

**Confirmación de métodos de ensayos y su impacto en el laboratorio de
Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional
Bucaramanga**

Nohora Emma Monsalve Peña.

Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.
Maestría en ingeniería civil-Transporte e infraestructura
Bucaramanga
2019

**Confirmación de métodos de ensayos y su impacto en el laboratorio de
Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional
Bucaramanga**

ii

PRESENTADO POR: Nohora Emma Monsalve Peña.

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN
INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR DEL PROYECTO
Ing. MSc. LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ

Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.
Maestría en ingeniería civil-Transporte e infraestructura
Bucaramanga
2019

Dedicatoria

A Papito Dios por regalarme la vida, acompañarme en cada paso que he dado y por darme la fuerza de voluntad para salir adelante en cada situación.

A mi Mamita Linda, mi angelito, ejemplo de dedicación, esfuerzo y entrega, quien me apoyó día a día y me formó con Principios y Valores de los cuales me siento orgullosa, a Ella, que desde el cielo siempre me acompaña y es “Mi mejor Palanca”.

A mi Papi, por su presencia constante, su apoyo, su amor y buenos consejos.

A mi hermano, por estar en los momentos más importantes de mi vida, por su apoyo, cariño y comprensión

A mi Hija, mi Princesa, quien es mi bendición y mi motor para seguir adelante, la personita que me alienta a ser mejor cada día y la que me ha enseñado el verdadero significado del amor, puro e infinito, a Ella, que me ha tenido paciencia, cuando no he podido dedicarle el tiempo que se merece y ha sido mi refugio, compañía y mi tabla de salvación en muchos momentos de mi vida.

A ti, que fuiste protagonista de mi decisión de continuar con mis estudios y de crecer profesionalmente.

Agradecimientos

iv

Gracias a Dios por ser mi Luz y mi Guía en cada paso de mi vida.

Gracias a la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, por la oportunidad de desarrollarme como persona y profesional.

A la Ing. Norma Cristina Solarte, compañera y amiga, por motivarme a realizar la Maestría y apoyarme con sus asesorías y buenos consejos.

A la Ing. Luz Marina Torrados Gómez, Profesora, amiga y directora del Proyecto, por su presencia constante, motivación y apoyo a nivel personal y profesional.

Al personal del Laboratorio de Ingeniería Civil, “Mi Equipo”, que asumió el reto de la Acreditación del Laboratorio de Suelos y Geotecnia, con compromiso, entrega, dedicación y sacrificio.

A todos mis compañeros y amigos de la Facultad de Ingeniería Civil, porque siempre estuvieron atentos de la evolución de mis estudios de Maestría.

Nota de aceptación. v

Firma del Jurado calificador

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, abril de 2019

Tabla de Contenido

vi

Introducción	1
Capítulo 1 Planteamiento del problema	2
Capítulo 2 Antecedentes	4
Reseña Histórica Laboratorios de Ingeniería Civil	4
Proceso de Acreditación del Laboratorio de Suelos y Geotecnia	6
Capítulo 3 Justificación.....	13
Capítulo 4 Objetivos	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Capítulo 5 Marco referencial	15
Marco conceptual	15
Marco teórico	17
Capítulo 6 Diseño Metodológico	27
Capítulo 7 Resultados y discusión	30
Especificaciones y/o requisitos de los métodos	30
Elaboración del plan de mantenimiento, verificación y calibración de equipos	42
Confirmación de métodos	51
Capítulo 8 Conclusiones	66
Capítulo 9 Recomendaciones	68
Bibliografía	70
Anexos.....	73

Lista de tablas

vii

Tabla 1. Parámetros de validación según el método.....	18
Tabla 2. Listado de equipos empleados en cada método de ensayo.	43
Tabla 3. Resumen de los resultados del método de ensayo INV E-122-13.....	63

