

TESIS

**Incertidumbre en Ensayos Estándar de Mecánica de Suelos para la
Confiabilidad en los Laboratorios Geotécnicos.**

*Uncertainty in standard tests of soil mechanics for reliability in the geotechnical
Laboratories.*

Yackeline Karol Valeriano Garay*

Arturo Alayza Valenzuela**

RESUMEN

La estimación de la incertidumbre es un parámetro que caracteriza la variabilidad de los resultados de ensayos de laboratorio y de cualquier medición, debido a que estadísticamente no se conoce con certeza el valor absoluto o real para cualquier medición.

La investigación estudió parámetros que influyen en los resultados y se demostró que aportan errores significativos adicionales al proceso de un ensayo de mecánica de suelos, y esto a su vez nos permitió cuantificar los errores que se presentan durante el desarrollo de un ensayo de laboratorio.

Esta cuantificación de la incertidumbre de los resultados de ensayos de mecánica de suelos permite identificar y minimizar los errores con la finalidad de contribuir a la confiabilidad de los resultados y mejorar la evaluación geotécnica.

ABSTRACT

The estimate of the uncertainty is a parameter that characterizes the variability of the results of laboratory tests and any measurement, due to the fact that statistically it is not known with certainty the absolute value or actual for any measurement.

The research study parameters that influence the results and it was demonstrated that provide significant additional errors to the process of testing of soil mechanics, and this in turn enabled us to quantify the errors that occur during the development of a laboratory test.

This quantification of the uncertainty of the results of tests of soil mechanics allows you to identify and minimize the errors with the aim of contributing to the reliability of the results and improve the geotechnical evaluation.

INTRODUCCIÓN

La cuantificación de la incertidumbre de los resultados de ensayos de mecánica de suelos, que incluya factores de influencia relacionados a cada ensayo, es más confiable porque incluye mayores errores que pueden ser identificados después de un estudio profundo de la norma.

El uso de los sistemas de gestión son necesarios, ya que brindan los cimientos para el cumplimiento de la calidad en los laboratorios. En nuestro país aún no es muy difundido la Norma ISO/ IEC 17025, como lo es por ejemplo la ISO 9001, ambas relacionadas a la calidad, sin embargo en la ISO 17025 brinda los requisitos que debe tener todo laboratorio de ensayo para demostrar su competencia técnica con el objetivo de producir resultados técnicamente válidos. Uno de los requisitos que se debe cumplir es el cálculo de la incertidumbre para todos los resultados apoyado en una directriz con valor oficial (INDECOPI SNA/CRT-acr-09D).

Para la investigación se realizó una evaluación previa de los equipos, con la finalidad de identificar los errores que éstos pueden aportar al ensayo, ya que por ejemplo la medición de la masa a través de la balanza que utilizamos durante un ensayo de Contenido de Humedad es la principal fuente de incertidumbre, por lo tanto debemos hallar la incertidumbre en la medición de la masa. Un factor de influencia que también investigamos es la precisión que aporta el técnico que ejecuta el ensayo, por ejemplo, es necesario determinar el punto de fisura de un suelo cuando pasa del estado semiplástico a sólido, éste punto está sujeto a la capacidad y apreciación del técnico por lo tanto si no está estandarizado el punto de fisuración puede ser antes o después del real.

Para la expresión de la incertidumbre, se calculó por el procedimiento general, cuantificando la variabilidad asociada a cada fuente de incertidumbre, posteriormente se halla la incertidumbre combinada del proceso y de los factores de influencia y finalmente se multiplica por el factor de cobertura para hallar la incertidumbre expandida (U), que viene a ser el valor que expresa la incertidumbre del resultado de un ensayo de laboratorio.

Hipótesis

La incertidumbre del método que incluya los factores de influencia, nos permitirá hallar un valor más confiable en los resultados de los ensayos estándar de mecánica de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material

- A. *Suelo*, se realizó un muestreo para obtener un suelo homogéneo
- B. *Equipos*: Balanza 0.1g, Balanza 0.01g, Serie de Tamices, Copa Casagrande, Horno, Desecador, cronometro, vernier, equipos misceláneos (Recipientes, cucharones, lampa, agua destilada, ranuradores, vidrio esmerilado, termohigrómetro, espátula, brocha, escobillas, equipos de protección personal, etc).

Metodología

La metodología corresponde a una investigación exploratoria, correlacionar y experimental, y se desarrolló de la siguiente manera:

- A. CONOCIMIENTOS TEORICOS PARA LA INTERPRETACION DE LOS ENSAYOS
 - Teoría Básica de Estadística e Incertidumbre
 - Procedimientos y Normas relacionadas a la Verificación de las mediciones.
 - Resumen para cada ensayo de laboratorio / Estudio de la Norma
- B. DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LOS ENSAYOS
 - Ensayo de Contenido de Humedad
 - Ensayo de Análisis Granulométrico
 - Ensayo de Limites de Consistencia
 - Ensayo de Clasificación
- C. PROCESO DE ESTIMACION DE LA INCERTIDUMBRE
 - Cálculos y evaluación de los resultados
 - Cálculos los factores de variabilidad propuestos en el modelo matemático.
 - Evaluación de resultados y cálculos de la Incertidumbre de métodos
 - Calculo de la Incertidumbre Expandida y diagrama de contribuciones.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Contenido de Humedad: en el siguiente cuadro se muestra un resultado de ensayo asociado a al cálculo de la incertidumbre

