goudy (2013)
Caída de bola	Mecánica: cohesión	Neves et al. (2009)
Exudación	Mecánica: plasticidad	Neves et al. (2009)
Cinta (o prueba del cigarro)	Mecánica: plasticidad / cohesión	Neves et al. (2009)
Sedimentación (o botella / vidrio)	Física: composición granulométrica	Neves et al. (2009)
Prueba del rollo	Mecánica: cohesión	Neves et al. (2009)
Pastilla (o prueba de resistencia seca)	Mecánica: cohesión retracción; Identifica el tipo de la tierra en función de su resistencia	Auzet y Goudy (2013)
Retracción lineal	Mecánica: retracción	Neves et al. (2009)

Obs.: Los nombres de las pruebas se tomó de la bibliografía, algunas se renombraron acorde a una mejor representación

Para la prueba organoléptica la agudeza sensorial y la experiencia previa son fundamentales para poder clasificar las muestras con alto o bajo contenido de arcilla. Se realizó una tabla de percepción de facilidad o dificultad para la rotura de terrones presentes, para evaluar el tamaño de los mismos y la percepción de contenido de arena en las distintas muestras.

Se crearon tablas descriptivas para la prueba táctil, con observaciones comunes asociadas al tamaño de terrones, facilidad o dificultad de rotura y a medida que se iba agregando cantidad de agua las posibilidades de la muestra en cuanto a formación de bola, absorción y capacidad de retención de agua.

En la prueba de lavado de mano se utilizó una tabla para registrar las observaciones de los diferentes comportamientos de los suelos.

Para caída de bola, exudación, cinta, sedimentación y prueba del rollo, pastilla y cajas de retracción lineal se utilizó los parámetros descritos en la bibliografía referente. Se agregó una tabla de percepción de resistencia para rotura de pastilla y también percepción de grasitud, al tener diferentes suelos facilitó la comparación entre ellos, siendo más evidentes sus similitudes o diferencias.

3.4 Procesamiento primario

A partir de las 10 pruebas realizadas (presentadas en la tabla 1) y de las primeras observaciones empíricas, se eligieron tres pruebas que se consideraron representativas en la interpretación de sus resultados. Se estableció la manera de presentar estos procedimientos, la cantidad de suelo necesario para desarrollar las pruebas, los materiales básicos a proporcionar a los colaboradores. A partir de haber realizado las pruebas previamente se generó un formulario de respuestas para acotar el abanico de opciones de los colaboradores y así obtener resultados comparables y medibles.

3.5 Pruebas de campo seleccionadas

Las pruebas seleccionadas por considerárselas representativas fueron la prueba de sedimentación, la prueba del rollo y la prueba de la pastilla ya que además de presentar resultados medibles y propiedades perceptivas sensoriales, se trabajaba con las muestras en tres estados diferentes de humedad, seco, plástico y líquido, lo cual permitió observar el comportamiento de las mismas con relación al contenido de agua. En la figura 1 se observan las pruebas elegidas.



Figura 1. Prueba de sedimentación, prueba del rollo y prueba de la pastilla

La participación de colaboradores en el desarrollo de este trabajo con distintas aproximaciones a la tierra aportó un espectro amplio de visiones que contribuyó indirectamente tanto en las consideraciones a tener para la realización del instructivo como directamente para la ejecución de los procedimientos y la interpretación de los resultados.

Se generó un procedimiento específico para esta instancia en base a los procedimientos de Auzet y Goudy (2013) y Neves et al. (2009). Se les explicó a los colaboradores el contexto de estas pruebas asignándoles 1 kg de tierra a cada uno, sin pasar por el proceso de selección y extracción. Para la prueba de sedimentación se les solicitó a los colaboradores contar con frascos de vidrio, y para la prueba de la pastilla se les entregó moldes de acetato de 5 cm de diámetro y 1 cm de alto.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Ensayos de laboratorio

En la tabla 3 se pueden apreciar los resultados de los ensayos realizados para las cinco muestras de suelos. Se detallan los resultados de superficie específica (SE) y el porcentaje de fracción arcillosa de la muestra pasante del tamiz #10 (FA), necesario para obtener la SE. También se clasifican los suelos según los sistemas AASHTO y SUCS.

Tabla 3. Resultados de ensayos de laboratorio

Muestra	Composición granulométrica (%)			Límites de Atterberg (%)			MB (g/kg)	SE (m ² /g)	FA (%)	Clasificación		
	grava arena	limo	arcilla	LL	LP	IP				AASHTO	SUCS	
A	24	40	36	40	19	21	42	288	37	A-6	CL	
B	39	26	35	31	16	15	38	269	37	A-6	CL	
C	22	31	47	50	24	26	56	294	48	A-7-6	CL/CH	
D	82	4	15	19	0	0	7	127	15	A-2-4	SM	
E	25	31	44	54	24	29	76	423	45	A-7-6	CH	
Norma/procedimiento	ASTM D6913/D6913M-17/ ASTM D7928-17			ASTM D4218-05			UNE-EN 933-9				ASTM D3282-15	ASTM D2487-93

Obs.: El color oscuro indica los valores más altos y el claro los más bajos

Si bien los suelos A y B se pueden clasificar dentro de una misma categoría al igual que los suelos C y E en otra, al observar en detalle los resultados se ven diferencias en sus composiciones que hacen a comportamientos y características diferentes.