Figura 1. imágenes correspondientes al certificado de acreditación 14-LAB-042 del 2015-04-14.	10
Figura 2. imágenes correspondientes a la renovación de la certificación de acreditación 14-LAB-042 del 2023-04-13.	12
Figura 3. La muestra se esparce sobre una cazuela de bronce (A) y se divide en dos partes con un ranurador (B).....	33
Figura 4. Elaboración de cilindros de 3 mm.	36
Figura 5. Molde empleado (A) y proceso de compactación con el martillo (B).	39
Figura 6. Formato de verificación de certificados de calibración.....	44
Figura 7. Formato intervalo de calibración de equipos-Horno.	45
Figura 8. Formato de mantenimiento y calibración de equipos.....	47
Figura 9. Instructivo de verificación de equipos-horno de secado.	48
Figura 10. Formato de verificación interna II-FO-188- horno de secado.....	50
Figura 11. Cronograma de verificación de equipos laboratorio de suelos y geotecnia.	51
Figura 12. Primeros seis ítems del informe de confirmación.	53
Figura 13. Trazabilidad de la balanza.	55
Figura 14. Trazabilidad del horno.....	56
Figura 15. Ítems 9, 10, 11 y 12 del informe de confirmación.....	57
Figura 16. Formato de supervisión técnica del personal para el método INV E 122-13.....	58
Figura 17. Resultados de prueba de normalidad y Anova para arena arcillosa.	60
Figura 18. Medición y evaluación del desempeño.....	62

Anexo A. Certificados de calibración de cada equipo y formatos de verificación de certificados.
..... 73

Anexo B. Formato de intervalo de calibración de equipos. 73

Anexo C. Instructivos y formatos de verificación de equipos. 73

Anexo D. Informes de confirmación de los métodos de ensayo..... 73

Anexo E. Formatos de supervisión técnica del personal para cada ensayo. 73

Anexo F. Procedimiento de aseguramiento de la calidad de los resultados. 73

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO:	Confirmación de métodos de ensayos y su impacto en el laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga
AUTOR(ES):	Nohora Emma Monsalve Peña
PROGRAMA:	Maestría en Ingeniería Civil
DIRECTOR(A):	Luz Marina Torrado Gómez

RESUMEN

El Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, tiene implementado el Sistema de Gestión de la Calidad basado en la norma ISO/IEC 17025/2005 y cuenta con la acreditación de ensayos con base en las Normas Técnicas del Instituto Nacional de Vías, INVIAS 2013. Este proyecto consistió en tres fases; revisión de documentos, elaboración del plan de mantenimiento, verificación y calibración de equipos y la confirmación de cuatro métodos de ensayo: Contenido de agua (humedad) de muestras de suelos, roca y mezclas de suelos – agregado (INV E-122-13), Límite líquido suelos (INV E-125-13), Límite Plástico e Índice de plasticidad de los suelos (INV E-126-13) y Relaciones de humedad-peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación- INV E-142-13), con el fin de dar cumplimiento al numeral 5.4 de la norma, para que el laboratorio ratifique su capacidad de aplicar correctamente los métodos y los rangos de trabajo, antes de utilizarlos para los ensayos. Se evidenció que el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, garantiza rigurosidad técnica, competencia, confiabilidad y transparencia en los resultados, mediante la confirmación de los métodos de ensayo.

PALABRAS CLAVE:

laboratorio de Suelos y Geotecnia, métodos de confirmación, INVIAS, confiabilidad.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Confirmation of methods of tests and their impact in the Soil and Geotechnical laboratory of the University Pontificia Bolivariana Bucaramanga section

AUTHOR(S): Nohora Emma Monsalve Peña

FACULTY: Maestría en Ingeniería Civil

DIRECTOR: Luz Marina Torrado Gómez

ABSTRACT

The Soil and Geotechnical Laboratory of the University Pontificia Bolivariana Bucaramanga section, has implemented the Quality Management System based on the ISO / IEC 17025/2005 standard and has the accreditation of tests based on the Technical Standards of the National Institute of road, INVIAS 2013. This project consisted of three phases; review of documents, preparation of maintenance plan, verification and calibration of equipment and confirmation of four test methods: Water content (humidity) of soil, rock and soil mixtures - aggregate samples (INV E-122-13), Liquid soil limit (INV E-125-13) , Plastic limit and soil plasticity index (INV E-126-13) and moisture-dry unit weight in soil (modified compaction test -INV E-142-13), in order to comply with the numeral 5.4 of the standard so that the laboratory ratifies its capacity to correctly apply the methods and ranges of work, before using them for the tests. It was evidenced that the Soil and Geotechnical Laboratory of the University Pontificia Bolivariana Bucaramanga section, has a compliance with the confirmation methods guaranteeing a technical rigor, competence, reliability and transparency in the processes.

