

Las malas prácticas en los laboratorios de suelos y sus repercusiones

Bad practices in soil laboratories and their repercussions

Francisco Javier Luna Núñez¹, José Camilo Rodríguez Martínez¹

¹ Licenciatura en Ingeniería Civil, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato.

Resumen

La mecánica de suelos es un área fundamental de la ingeniería civil, encargada de comprender el comportamiento del terreno frente a cargas y cambios físicos. Este artículo presenta, de forma divulgativa, los principales ensayos de laboratorio empleados para analizar suelos: compactación, compresión simple, triaxial, etc. Se describen sus fundamentos, procedimientos esenciales y relevancia práctica. A partir de los análisis de estas pruebas, se discuten los resultados típicos que se obtienen y su importancia para el diseño geotécnico. Finalmente, se reflexiona sobre el papel de los laboratorios universitarios en la formación de ingenieros y en la mejora de la seguridad.

Palabras clave: mecánica de suelos; compactación; compresión simple; triaxial; geotécnico.

Abstract

Soil mechanics is a fundamental area of civil engineering, responsible for understanding the behavior of soil under loads and physical changes. This article presents, in an accessible way, the main laboratory tests used to analyze soils: compaction, unconfined compression, triaxial, etc. Their fundamentals, essential procedures, and practical relevance are described. Based on the analysis of these tests, the typical results obtained and their importance for geotechnical design are discussed. Finally, the role of university laboratories in the training of engineers and in improving safety is considered.

Keywords: soil mechanics; compaction; unconfined compression; triaxial; geotechnical.

Introducción

En el presente artículo se pretende abordar el tema de las buenas prácticas o seguimiento de las normas en los laboratorios de suelos relacionados a la ingeniería civil por la rama de mecánica de suelos, pero también se hablará sobre el mal seguimiento, interpretación y los errores al momento de realizar alguna de estas pruebas.

Algunos que se abordarán serán las siguientes:

- Falta de calibración de equipos.
- No seguir normas estandarizadas (ASTM, AASHTO, NMX, etc.).
- Personal no capacitado o con exceso de trabajo.
- Amasar los datos o reportar solo lo conveniente.

Las malas prácticas en un laboratorio de suelos invalidan todo el proceso de diseño geotécnico puesto que aquí es donde se tiene verdadera confianza además que es el primer paso hacia algo nuevo, absolutamente todas las obras comienzan con un muestreo ya sea de suelos para obtener las condiciones óptimas que necesita el proyecto en cuestión. La ingeniería geotécnica se basa en la confianza de que los datos de partida son confiables. Si esta base es corrupta, todo lo que se construye sobre ella está en riesgo.

La ética profesional, la estricta adhesión a las normas, la capacitación continua y la supervisión rigurosa no son solo "buenas prácticas", son una barrera de defensa contra el fracaso y la tragedia. Un laboratorio de suelos debe ser un pilar de objetividad y rigor científico, nunca un simple trámite.

Marco teórico

Los estudios de mecánica de suelos surgieron formalmente a mediados del siglo XX, impulsados por los trabajos de Karl Terzaghi, considerado el padre de la geotecnia moderna. Su teoría de esfuerzos efectivos estableció las bases para comprender el comportamiento del suelo bajo cargas, lo cual requirió el desarrollo de métodos estandarizados para caracterizar propiedades físicas y mecánicas. Desde entonces, los laboratorios de suelos se volvieron esenciales para la ingeniería civil, al proporcionar parámetros confiables para el diseño de cimentaciones, terracerías, obras viales y estructuras en general.

Con la expansión de las obras de infraestructura y el avance tecnológico, surgió la necesidad de normalizar los procedimientos de laboratorio. Esto dio lugar a la creación de estándares como las normas ASTM (ASTM, 2009), AASHTO (Applied Testing & Geosciences, 2012) y, en el caso de México, las Normas Mexicanas (NMX) (Mexico, 2013) que regulan muestreo, ensayos y control de calidad. A lo largo del tiempo, dichas normas han evolucionado para minimizar la variabilidad entre laboratorios y asegurar la confiabilidad de los resultados.