Se desprende que por composición granulométrica el suelo con mayor contenido de arcilla, es la muestra C, el con mayor contenido de limo es la muestra A y el suelo más arenoso es la muestra D.

El suelo con mayores valores de Límites de Atterberg y mayor índice de plasticidad corresponde al suelo E y el con menor es el suelo de la muestra D.

Los mayores valores de azul de metileno, superficie específica corresponden al suelo E, si bien no es el suelo con mayor porcentaje de fracción arcillosa. Los menores valores se asocian al suelo D.

Resulta que el suelo de mayor contenido arcilloso no es el de mayores límites plásticos y líquidos necesariamente, ni el de mayor adsorción. Sino que la mayor adsorción y superficie específica se puede asociar al tipo de arcilla presente en la muestra con una mayor presencia de finos tipo coloides si bien está presente en menor cantidad.

En la figura 2 se pueden ver graficados los resultados expresados en la tabla 3 de acuerdo Houben y Guillaud (2006). Se refleja los mismos resultados de que el suelo de mayor contenido arcilloso no es el suelo más cohesivo ni el más expansivo o activo en relación a su fracción arcillosa. Si bien está dentro de los valores más altos no hay una correlación directa, se reitera el resultado de que, por sus valores de superficie específica, hay mayor contenido de finos tipo coloides, y es esta la característica que pesa en cuanto a comportamiento del suelo en situaciones de contenido de arcilla similares.

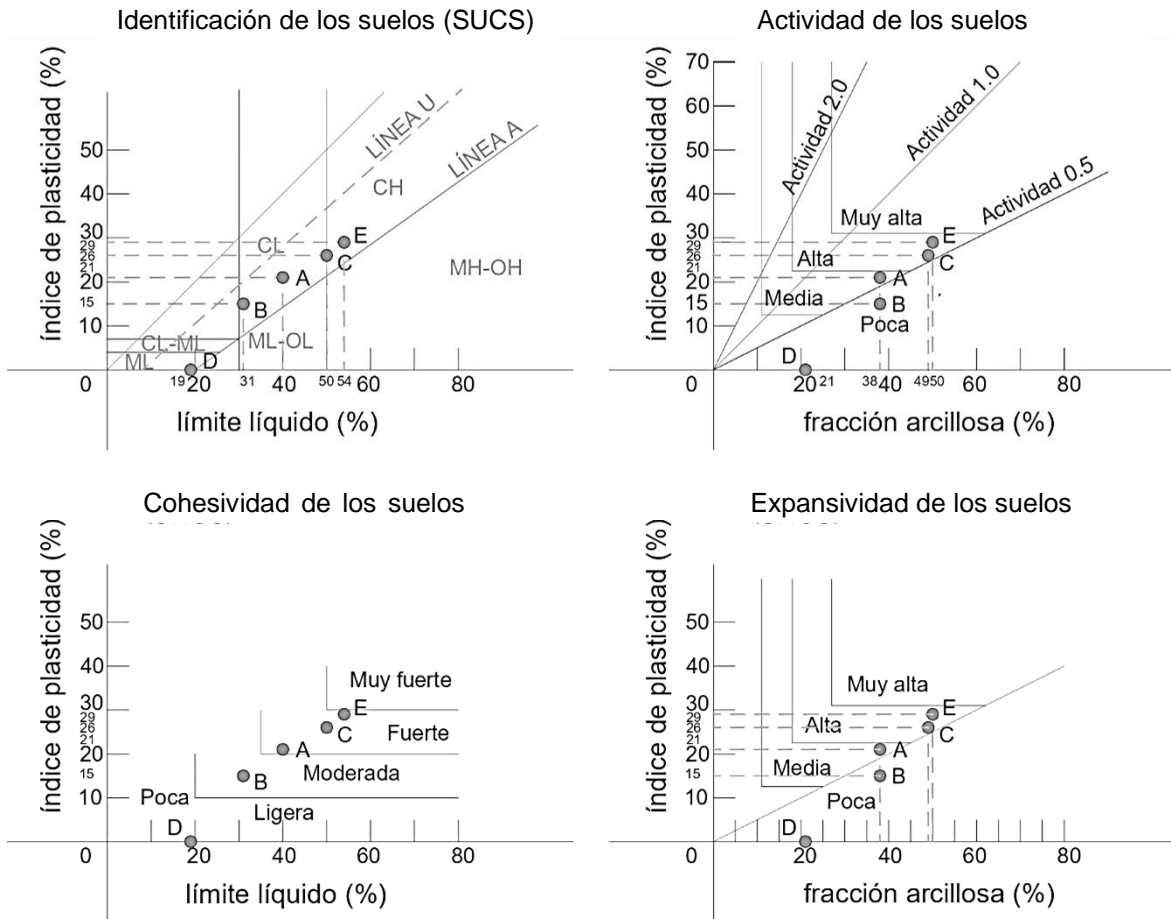


Figura 2. Gráficos de interpretación de los resultados de los ensayos de laboratorio

4.2 Pruebas de campo

Al realizar 10 pruebas de campo en cinco muestras de suelo se pudo practicar la fineza sensorial y percibir las diferencias y similitudes entre los distintos suelos. Se detectó presencia de piedras de óxido de calcio en tres muestras, lo que se comprobó con una solución de ácido clorhídrico, la cual es reactiva ante la presencia de éste.