KEYWORDS:

Soil and Geotechnical laboratory, confirmation methods, INVIAS, reliability.

Vº Bº DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

Hoy en día las organizaciones que cuentan con laboratorios de ensayo y de calibración requieren de la acreditación de sus pruebas, lo que les permite cumplir con estándares de calidad y alcanzar un alto nivel competitivo proporcionando resultados lo suficientemente confiables y cumpliendo con la normatividad nacional e internacional, postulados acordes, siguiendo la norma ISO/IEC 17025/2005.

El Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, implementó desde el año 2014 un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la norma ISO/IEC 17025/2005, logrando la acreditación de ocho ensayos con base en las Normas Técnicas del Instituto Nacional de Vías, INVIAS 2013. Por tal motivo, este proyecto consiste en la confirmación de cuatro métodos de ensayo: Contenido de agua (humedad) de muestras de suelos, roca y mezclas de suelos – agregado (INV E-122-13), Límite líquido suelos (INV E-125-13 Método A), Límite Plástico e índice de plasticidad de los suelos (INV E-126-13) y Relaciones de humedad-peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación- INV E-142-13 Método A, B y C). Con el objetivo de demostrar, por medio de verificación de instalaciones, condiciones ambientales, selección de equipos, ensayos de repetibilidad y demás datos estadísticos, la competencia técnica del Laboratorio de Suelos y Geotecnia y de garantizar resultados eficientes y confiables.

Planteamiento del problema

La acreditación es un proceso constante que contribuye a la mejora continua de los servicios prestados en un laboratorio por lo que se deben cumplir todos los requisitos establecidos, en este caso en la norma ISO/IEC 17025:2005. Actualmente los laboratorios deben trabajar constantemente en la mejora de sus ensayos y cumplir con los requisitos de las normas acreditadas, permitiendo demostrar confiabilidad en los procedimientos que se llevan a cabo (Torres, 2017).

El Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, cuenta con unas instalaciones y equipos adecuados a los requerimientos de los laboratorios de ensayo y calibración y a las actuales exigencias técnicas. Sin embargo, son muchos los factores que determinan la exactitud y confiabilidad de los ensayos.

Los factores que contribuyen a la incertidumbre total de las mediciones varían según los ensayos y las calibraciones, por lo que el Laboratorio de Suelos y Geotecnia no cuenta con la confirmación de cada uno de los ensayos acreditados como es indicado en el requisito 5.4 de la norma ISO/IEC 17025/2005.

Las confirmaciones de cada uno de los métodos de los ensayos de laboratorio son esenciales para garantizar que el laboratorio cuenta con la capacidad para realizar las actividades descritas en su área técnica. Si un laboratorio no realiza las confirmaciones de los métodos, aunque tengan la infraestructura necesaria para hacerlos, los equipos y el personal idóneo, y realice los métodos normalizados, esto no asegura la correcta ejecución y realización de los mismos por parte del laboratorio y a su vez no asegura límites de control para la realización de los ensayos inscritos.

Con base en el análisis realizado al laboratorio, el problema identificado es la falta de seguimiento a la calibración de los equipos utilizados en los métodos por medio de un cronograma y la carencia de los informes de confirmación de los métodos de ensayo acreditados.

Antecedentes

Reseña Histórica Laboratorios de Ingeniería Civil

Los laboratorios de ingeniería civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga iniciaron actividades en el año 1996, con la creación de los laboratorios de Mecánica de Suelos y Resistencia de Materiales, bajo la dirección de los ingenieros Gerardo Bautista Riveros y María Fernanda Serrano Guzmán, docentes en ese entonces de dichas asignaturas respectivamente y bajo la colaboración en el laboratorio del técnico Heli Rueda Aparicio como instructor de los laboratorios. Los laboratorios se encontraban ubicados en la Sede del Seminario Mayor en salones prefabricados ubicados en la parte posterior de los laboratorios de Psicología (en el sitio más alejado de la comunidad).