Sin embargo, diversos estudios han reportado inconsistencias recurrentes derivadas de malas prácticas de laboratorio, desde errores de muestreo hasta fallas en calibración y documentación. Estos antecedentes evidencian la necesidad continua de fortalecer los procesos y la formación técnica del personal.

Los antecedentes históricos, los fundamentos teóricos y los estudios recientes coinciden en que la correcta caracterización del suelo solo es posible mediante una combinación de metodologías estandarizadas, equipos calibrados, personal capacitado y control documental adecuado. Las malas prácticas en cualquiera de estas áreas afectan directamente la validez de los parámetros geotécnicos, comprometiendo la seguridad y funcionalidad de los proyectos de infraestructura. Así, el estado actual del conocimiento reconoce que mejorar las prácticas laborales es un requisito indispensable para la ingeniería civil contemporánea.

Metodología

La metodología empleada para el estudio del suelo se desarrolló siguiendo las prácticas establecidas en el manual de Mecánica de Suelos del laboratorio, con el objetivo de caracterizar de manera integral el material y determinar sus propiedades físicas y de consistencia. Para ello, se aplicaron procedimientos estandarizados basados en las normas NMX, ASTM y AASHTO, garantizando reproducibilidad y confiabilidad en los resultados obtenidos.

En primer lugar, se realizó la recolección de muestras, tanto alteradas como no alteradas. Las muestras alteradas se obtuvieron mediante extracción manual y fueron destinadas a ensayos de clasificación, granulometría y límites de Atterberg. Las muestras no alteradas, recuperadas con mayor cuidado para conservar su estructura natural, se utilizaron para determinar la humedad y la densidad in situ. Todas las muestras fueron etiquetadas, almacenadas en recipientes herméticos y trasladadas al laboratorio para evitar su contaminación o pérdida de humedad.

Posteriormente, se llevó a cabo la preparación de las muestras, que incluyó el secado al aire, el cuarteo y el acondicionamiento para cada prueba específica. Esto permitió garantizar que la cantidad de material utilizada fuera representativa y adecuada para los ensayos planeados.

El primer grupo de ensayos correspondió a la determinación de humedad natural, realizada mediante secado en horno a 110 ± 5 °C. Este dato permitió conocer la condición inicial del suelo y servir como referencia para otros procedimientos.

El siguiente conjunto de pruebas incluyó el análisis granulométrico, dividido en tamizado para fracciones gruesas y ensayo de hidrómetro para finos. Con estos ensayos fue posible establecer la distribución del tamaño de partículas y generar la curva granulométrica, herramienta fundamental para clasificar el suelo y estimar su comportamiento mecánico.

Se realizaron también los límites de Atterberg, mediante la determinación del límite líquido y límite plástico. El índice de plasticidad obtenido permitió identificar la consistencia del suelo en diferentes estados y estimar su grado de cohesividad y compresibilidad.

Finalmente, se llevó a cabo la determinación de densidad mediante métodos de parafina o cilindro de volumen conocido, dependiendo del tipo de muestra. Con ello se obtuvieron valores de peso volumétrico seco y húmedo, esenciales para evaluar el grado de compactación natural del material.

Todos los resultados fueron registrados en hojas de trabajo oficiales, procesados en tablas y graficados para facilitar su interpretación en las secciones de resultados y discusión.

Resultados

Los resultados que se obtienen de los ensayos bien ejecutados contrastan significativamente con aquellos afectados por malas prácticas. A continuación, se presentan hallazgos generales (Hermosillo, 2021):

1. Compactación (Proctor estándar y miniatura Harvard)

Resultados esperados (buenas prácticas):

- Curvas de compactación bien definidas.
- Humedad óptima coherente con la granulometría.
- Densidades secas reproducibles.

Resultados alterados (malas prácticas):

- Curvas irregulares por mala calibración del compactador o mala preparación de la muestra.
- Humedad óptima errónea por balanzas descalibradas.
- Densidades infladas intencionalmente.