En la tabla 4 se representan los resultados de las pruebas de campo primarias, cada valor y color hace referencia a cuan poco o alto es el valor según lo que la prueba mida como resultado. Por ejemplo, las pruebas más cualitativas y subjetivas como la organoléptica o táctil se asocian valores altos a características que se asemejan a suelos arcillosos, y los valores más bajos a suelos de comportamiento tipo arenoso, limoso y bajo contenido arcilloso. Las pruebas que se asocian a valores cuantitativos se valoró de acuerdo a los resultados comparativos con sus tablas referentes. Por ejemplo, la prueba del rollo tiene los parámetros referentes de poco cohesivo, algo cohesivo y muy cohesivo según la medida de dónde se corta el rollo, en las pruebas primarias, cuatro suelos resultaron altamente cohesivos y uno de ellos muy poco o nada cohesivo. Esta manera de expresar los resultados permite una lectura uniforme y rápida de cómo es el comportamiento del suelo según la prueba y cómo en algunas pruebas los resultados que se leen son más homogéneos si bien hay diferentes suelos, y como hay pruebas que muestran variedad y se leen diferencias entre las muestras.

Las pruebas organoléptica y táctil dieron resultados orientativos, pero no definitivos, ya que se basa en la expertise del operario en la observación y percepción, para reconocer los suelos con los cinco sentidos. En la primera prueba se observó la dificultad que presentaron los terrones para romperse, el tamaño de los terrones y la percepción de la cantidad de arena, estos resultados fueron muy variables. Si se reconoció que la sensación de grasitud y la

observación de cantidad de absorción de agua en las distintas muestras fueron datos importantes para la clasificación tanto para la prueba organoléptica como para la táctil.

Las pruebas de lavado de mano caída de bola, exudación, cinta y rollo; si bien las dos primeras son pruebas con resultados cualitativos las últimas dos presentan resultados cuantitativos; y sin embargo todas presentaron resultados homogéneos en relación a las distintas muestras, salvo la muestra D que se diferenció rápidamente.

Tabla 4. Resultados de pruebas de campo primarias

Pruebas de campo	A	B	C	D	E
identificación organoléptica	5	3	5	1	5
táctil	4	2	4	1	5
lavado de mano	4	4	4	1	5
caída de bola	4	4	4	1	4
exudación	5	5	5	1	5
cinta	3	3	3	1	3
sedimentación	4	3	4	1	5
rollo	5	5	5	1	5
pastilla	4	4	5	1	5
retracción lineal	3	2	4	1	5

Referencias	
1	Muy poco
2	Poco
3	Medio
4	Alto
5	Muy Alto

Obs.: Pruebas de campo seleccionadas se resaltó su nombre con color. Se categoriza con colores los valores y percepciones de las distintas pruebas, los colores más fríos se asocian a un bajo contenido de arcilla y suelos más arenosos, y los colores cálidos a suelos más finos y con mayor contenido de arcilla.

En la lectura de la tabla 4 las pruebas de sedimentación, pastilla y retracción lineal presentaron resultados heterogéneos en las distintas muestras, son pruebas que se asocian a resultados cuantitativos y en la lectura general, se puede asociar al comportamiento de los suelos similar a los resultados de laboratorio.

La prueba de sedimentación se realizó una primera vez y, al observar el lento descenso de dos muestras, se agregó una pequeña cantidad de sal en las muestras B y D y se reiteró la prueba y se realizó en un frasco de mayor relación de alto con respecto a su ancho.

En la tabla 5 se presentan los resultados de la prueba de sedimentación primaria, la diferencia con los resultados de laboratorio y la lectura del promedio de las pruebas. La muestra E se observó muy expansiva y no se logró diferenciar estratos, se entendió que la lectura que se estaba haciendo se encontraba alterada por el alto grado de expansión que presentó el suelo y se destaca la importancia de tener una visión crítica y analítica al interpretar los resultados.

Los resultados de las muestras A, C y E resultaron con bajos coeficientes de variación entre ellas, sin embargo, las pruebas B y D presentan valores relativamente altos en los coeficientes de variación no siendo considerada como uniforme los resultados, posiblemente esta diferencia se deba al agregado de cloruro de sodio para colaborar en la decantación de las muestras.

Al comparar el promedio de ambas pruebas con los resultados obtenidos en laboratorio, en las muestras A, B y D se observó una variación de -17% como el caso más extremo y -1% como el caso más cercano. La muestra C presentó gran variación en gravas y arenas, y se confirmó que la muestra E en esta prueba estaba presentando una lectura errónea, presentó una diferencia máxima de +56% en arcilla.