El laboratorio de Suelos contaba en ese entonces con los siguientes equipos: tamices para suelos, una cazuela de Casagrande manual, un horno eléctrico marca Grieve y un equipo para límites de contracción y gravedad específica relativa de sólidos. El laboratorio de Resistencia de Materiales inició con los siguientes equipos: una prensa manual para compresión de concreto, marca Pinzuar, una prensa manual para ensayos de tensión de aceros y un equipo de impacto manual, marca Terco.

Posteriormente, en el año 1997, ingresa al personal de los laboratorios la Tecnóloga Luz Marina Torrado Gómez, quien empieza a apoyar las labores tanto académicas como administrativas de los laboratorios. En ese entonces se empieza a ofrecer la asignatura de Materiales de Construcción y su correspondiente laboratorio. Se destaca que el primer grupo de laboratorio de mecánica de suelos estuvo conformado por cinco estudiantes y el de Resistencia de Materiales por 12 estudiantes. Años más tarde, se dio la apertura de otros laboratorios tales

como pavimentos, mecánica de fluidos e hidráulica de canales, los cuales fueron apoyados por la Universidad Industrial de Santander y el Sena Seccional Girón.

5

A principios del año 1998, los laboratorios fueron trasladados a las nuevas instalaciones ubicadas en el Km 7 autopista a Floridablanca, en el edificio A. Los laboratorios de suelos y pavimentos estaban ubicados en el A-102, los laboratorios de resistencia y materiales en el A-103 y los de hidráulica y fluidos en el A-104, con el mismo recurso humano.

A finales del año 1998, fue nombrado como coordinador de los laboratorios el Ing. Diego Martín Oviedo Salcedo. Hacia 1999 se inició la venta de servicios con el apoyo de la tecnóloga Luz Marina Torrado Gómez y Heli Rueda Aparicio. Es así como empiezan a robustecerse todos los laboratorios de la Facultad con la adquisición de nuevos equipos de laboratorio. Entre estas grandes adquisiciones de ese entonces se pueden considerar como importantes la adquisición del equipo Triaxial de suelos, marca Humboldt, único equipo existente en Santander, la máquina de los ángeles (desgaste), marca Controls, la prensa Geotest para ensayos de CBR y Marshall, la prensa manual para compresión simple de suelos, marca Controls, una máquina manual para ensayos de corte directo, marca Controls y la prensa manual de resistencia de materiales que fue sistematizada por estudiantes de ingeniería electrónica.

En el período comprendido entre el año 2002 a 2007, la coordinación de los laboratorios fue liderada por el Ing. Gerardo Bautista García, con el cual, se dieron los primeros pasos para la implementación del sistema de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025:2005. En el año 2004, fue contratado el técnico de laboratorio José Vicente Páez para apoyar los trabajos de los laboratorios y la venta de servicios. Las Ingenieras Piedad Eliana Lizcano, Victoria Gamán y Silvia Tijo hicieron parte del equipo de coordinadoras en el periodo comprendido entre el 2007 y el 2009. Posteriormente, en el 2010, asume la coordinación de los Laboratorios de Ingeniera

Civil, Luz Marina Torrado, la cual lideró, en el año 2012, el traslado de los laboratorios al edificio K, dándose un cambio total a los laboratorios de la facultad, por su crecimiento, pasando de tres laboratorios, a un total de seis laboratorios

- Geotecnia y Pavimentos,
- Hidráulica y Fluidos,
- Resistencia y Materiales,
- Estructuras y Dinámica Estructural,
- Laboratorio de Construcciones
- Laboratorio de Modelación y Simulación

Las áreas aumentaron significativamente, con el objetivo de brindar unos mejores espacios dedicados a la docencia, investigación y extensión, al servicio de toda la comunidad en general. En marzo de 2014, se posesionó la actual Coordinadora de los laboratorios, la Ingeniera Nohora Emma Monsalve Peña y quien ha estado a cargo de la creación e implementación del sistema de calidad para la acreditación de algunos ensayos del Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad, con base en las Normas Técnicas del Instituto Nacional de Vías, INVIAS 2013 y los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, Norma Internacional ISO/IEC 17025.