EXPRESION DE RESULTADOS (%)	10.3 ± 0.05	Incertidumbre del Proceso
	10.3 ± 0.74	Incertidumbre del proceso incluido el Factor de Influencia

A continuación se presenta un gráfico con la valoración de los factores de influencia investigados:

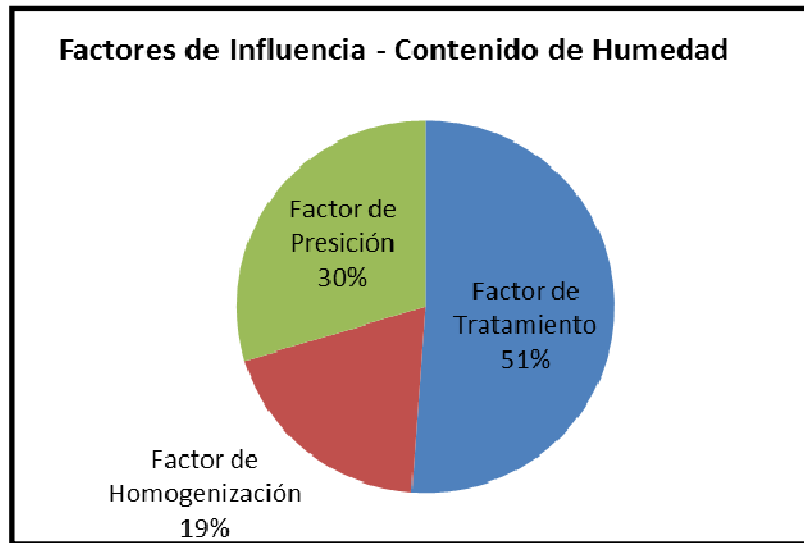


Figura 1. Tesis/ Factores de Influencia agrupados Contenido de Humedad

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que para el ensayo de contenido de humedad si se incluye los valores de influencia aumenta considerablemente el valor de incertidumbre.

Si tomamos como referencia el gráfico de factores de Influencia observamos que el factor de tratamiento es el que aporta mayor incertidumbre en el método, dentro de este factor se ha considerado la participación de un 36% de error por condiciones ambientales, es decir si dejamos tapado, o sin tapar o utilizamos un desecador, al momento de retirar la muestra del horno y esperar que enfríe para pesar en seco, esto podemos deducir a la alta humedad presente en esta ciudad, seguido con un 14% de error que aporta el almacenamiento de la muestra previo a la ejecución ya que se tomaron a diferentes días y demostramos que existe una pérdida de la humedad conforme avanzan los días, finalmente dentro del factor de tratamiento agrupamos también al factor de secado constante demostrando que solo interviene en 1% del error. El segundo factor de influencia con un 30% corresponde a la precisión evaluada en replicas realizadas por los técnicos al

tratarse de un ensayo tan sencillo podemos deducir que corresponde a la sensibilidad de las muestras y al tratamiento que da el operador durante el ensayo. El factor de homogenización o cuarteo ocupa el tercer lugar con un 19% de error, considerando que se analizó un material homogéneo, es considerable la variación que puede existir si cuarteamos ó tomamos la muestra por puntos aleatorios.

Considerar que de todos los ensayos investigados se realiza el mismo análisis, y este criterio sirve para identificar donde se produce el mayor error para que el laboratorio que realiza la investigación plantee su mejor solución.

CONCLUSIONES

1. Se ha demostrado en los ensayos investigados que los factores de influencia incrementa la incertidumbre del método de ensayo.
2. Los factores de Precisión, Tratamiento y Homogenización influyen en la incertidumbre de todos los ensayos investigados, las condiciones ambientales si no son controlados puede elevar considerablemente el error en los ensayos de límites de consistencia, el error en el cuarteo y lavado es muy posible que sea mayor en suelos heterogéneos.
3. El laboratorio debe establecer parámetros de control para cada condición que pueda afectar a los ensayos de laboratorio, de tal manera que sea un filtro antes de la emisión de un resultado y éste sea más confiable.
4. Es necesario la elaboración un procedimiento de estimación de la incertidumbre para cada laboratorio, incluyendo las capacidades y limitaciones que influyan de manera relevante a la calidad del ensayo.
5. Las capacitaciones técnicas para uniformizar criterios son muy importantes al inicio y para el planeamiento de la estimación de la incertidumbre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (GUM) JCGM 100:2008
- Vocabulario Internacional de términos fundamentales y generales de metrología (VIM)BIPM IEC IFCC ISO IUPAC, UIPAP Y OIML
- NTP ISO /IEC 17025 – 2006- Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración.
- Directriz para la estimación y expresión de la Incertidumbre de la Medición SNA-acr-09D-ver 02

- Guía para Estimar la Incertidumbre de la Medición”, CENAM (Centro Nacional de Metrología), Wolfgang A. Schmid y Rubén J. Lazo Martínez, Mayo 2000