Tabla 5. Resultados de las pruebas primarias de campo de sedimentación, su promedio y la diferencia con los resultados de ensayo granulométrico de laboratorio

Frasco chico. Relación ancho alto 1:1.4 (%)				
	Gravas y arenas	Limo	Arcilla	NaCl/H ₂ O
A	33	31	36	0
B	31	16	53	0
C	52	13	35	0
D	74	10	16	0
E	0	0	100	0

Diferencia con resultados de laboratorio (%)			
	Gravas y arenas	Limo	Arcilla
A	9	-9	0
B	-8	-10	18
C	30	-18	-12
D	-8	6	1
E	-25	-31	56

Frasco grande. Relación ancho alto 1:3 (%)				
	Gravas y arenas	Limo	Arcilla	NaCl/H ₂ O
A	31	35	34	0
B	54	16	30	1g/l
C	51	21	28	0
D	57	19	24	1g/l
E	0	0	100	0

Diferencia con resultados de laboratorio (%)			
	Gravas y arenas	Limo	Arcilla
A	7	-5	-2
B	15	-10	-5
C	29	-10	-19
D	-25	15	9
E	-25	-31	56

Promedio de resultados primarios (%)			
	Gravas y arenas	Limo	Arcilla
A	32	33	35
B	43	16	41
C	52	17	32
D	65	15	20
E	0	0	100

Diferencia con resultados de laboratorio (%)			
	Gravas y arenas	Limo	Arcilla
A	8	-7	-1
B	4	-10	6
C	29	-14	-15
D	-17	11	5
E	-25	-31	56

En la tabla 6 se exponen los resultados de las pruebas de rollo, pastilla, caja de retracción, cinta y exudación, además de sus valores cuantitativos se agrega los valores perceptivos en cuanto a cohesividad, grasitud y resistencia a la rotura. La muestra D es la que presenta resultados definitivos en cuanto a su nula cohesividad, plasticidad, resistencia lo que condice con los resultados de los ensayos. Con respecto a determinar que suelo se comporta como de alta plasticidad son las pruebas de la pastilla y la caja de retracción donde se refleja valores que se pueden asociar a los resultados de límites de Atterberg índice de plasticidad y valores de azul de adsorción metileno. Se destaca la importancia del conocimiento empírico acumulado y el comparativo en simultaneo entre suelos diferentes que se refleja en los valores cualitativos y perceptivos asociados a estas pruebas en comparación con los resultados ensayados.

En la percepción de cohesividad fue la muestra C que se sintió con mayor cohesividad, coincide con que es la muestra con mayor contenido arcilloso y menor contenido de gravas y arenas, le siguen las muestras E y B, y luego la muestra A. Si bien la muestra A en cuanto a ensayos tiene mayor contenido arcilloso que la muestra B, mayor adsorción de azul de metileno, mayor superficie específica e igual fracción arcillosa, es quizás su alto contenido de limo que se percibió menos cohesiva en relación a la muestra B. La percepción de grasitud y la retracción se pueden leer en relación a la superficie específica que coincide en cómo se ordenan las muestras en cuanto a mayor adsorción de azul de metileno, mayor superficie específica y mayor retracción presentaron en las pruebas de campo.

Tabla 6. Resultados de las pruebas primarias de campo de rollo, pastilla, caja de retracción, cinta y exudación

Pruebas primarias											
muestras	Rollo		Pastilla de 9.5cm diámetro			Caja de retracción		Cinta		Exudación	
	Medida rotura (cm)	Cohesión (0-5)	Retracción (cm)	Grasitud (0-5)	Resistencia (0-5)	Retracción (cm)	%	Extensión (cm)	Plasticidad	Cantidad golpes	Plasticidad
A	15	4	0.7	3	5	3.8	6	10	media	≥30	alta
B	14	5	0.6	2	5	3	5	11.5	media	≥30	Alta
C	20	5	0.9	5	5	5.2	9	12	media	≥30	alta
D	0	0	0	0	0	0	0	0	limo/arena	≤10	baja
E	16	4	0.9	4	5	5.4	9	12.5	media	≥30	alta

En la prueba de la pastilla, los aros de mayor diámetro resultaron más fácil de reconocer las diferencias entre aros y pastillas, cuanto menor diámetro presentaron menor retracción evidente. Las pastillas de mayor diámetro, que correspondían a las muestras C y E retrajeron de igual manera, y presentaron mayor diferencia con las otras muestras en comparación con las pastillas de menor diámetro. Se evaluó la resistencia a la rotura y se percibieron igual de resistentes, no se logró romper ninguna de las pastillas de ningún diámetro ni desmenuzar los bordes, salvo la muestra D que se desmenuzó y rompió fácilmente. Con respecto al tacto, al humedecer las pastillas y frotarlas con el dedo índice se percibió la muestra C como la de mayor grasitud, seguida en orden por la E, la A, la B y por último la D que se sintió áspera y arenosa al tacto.

Se observó que en general las pruebas, y más aún las de carácter cualitativo se requirió comparar el comportamiento con las otras muestras, ya que de forma aislada con una sola muestra carecía de validez su interpretación.

En relación a los resultados de laboratorio, tabla 3, las pruebas de identificación organoléptica, la táctil, la de sedimentación, la de la pastilla y la prueba de retracción lineal son las que mejor representan los resultados obtenidos. La prueba de sedimentación no se refleja de modo correlativo a los resultados de la composición granulométrica, si bien su interpretación tampoco es errónea y aporta valor a la lectura conjunta. La prueba del rollo tampoco tiene correlación y presenta menor heterogeneidad en los resultados con respecto a los valores variables de los límites e índice de plasticidad de las diferentes muestras ni a la lectura de la figura 2. Las pruebas de pastilla y retracción lineal son las que se correlacionan directamente con los resultados de adsorción de azul de metileno, superficie específica, y clasificación de los suelos según AASHTO y SUCS.