Proceso de Acreditación del Laboratorio de Suelos y Geotecnia

En el 2010, la Ingeniera Luz Marina Torrado Gómez, Magister en Geotecnia y egresada de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga e integrante del grupo de Investigación en Detección De Contaminantes y Remediación DeCoR, quien en compañía de la Dra. María Fernanda Serrano Guzmán, aplican para la convocatoria 561 de 2012, del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, en

convocatoria abierta para apoyar la estandarización y acreditación de pruebas y calibraciones 7
de los laboratorios de universidades, centros de investigación y desarrollo tecnológico, dedicados a prestar servicios en el campo de pruebas, medición y/o calibración, como uno de los objetivos de la estrategia de fomento a la innovación y al desarrollo productivo a los sectores de clase mundial.

En ese entonces, el laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil recibió el apoyo para llevar a cabo la Parametrización de Pruebas mecánicas de suelos contaminados por derrames de hidrocarburo (proyecto presentado), así, la co-financiación de Colciencias permitió el fortalecimiento de la capacidad instalada que tenía el laboratorio, acciones que se complementaron posteriormente con las adecuaciones y estudios amparados con una parte de los rubros provenientes del Acta 02- del convenio Marco 5211508 suscrito entre Ecopetrol-ICP y la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, proyecto liderado por las mismas investigadoras.

En el año 2014, fue presentada la solicitud, frente al Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, ONAC, para la acreditación de los siguientes ensayos con base en las normas INVIAS 2007, tanto para suelos normales como para suelos contaminados con hidrocarburos. (Total 8 ensayos para suelo normal y 8 para suelos contaminados con hidrocarburo)

Humedad natural INV E – 122 – 07

Determinación de tamaño de las partículas INV E-123– 07

Límite líquido INV E-125– 07

Límite plástico e índice de plasticidad INV E-126– 07

Proctor modificado INV E -142– 07

Permeabilidad INV E-130– 07

Corte directo INV E-154– 07

Una vez, realizada la solicitud, el ONAC, mediante comunicado de fecha 15/08/2014, informó que dicha acreditación se debía realizar con las normas INVIAS vigentes, las cuales se habían renovado en el mes de mayo de 2013, mediante resolución 1375, por lo cual hubo necesidad de realizar la transición.

La Evaluación Inicial se llevó a cabo en el mes de noviembre de 2014, así:

- Etapa 1: Revisión documental, 2014-11-04
- Etapa 2: Evaluación en sitio, 2014-11-04 a 2014-11-06
- Aprobación del Plan de correcciones y acciones correctivas: 2014-12-16

Teniendo en cuenta que la Evaluación inicial para la acreditación, había empezado en el año anterior, y hubo necesidad de realizar una evaluación complementaria para verificar en sitio la implementación de los planes propuestos para el levantamiento de las No Conformidades Presentadas, ésta fue realizada el 2015-03-11 a 2015-03-13, por parte del evaluador líder Alexander Secue Roncería y el Experto Técnico Héctor Emilio Daza.

Como resultado de esta evaluación, se logró el alcance para suelos normales.

El alcance de la acreditación fue aprobado el 2015/03/20 y el certificado fue emitido con fecha de aprobación del 2015-04-14, con vigencia hasta el 2018-04-13. En la figura 1, se encuentran las imágenes correspondientes al certificado de acreditación 14-LAB-042 del 2015-04-14.



Anexo de Certificado

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA- SECCIONAL BUCARAMANGA -
LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA

14-LAB-042

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

CODIGO SECTOR GENERAL	CODIGO SECTOR ESPECIFICO	ENSAYO	TÉCNICA / MÉTODO	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L08	C58	Contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo - agregado	Gravimétrico	Suelo	0 % a 100 %	INVE-122-13
L08	C58	Límite líquido de suelos	Gravimétrico	Suelo	0 % a 100 %	INVE-125-13 (Método A)
L08	C58	Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	Gravimétrico	Suelo	0 % a 80 %	INVE-126-13
L08	C58	Compresión confinada en muestras de suelo	Físico	Suelo	27 kPa a 3100 kPa 0 mm a 15 mm Deformación	INVE-152-13
L08	C58	Contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo, roca, mezclas de suelo - agregado contaminado con glicerina	Gravimétrico	Suelo contaminado con glicerina	0 % a 100 %	Determinación en el laboratorio del contenido de agua (Humedad) de muestras de suelo, roca, mezclas de suelo - agregado contaminado con glicerina, DTSC-1, Versión 1 de 2014-03-12 (Adaptado de la INVE-122-13)