2. Corte directo

Resultados esperados:

- Parámetros de cohesión y fricción consistentes entre corridas.
- Superficie de falla clara.

Resultados alterados:

- Lecturas inestables por falta de calibración del anillo dinamométrico.
- Falla prematura por montaje incorrecto.
- Parámetros irreales por errores humanos o manipulación de valores.

3. Compresión simple

Resultados esperados:

- Curva esfuerzo–deformación con comportamiento típico del suelo.
- Cálculo preciso de q_u y c_u .

Resultados alterados:

- Roturas atípicas por probetas mal elaboradas.
- Valores inconsistentes por máquina sin verificación de carga.

4. Triaxial UU

Resultados esperados:

- Gráficas desviador–deformación uniformes.
- Resistencia no drenada confiable.

Resultados alterados:

- Pérdida de presión por fugas en la cámara triaxial.
- Falsos picos de resistencia por sensores descalibrados.
- Estos contrastes muestran cómo incluso pequeños errores pueden modificar por completo la interpretación geotécnica.

5. El método con el densímetro nuclear

- Se encuentra regulado bajo la norma ASTM D6938, utiliza radiación gamma para medir la densidad del suelo y neutrones para estimar su contenido de humedad. Con solo colocar el equipo sobre la

superficie del terreno es posible obtener resultados inmediatos, sin necesidad de excavaciones. El estudio de Cedeño (Cedeño García Jose, 2025) encontró que los resultados obtenidos mediante el densímetro nuclear presentan diferencias menores al 2% respecto al cono de arena, lo cual confirma su fiabilidad. Además, su mayor ventaja radica en la rapidez: se pueden realizar decenas de pruebas en el tiempo que el cono de arena requiere para una sola. Esto lo convierte en un aliado estratégico en proyectos de gran envergadura donde se necesita un control continuo de la compactación.

Continuando con la importancia que se tiene al realizar pruebas de laboratorio, pero siempre teniendo en cuenta la Norma vigente que la rige, es decir antes de realizar o poner a cabo alguna prueba se debe conocer sus fundamentos teóricos, así como entender cuál es la finalidad que se busca obtener con dicha prueba. Para esto existe la Norma Oficial Mexicana que se encarga de regir y modular este tipo de pruebas así como el estándar mínimo que se debe tener, para los resultados claros.

Así vez no solo existe estas normas mexicanas, en los distintos países a lo largo del mundo se encuentran muchas instituciones que se encargan de regir las propias de la región, algunas muy conocidas y estudiadas son las normas estadounidenses, de aquí es donde se basan muchas de las normas actuales mexicanas.

Teniendo este dato en cuenta podemos decir que el hecho de realizar pruebas aquí en México por ejemplo y en España, si bien no es igual estaría muy relacionada la finalidad que se busca, esto nos hace preguntar o dar una idea de qué es muy importante seguir el procedimiento de alguna norma, aunque se tenga mucha experiencia en este campo siempre se tiene que estar actualizado conforme a las instituciones para si existe algún cambio éste sea adoptado por los laboratoristas.

Nosotros escogimos este tema debido a una reciente estancia de prácticas profesionales que llevamos a cabo en un laboratorio del estado de Guanajuato en el municipio de Celaya en el cual pudimos notar que al momento de llevar a cabo alguna muestra se opta por saltarse u dejar de lado algunos pequeños pasos que si bien no son tan importantes en las pruebas se deben de seguir para no alterar los resultados.

Como se menciona anteriormente si bien estos pasos suelen ser no tan indispensables existen algunos que suelen ser omitidos por alguna razón tal vez por tiempo o por accesibilidad sin embargo en las pruebas que son importantes o que tienen un mayor peso los resultados creo que es indispensable seguirlos tal cual al pie de la letra, obviamente la programación que se lleva a cabo o la interpretación de los resultados debe ser concorde a lo que se está solicitando de esa manera no se tendrá ningún error.