4.3 Pruebas de campo seleccionadas

Luego de obtener los resultados de todos los colaboradores se procesaron las pruebas y se obtuvieron los siguientes resultados. La prueba de sedimentación, que aparentó ser la más cuantificable, resultó ser la más controversial con respecto a los resultados, ver tabla 7. El mayor comentario fue el de la dificultad de delimitar los estratos lo que se vio reflejado en las respuestas. Analizando los resultados de gravas más arenas, limos y arcillas de todos los colaboradores se concluyó que no se puede considerar como homogéneos los resultados ya que en su mayoría presentan un coeficiente de variación mayor al 50%. Sin embargo, al comparar los promedios de los resultados con los de los porcentajes obtenidos en los ensayos de laboratorio no están tan alejados, distan un $\pm 24\%$ y la mayor diferencia está en la muestra D en los valores de gravas y arenas, y los valores con menor diferencia, $\pm 1\%$ en los valores de arcilla de la A.

También se probó comparar los resultados de diferentes combinaciones, sumando gravas y arenas y por otro lado limos y arcilla, asemejado a lo que podría ser el ensayo equivalente de arena, si bien el coeficiente de variación disminuyó, se continuó por fuera de los valores admitidos y en comparación con los resultados de laboratorio se continuó en un $\pm 25\%$ los valores con mayor diferencia y $\pm 3\%$ los valores más próximos. Por lo cual si bien se disminuyeron los valores de los coeficientes de variación se distaron un poco los valores en relación a los resultados de laboratorio.

Por último, se comparó los resultados de la suma de grava, arenas y limos en relación a los de arcilla, tabla 7. Este resultado fue el que presentó menores valores en los coeficientes de variación y mayor proximidad a los ensayos de laboratorio, si bien los resultados de las pruebas no se pueden interpretar como homogéneos. Los promedios de las diferentes pruebas en relación a los ensayos distan un $\pm 15\%$ los valores más alejados y $\pm 1\%$ los más próximos. Los coeficientes de variación $\pm 22\%$ los más cercanos y $\pm 68\%$ los más alejados. Esta combinación que coincide con partículas de forma redondeadas en relación a las de estructura laminar; las que no tienen capacidad de absorción en relación a las que sí, fue la más próxima en cuanto a resultados si bien no son concluyentes estas lecturas.

La prueba del rollo dio como resultado que se encontró como muy cohesiva a la muestra C por el total de los participantes, a las muestras B y E un alto porcentaje las valoró de igual manera, y la muestra A solo la mitad de los participantes la valoraron en esta misma categoría. Un tercio de los participantes valoró a la muestra A como algo cohesiva, y en el resto de las muestras fue relativamente bajo las muestras que resultaron como algo cohesiva. Como poco cohesiva el total de los participantes valorizó a la muestra D dentro de esta categoría y solo la muestra A fue también percibida como poco cohesiva por 1 participante. Esto con respecto a los valores y a los rangos que estaban establecidos en bibliografía.

En ensayos de laboratorio e interpretación de resultados en la figura 2, la muestra de mayor cohesividad resultó la E, seguida de la C, A, B y D, difiriendo en el orden en los resultados de la prueba del rollo. Sí coincide la secuencia de los resultados de la prueba del rollo con lo resultados de laboratorio de cantidad de arcilla y fracción arcillosa presentes en las muestras que se ordenan de mayor a menor cantidad primeramente la muestra C, seguida de la E, A, B y por último la muestra D.

Con respecto a la percepción de cada participante fueron más variados los resultados. Si bien se observó que las que presentaron mayor percepción de cohesividad fueron las muestras A, C y E, se destacó que la A se percibió más cohesiva de lo que fueron los resultados cuantificables, ya que a un 73% les pareció que era muy cohesiva y como se observa en la figura 2 ésta se encuentra en el límite de cohesividad entre moderada y fuerte, con valores por debajo de las muestras C y E.

Tabla 7. Resultados de los promedios de los 11 colaboradores de la prueba de sedimentación

Diferencia promedios de pruebas de sedimentación y ensayos de granulometría y sedimentación (%)				Desviación estándar				Coeficiente de variación			
	Grava y arena	Limo	Arcilla		Grava y arena	Limo	Arcilla		Grava y arena	Limo	Arcilla
A	-11	11	-1	A	27	19	18	A	80	65	48
B	-7	5	3	B	22	16	15	B	46	76	45
C	-19	8	11	C	25	16	24	C	62	71	65
D	24	-9	-15	D	20	9	23	D	34	67	76
E	-3	9	-6	E	27	20	34	E	96	92	68

Diferencia promedios de pruebas de sedimentación y ensayos de granulometría y sedimentación (%)			Desviación estándar			Coeficiente de variación		
	Grava, arena y limo	Arcilla		Grava, arena y limo	Arcilla		Grava, arena y limo	Arcilla
A	1	-1	A	18	18	A	28	48
B	-3	3	B	15	15	B	22	45
C	-11	11	C	24	24	B	37	65
D	15	-15	D	22	23	D	31	76
E	6	-6	E	34	34	E	67	68

Obs. Desviación estándar es una medida que se utiliza para cuantificar la variación o la dispersión de un conjunto de datos numéricos, se considera como aceptables valores menores a 25% teniendo en cuenta la variabilidad inherente al proceso, se colorea los valores mayores. Coeficiente de variación, su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, se considera un resultado homogéneo menor a 30%, entre 30% y 50% se considera un valor coherente, se colorea acorde a la situación.