Fecha de Aprobación: 2015-04-14

Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación:

Fecha de Vencimiento:

2018-04-13


 Director Ejecutivo

Página 2 de 3




Anexo de Certificado

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA- SECCIONAL BUCARAMANGA -
LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA
14-LAB-042
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005**

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

CODIGO SECTOR GENERAL	CODIGO SECTOR ESPECIFICO	ENSAYO	TÉCNICA / METODO	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L08	C08	Límite líquido de suelos contaminados con glicerina	Gravimétrico	Suelo contaminado con glicerina	0 % a 100 %	Determinación de límite líquido de suelos contaminados con glicerina PTSC-3, Versión 1 de 2014-03-12 (Adaptado de la INV E-125-13)
L08	C08	Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos contaminados con glicerina	Gravimétrico	Suelo contaminado con glicerina	0 % a 60 %	Determinación de límite plástico e índice de plasticidad de los suelos contaminados con glicerina PTSC-4, Versión 1 de 2014-03-12 (Adaptado de la INV E-125-13)
L08	C08	Compresión confinada en muestras de suelos contaminados con glicerina	Físico	Suelo contaminado con glicerina	27 kPa a 3100 kPa 0 mm a 15 mm Deformación	Determinación de compresión confinada en muestra de suelos contaminados con glicerina PTSC-6, Versión 1 de 2014-03-12 (Adaptado de la INV E-152-13)

Sitios cubiertos por la acreditación
Km. 7 Vía Piedecuesta- Laboratorio de Suelos y Geotecnia, K-104, Bucaramanga, Santander

Fecha de Aprobación: 2015-04-14 Fecha Última Modificación:

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2018-04-13


 Director Ejecutivo

Página 3 de 3

Nº 22391

PR-4.2-10 (Anexo F00-P-DEC-01) Revisión 2 - Aprobado 2013-06-04

Figura 1. imágenes certificado de acreditación 14-LAB-042 del 2015-04-14.

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.

De igual forma se realizó la renovación de la acreditación logrando extenderla hasta el 11 2023-04-13 como se muestra en la figura 2.

No. L 2600



EL ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA
acredita a:

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA-
SECCIONAL BUCARAMANGA -
LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA**
NIT: 890.902.922-6
Circular 1º No. 70-01, Medellín, Antioquia, Colombia.

La evaluación y acreditación de este organismo de evaluación de la conformidad, se han realizado con respecto a los requisitos especificados en la norma internacional:

ISO/IEC 17025:2005

Esta Acreditación es aplicable al alcance establecido en el anexo
14-LAB-042

Esta Acreditación está sujeta a que el organismo de evaluación de la conformidad se mantenga conforme con los requisitos especificados, lo cual será evaluado por ONAC. La vigencia de este certificado se puede verificar en www.onac.org.co

Certificado de Acreditación 14-LAB-042

Fecha de Otorgamiento: 2015-04-14 Fecha Última Modificación: 2018-04-13

Fecha de Renovación: 2018-04-14 Fecha de Vencimiento: 2023-04-13


Director Ejecutivo

Página 1 de 2



FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. LA 15071




ANEXO DE CERTIFICADO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA- SECCIONAL
BUCARAMANGA - LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA
14-LAB-042
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005**

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Símbolos cubiertos por la acreditación
Dirección Laboral: Km. 7 Vía Madrequestra - Laboratorio de Suelos y Geotecnia, K-104 Bucaramanga, Santander

CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L09	C06	Contenido de agua (humedad) de muestras de suelos, rocas y masas de suelo - 0209030	Gravimétrica	Suelo	1 % a 400%	INV E- 122-13
L09	C06	Determinación del Límite líquido de suelos	Gravimétrica	Suelo	20% a 429 %	INV E- 125-13 (MÉTODO A)
L09	C06	Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	Gravimétrica	Suelo	12 % a 50 %	INV E- 126-13
L04	C06	Compresión incondicionada en muestras de suelos	Mecánica	Suelo	94 kPa a 720 kPa	INV E- 132-13
L09	C06	Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos	Gravimétrica	suelo	0% a 100% tamaño 1µm a 75 mm	INV E-133-13
L09	C06	Relaciones de humedad-peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación)	Gravimétrica	suelo	13 kU/m ³ a 21,5 kU/m ³ humedad 7,7% a 12,9%	INV E-142-13
L04	C06	Ensayo de corte directo en condición Consolidada Drenada (CD)	Mecánica	suelo	80 kPa a 140 kPa	INV E- 154-13
L09	C06	Permeabilidad de suelos granulares (Cobetas constantes)	Física	suelo	1*10 ⁻⁴ cm/s a 3* 10 ⁻⁴ cm/s	INV E- 160-13

Fecha de Otorgamiento: 2015-04-14

Fecha Última Modificación: 2018-04-13

Fecha de Renovación: ~~2018-04-14~~

Fecha de Vencimiento: 2023-04-13



Director Ejecutivo

Página 2 de 2

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

Figura 2. imágenes renovación de la certificación de acreditación 14-LAB-042 del 2023-04-

13.

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.

Justificación

La implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad y la acreditación de los ensayos realizados en un laboratorio bajo la norma ISO/IEC 17025:2005 permite garantizar los métodos empleados y que los resultados sean confiables.

Por lo anterior, el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga debe realizar la confirmación de cada uno de los métodos de los ensayos acreditados, lo que permitirá establecer implícitamente el cumplimiento de los parámetros de verificación de equipos, incertidumbre y ensayos de aptitud, para regular y estandarizar los métodos de ensayo y las aptitudes del personal, asegurando la calidad de los resultados.

Por otra parte, entre las funciones de la Dirección de Laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, se encuentra apoyar y asesorar los procesos de acreditación de los laboratorios para el aseguramiento de la calidad y el mejoramiento continuo en cada una de las dependencias.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar informes de confirmación de métodos de ensayo con base en el requisito 5.4 de la Norma NTC- ISO/IEC 17025:2005, para el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, para los métodos de ensayo INV E-122-13, INV E-125-13 (Método A), INV E-126-13, e INV E-142-13 (Método A, B y C).

Objetivos específicos

- Determinar el tiempo apropiado para realizar la calibración de los equipos utilizados en los métodos de ensayo INV E-122-13, INV E-125-13 (Método A), INV E-126-13, e INV E-142-13 (Método A, B y C), del laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, con base en la Guía ILAC-G24 OIML D10 de lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición.
- Asegurar que la confirmación de métodos de cada uno de los ensayos INV E-122-13, INV E-125-13 (Método A), INV E-126-13, e INV E-142-13 (Método A, B y C), del Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, cumpla con los parámetros de repetibilidad, veracidad (verificación de equipos), cartas control y ensayos de aptitud.

Marco referencial

En este capítulo se presenta la información bibliográfica referente a conceptos generales con respecto a la norma ISO/IEC 17025/2005 y la validación y confirmación de métodos. De igual forma, se describen temas sobre verificación de equipos, incertidumbre de medición, cartas de control, ensayos de actitud y demás datos estadísticos, que permiten al Laboratorio de Suelos y Geotecnia, garantizar resultados eficientes y confiables.

Marco conceptual

Calibración: conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes que indiquen un instrumento de medición o un sistema de medición, o valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes determinados por medio de los patrones (Ministerio de industria, 2018).

Exactitud de medición: cercanía del acuerdo entre el resultado de una medición y un valor verdadero de la magnitud por medir (Gregorio, William, & Marcela, 2009).

Incertidumbre: es el parámetro asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al valor a medir. El valor de incertidumbre incluye componentes que pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden caracterizarse por sus desviaciones estándar experimentales o por componentes, que también pueden ser caracterizados por

desviaciones estándar, se evalúan asumiendo distribuciones de probabilidad, basadas en la experiencia adquirida o en otras informaciones (Wolfgang, Schmid, & Martínez, 2014).