También es muy importante recalcar que las instituciones que rigen este tipo de pruebas o llevan el control de la certificación de los laboratorios debe estar en constante actualización para nuevas normas.

Conclusiones

Las buenas prácticas de laboratorio en mecánica de suelos no son opcionales: son esenciales para garantizar la seguridad y confiabilidad del diseño geotécnico. Un laboratorio responsable debe asumir estrictamente la calibración continua, el seguimiento fiel de normas, la formación técnica del personal y la revisión ética de los datos.

Finalmente, como conclusión podemos decir que tanto las empresas que realizan trabajos de laboratorio deben de estar actualizadas en sus procedimientos los trabajadores y en general capacitados para realizar alguna prueba siempre siguiendo la norma puesto que así se puede evitar una falla o un error en los resultados, así como evitar repetir la prueba otra vez por los resultados están incorrectos.

Por nuestra parte es algo corto lo que llegamos a investigar, pero fue un tema de discusión que tuvimos todos y que mejor que se conozca sobre la trabajabilidad en un laboratorio de suelos puesto que aquí es donde todo empieza, es el primer paso para iniciar un proyecto. Por lo que es lo que compromete a toda la demás estructura, si falla los cálculos entonces todo lo demás no sería un buen trabajo de calidad. Creo que es importante que se garantice que el trabajo es honesto y en pocas palabras de calidad, que no genere dudas al momento de confiar en los materiales y en general en toda la obra. Obviamente se debe tener visitas periódicas en este aspecto para seguir corroborando y supervisando la calidad de esta.

El trabajo de laboratorio exige un respeto absoluto por los protocolos y procedimientos. Cada acción, desde la preparación de muestras hasta el análisis de datos, debe realizarse con minuciosidad para garantizar la validez y reproducibilidad de los resultados. Esto implica una mentalidad disciplinada y una atención al detalle que se convierte en parte integral del profesional.

En última instancia, la mecánica de suelos no solo implica conocer las propiedades del terreno, sino garantizar que dichas propiedades han sido obtenidas con rigor, honestidad y profesionalismo. La calidad de una obra comienza, siempre, en el laboratorio.

Bibliografía

- Cedeño García Jose, L. A. (2025). Comparacion de densidades en campo, densimetro nuclear vs cono de arena. *Revista dominio de las ciencias*. <https://doi.org/10.23857/dc.v11i1.4258>
- Morrillos Verastegui, M. A. & Tamayo Villar, J. (29 de febrero de 2024). *UPN Universidad Privada del Norte*. Repositorio Institucional UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/42697?utm_source=chatgpt.com
- Applied Testing & Geosciences. (03 de diciembre de 2012). *AASHTO Standards*. AASHTO Standards. <https://www.appliedtesting.com/standards/aashto-standards>
- ASTM. (12 de abril de 2009). *Ingeniería Civil en México*. Ingeniería Civil en México. <https://ingenieriasalva.blogspot.com/2009/04/astm-designacion-d-4220-00.html>
- Cedeño García, M. E., Llerena Aldaz, N. A., & Ortiz Hernandez, E. (2025). Comparación de Densidades de Campo con el Método Cono de Arena y Densímetro Nuclear. *Revista Dominio de las Ciencias*, 11(1), 1580–1592. https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/4258?utm_source=chatgpt.com
- Hermosillo, R. E. (21 de septiembre de 2021). *Facultad de Estudios Superiores Acatlán*. (2021). Facultad de Estudios Superiores Acatlán. <https://ingenieria.acatlan.unam.mx/media/vinculos/2021/08/FESA%20PIC%20I02%20LAB%20MECANICA%20%20DE%20SUELOS.pdf>
- McLain, K. W. (3 de abril de 2019). *Taylor & Francis Online. Journal of Structural Integrity and Maintenance*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24705314.2019.1603192?scroll=top&needAccess=true>
- Gobierno de México. (2013). *Normas y Especificaciones para Estudios de Mecánica de Suelos*. Normas y Especificaciones para Estudios de Mecánica de Suelos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105371/Tomoll_Estudios2013.pdf