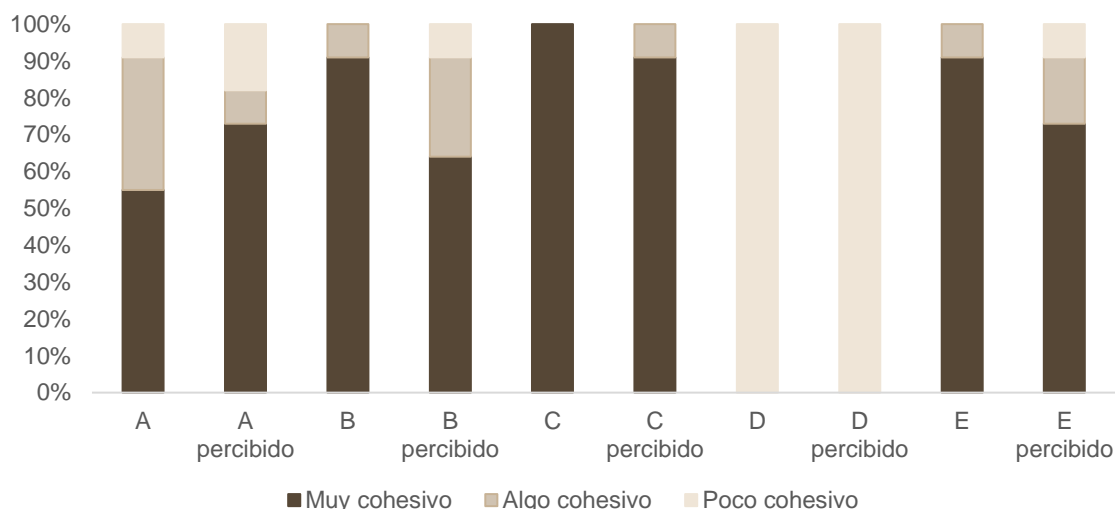


Figura 3. Resultados de la prueba del rollo

Con respecto a la prueba de la pastilla se representó en la figura 4 los resultados porcentuales de los 11 colaboradores en cuanto a retracción, dificultad de rotura, sensación de grasitud, y la percepción de la resistencia a la rotura. La muestra C resultó la que presentó en promedio general mayor retracción seguida de la muestra E, si bien en cuanto a valores individuales fue la muestra E la que presentó mayor retracción. El 100% de los resultados dio que la muestra D no retrajo o presentó una leve retracción.

Al intentar desmenuzar y romper las pastillas las muestras B y C fueron las que presentaron mayor dificultad ya que un 82% de los colaboradores no logró romper las pastillas de ninguna de las muestras. Le siguieron las muestras A y E en un 73% y un 100% de los colaboradores logró desmenuzar y romper las pastillas de la muestra D.

En la sensación al tacto, las que fueron descritas como muy grasosas fueron las muestras C y E, le siguió la muestra A mayormente descrita como grasosa y lisa, el suelo B presentó una característica muy particular al tacto se percibió entre lisa y áspera, fue descrita como una lija muy fina, la muestra D todos concordaron que se percibió como arenosa y áspera.

En cuanto a la percepción de resistencia a la mayoría les parecieron muy resistentes en general, presentando algunas excepciones coincidentes con haber podido romper la pastilla. La muestra D se sintió como la que presentó menor resistencia a la rotura.

Figura 4. Resultados de prueba de la pastilla

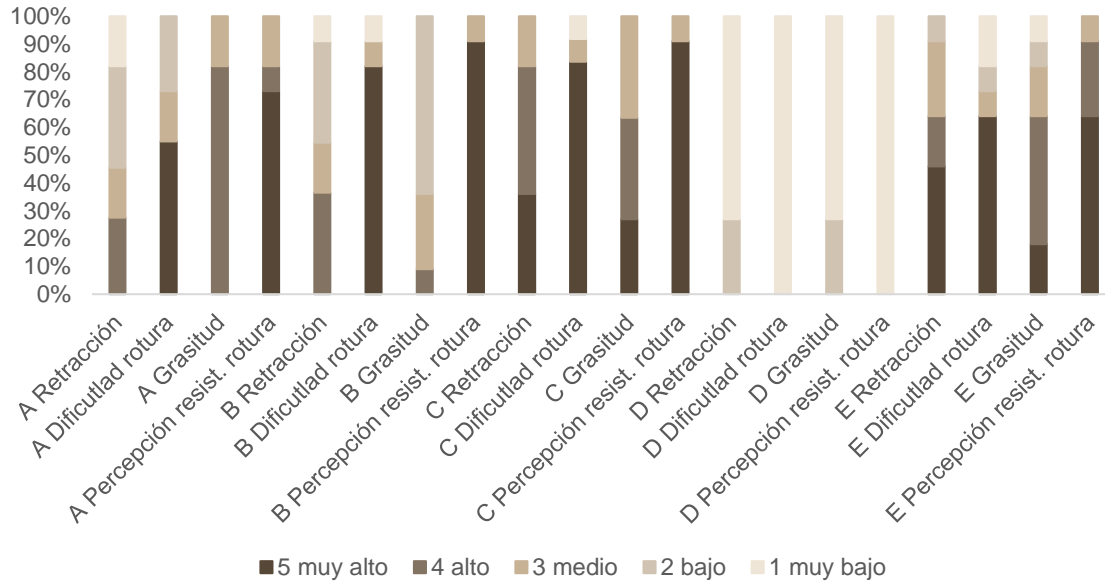


Figura 4. Resultados de prueba de la pastilla de colaboradores

5 CONSIDERACIONES FINALES

5.1 Conclusiones

Al momento de clasificar un suelo para su uso como material de construcción, se debe diferenciar entre composición granulométrica, comportamiento del suelo y actividad del contenido arcilloso. Estos valores se observan en los resultados de los ensayos y en las pruebas de campo de diferentes maneras, se perciben tanto cuantitativamente como cualitativamente.

En los resultados de laboratorio queda expresado que el contenido de arcilla en un suelo no siempre se correlaciona con su cohesión o expansividad; el tipo de arcilla es un factor más determinante en el comportamiento del suelo. Tampoco una arcilla con mayor coeficiente de actividad indica que la muestra tenga mayor contenido arcilloso. Sí se puede concluir que, como es sabido en la mecánica de suelos, a mayor cohesión, mayor expansividad, mayor plasticidad, mayor resistencia, y también se asocia a mayor adsorción y mayor superficie específica.

Los suelos C y E presentaron valores relativamente similares en cuanto a contenido granulométrico sin embargo se observó valores con bastante diferencia en la adsorción de azul de metileno y superficie específica, esto demuestra que la muestra E resulta tener mayor presencia de finos tipo coloides y de ahí la diferencia en cuanto a su comportamiento con la variación de agua.

Las pruebas de campo, aunque más accesibles, tienen limitaciones. Sin embargo, su combinación en diferentes estados de humedad puede ofrecer una herramienta valiosa para autoconstructores, siempre y cuando se interpreten críticamente y se comparen con muestras representativas.

A nivel general se puede concluir que, si la información que se precisa saber es si un suelo es fino o grueso, a grandes rasgos y con un operador experimentado en el reconocimiento de

éstos, todas las pruebas de campo realizadas se podrían considerar válidas, sean realizadas a modo individual o colectivo. La prueba organoléptica es la que se puede concluir que sus valores no son definitivos sino orientativos y la que más depende del conocimiento acumulado del operador, ya que observar dificultad de rotura de terrones y contenido arenoso con los cinco sentidos puede confundir los resultados.

Si se quiere profundizar en cuanto a si una muestra es arcillosa o limo arcillosa, se debería contar con muestras representativas para tener una referencia comparable. En este sentido se podría afirmar que las pruebas más veraces se podrían considerar táctil, sedimentación, rollo, pastilla, retracción lineal, siempre y cuando se realice una lectura conjunta de por lo menos tres de ellas que analicen propiedades diferentes y utilicen la muestra con distintos estados de humedad.

De todas las pruebas de campo testeadas las que más se destacan en cuanto a acierto o interpretación de lectura a nivel general, considerando composición, comportamiento del suelo y actividad del contenido arcilloso son las pruebas, táctil, sedimentación, rollo, pastilla, retracción lineal. Si bien la prueba táctil es la más subjetiva, depende totalmente de la expertise del operario y del conocimiento de los suelos, llama la atención lo aproximados que son los resultados de la descripción de sensaciones y absorción de agua con el comportamiento del suelo en cuanto a plasticidad, expansividad y cohesión. Es importante observar la sensación de grasitud y medir la absorción de agua en relación a otras muestras.

Para las pruebas en estado plástico y seco es importante definir cómo se llega al estado plástico; la prueba empírica que se determinó fue agregar agua a la muestra hasta poder formar una bola, amasarla y que no se adhiere a manos o superficies. En los ensayos de laboratorio se comprobó que coincidía con el porcentaje de humedad del límite plástico. Dada la subjetividad de algunas pruebas de campo, se recomienda la capacitación de los autoconstructores y bioconstructores para mejorar la precisión de sus evaluaciones.

Se reitera la conclusión que en forma independiente ninguna es suficiente para realizar deducciones veraces. Es en la lectura conjunta de por lo menos tres de ellas que analicen propiedades diferentes y utilicen la muestra con distintos estados de humedad que se pueden aproximar a lo concluido en laboratorio. Es crucial el desarrollo de normativas locales que estandaricen la caracterización de suelos en construcciones con tierra, especialmente para proyectos de pequeña escala donde los ensayos de laboratorio no son viables.

5.2 Recomendaciones

A nivel general se recomienda:

Difundir y estandarizar la forma en que se realizan y se interpretan las pruebas de campo a través de capacitaciones con autoconstructores, bioconstructores y arquitectos.

Con respecto a las pruebas de campo:

Hacer el procedimiento de cuarteo de la muestra previo a efectuar cualquier prueba.

Realizar tres pruebas mínimo, donde se testeé la muestra en los tres estados principales de humedad: líquido, plástico y seco.

Se aconseja tener muestras previamente testeadas sea por laboratorio o pruebas de campo para usar a modo de referencia con el nuevo suelo a estudiar. Es más fácil caracterizar los suelos cuando se compara con otros, que cuando se analiza individualmente, especialmente en las pruebas de campo, y poder comparar sus propiedades tanto cuantitativamente como cualitativamente.

De las pruebas de retracción, pastilla y retracción lineal, se recomienda que la pastilla sea de tamaño mayor a 10 cm para poder reflejar mejor la diferencia de retracción en el comportamiento de los suelos; la prueba de retracción lineal es la que mostró resultados más concluyentes, si bien a pie de obra es poco práctica.

Con respecto a las pruebas en estado plástico, queda pendiente testear el método utilizado por Auzet y Goudy (2013), al trabajar con promedios, podría ser más preciso en cuanto a resultados que la prueba del rollo.

Para la prueba de sedimentación realizar por lo menos dos pruebas a la vez una con la muestra en agua natural y otra adicionando 1 g/l de sal. Es importante saber el tipo de agua con el que se cuenta. Utilizar frascos más altos que anchos por lo menos en una relación 3:1. Observar si se ve diferencia en el crecimiento de la muestra en el frasco sin sal y con sal y observar cuánto crece con respecto a la porción de suelo seco colocada inicialmente. El frasco sin sal, si bien puede reflejar contenido granulométrico, principalmente se observa el comportamiento del mismo frente al agua, su expansividad. El frasco que contenga sal se puede observar mejor la relación granulométrica pero no tanto su comportamiento expansivo en agua.

Si bien se llegan a conclusiones y recomendaciones de gran utilidad se reconoce que es un mero acercamiento a la complejidad que presentan los suelos. Se invita a las diferentes instituciones a poner en práctica esta metodología de comparación entre ensayos de laboratorio y pruebas de campo seleccionadas para aumentar los resultados de comparativos, minimizar los errores de interpretación y así avanzar en la construcción de conocimiento colectivo en el área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D6913/D6913M-17 (2017). Método de ensayo estándar para la distribución del tamaño de partículas (gradación) de los suelos mediante el análisis de tamiz. ASTM International.

ASTM D7928-17 (2017). Métodos de ensayo estándar para la distribución del tamaño de partículas (gradación) de suelos de grano fino utilizando el análisis de sedimentación (hidrómetro). ASTM International.

ASTM D4318-05 (2005). Método de ensayo estándar para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. ASTM International.

ASTM D2487-93 (1993). Práctica estándar clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS). ASTM International.

ASTM D3282-15 (2015). Standard practice for classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO).

Auzet, M; Goudy, J. (2013). Manual de laboratorio - Identificación y caracterización de suelos para construir. CRAterre-ENSAG.

Ferreiro, A.; Mesones, J.; Meynet, A.; Muñoz, N.; Palumbo, B.; Radi, C.; Vazquez, G.; (2014). Construir con terrón de la tierra a la experiencia. Montevideo: Ministerio de Educación y Cultura, MEC. ISBN: 978-9974-99-542-0. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/4389>

Hang, P.T., Brindley, G.W. (1970) Methylene blue absorption by clay minerals. Determination of surface areas and cation exchange capacities (Clay-organic studies XVIII). *Clays and clay minerals*, 18, 203-212.

Houben, H; Guillaud, H. (2006). Tratado de construcción con tierra. Editions Parenthèses.

Lambe, W. T.; Whitman V. R. (2012). Mecánica de suelos. Editorial LIMUSA.

Marchesi, E.; Durán, A. (1969). Suelos del Uruguay. *Nuestra Tierra* n. 18.

Neves, C. M. M.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffman, M. V. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. Disponible en <http://www.redproterra.org>

Neves, C. M. M. (2011). Técnicas de construcción con tierra. <http://www.redproterra.org>.

Skempton, A. W. (1953). The Colloidal "Activity" of Clays. The Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). Disponible en <https://www.issmge.org/publications/online-library>.

Rivero, A. (2014). Essais de terrain - Analyses de laboratoire. CRAterre-ENSAG

UNE-EN 933-9 (1999). Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno. Asociación Española de Normalización.

Van der Merwe, D.H. (1964) The Prediction of Heave from the Plasticity Index and the Percentage Clay Fraction of Soils. The South African Institution of Civil Engineering.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Instituto de Tecnologías de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo por dar la posibilidad de realizar proyectos que buscan generar conocimientos en torno a la tierra como material de construcción.

Al Laboratorio de Geotécnica de la Facultad de Ingeniería, por la apertura, la buena disposición y ofrecer su espacio de trabajo y conocimientos muy generosamente, a Álvaro, Mariano, Lucía, Pablo, Ignacio, Marcos y Leonardo. La colaboración entre espacios interinstitucionales y la interdisciplina es primordial para el entendimiento global y la investigación.

A los propietarios de los predios que cedieron las muestras para ser analizadas y contribuyen a la recolección de datos y para poder empezar a identificar las características y propiedades de éstos, así como también identificar qué lugares pueden ser proveedores de tierra apta para la construcción.

A los colaboradores de las pruebas de campo, sin ellos no tendría conclusiones ni datos comparativos para evaluar la veracidad de las pruebas respecto a los ensayos de laboratorio a Christian, Helena, Martina, Jessica, Bruno, Leticia, Diego, Gonzalo, Alejandra, por colaborar y brindar su tiempo y expertise. Por estar abiertos a la experiencia, al intercambio y poder generar conocimiento entre todos.

Al tutor Alejandro Ferreiro y a los colegas amigos con quienes intercambié, Soledad, Andrea, Claudia, que me aportaron su apoyo, perspectiva, su pensamiento crítico y entusiasmo.

AUTORA

Gabriela Vazquez. Arquitecta (FADU, Udelar, 2018). Docente ayudante en investigación y extensión del equipo de Tecnología de Tierra. Integrante de la Red de Bioconstrucción del Uruguay. Co-fundadora del colectivo de arquitectura COA y del estudio de arquitectura tierra construida.