Instrumento de medición digital: instrumento de medición que suministra una señal de salida en forma digital.

Metrología: es la ciencia que estudia las mediciones de las diferentes magnitudes garantizando su normalización mediante la trazabilidad. Las actividades metroológicas de calibración, medición y ensayo son fundamentales para garantizar la calidad de las mediciones y procesos industriales, así como de la calidad de vida. Ello supone la necesidad de contar con resultados trazables a patrones de referencia (JCGM, 2008).

Laboratorio de pruebas y ensayos: laboratorio nacional, extranjero o internacional, que posee la competencia e idoneidad necesarias para llevar a cabo en forma general la determinación de las características, aptitud o funcionamiento de materiales o productos (Ministerio de Desarrollo Económico, 1993).

Patrón de trabajo: patrón que se utiliza rutinariamente para calibrar o comprobar, instrumentos de medida.

Repetibilidad de los resultados de las mediciones: cercanía entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud por medir, efectuadas en las mismas condiciones de medición. Estas condiciones se llaman condiciones de repetibilidad, las condiciones de repetibilidad incluyen el mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición utilizado en las mismas condiciones, el mismo lugar y repetición dentro de un período de tiempo corto. Adicionalmente, la repetibilidad se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de dispersión de los resultados (Meza & Botero, 2007)

Trazabilidad: se define como la capacidad de relacionar los resultados de las mediciones individuales con referencias específicas, usualmente estándares nacionales o internacionales a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

Validación: confirmación, mediante la aportación de evidencia objetiva, de que se han cumplido los requisitos para una utilización o aplicación específica prevista.

Marco teórico

Norma ISO 17025:2005

La norma ISO 17025:2005, requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, es una norma que demuestra que los laboratorios de prueba y calibración utilizan un sistema de calidad, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados válidos. La norma contiene tanto requisitos de gestión como requisitos técnicos que inciden sobre la mejora de la calidad del trabajo realizado en los laboratorios, favoreciendo la creación de un conocimiento colectivo, que facilita la integración del personal, y un profundo conocimiento interno de la organización, proporcionando flexibilidad en la adaptación a necesidades y cambios del entorno y permite detectar problemas para su resolución anticipada. Finalmente, la acreditación del laboratorio será el reconocimiento formal de la competencia y capacidad técnica para llevar a cabo análisis específicos (ICONTEC, 2005).

Validación y confirmación de métodos

El objetivo final de la validación de un método analítico es asegurar que los resultados de las mediciones en los análisis de rutina se encuentran lo suficientemente cerca del valor verdadero (desconocido) del contenido del analito en la muestra. El laboratorio elige los métodos de ensayo

de acuerdo con las reglamentaciones vigentes (cuando es pertinente), de acuerdo con los requisitos del usuario final o cliente, o a requerimiento de éste. Una vez elegido el método existen tres posibilidades: que el método sea normalizado y se aplique tal cual dice la norma, que el método sea una modificación de un método normalizado o que el método se haya desarrollado en el laboratorio o se haya obtenido de bibliografía (Veyretou, 2014). Según el caso elegido, el alcance de la validación será diferente como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de validación según el método.

Método	Parámetros de Validación
Normalizado	Repetibilidad, veracidad, incertidumbre, límite de detección (si aplica), carta de control (material de referencia), participación en ensayos de aptitud.
Modificación de un método normalizado	Dependiendo de la modificación, se evalúan que parámetros deben ser verificados.
Método propio	Evaluar todos los parámetros posibles, dependiendo del método.

Fuente: (Veyretou, 2014).

Verificación de equipos

La verificación de equipos es la evidencia de que un elemento satisface los requisitos especificados. El laboratorio debe determinar el seguimiento y la medición a realizar y, los equipos de seguimiento y medición necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados. Debe establecer procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse y se ejecutan de una manera coherente con los requisitos. El aseguramiento de la medida es también una herramienta de mejora, pues

proporciona un conocimiento de lo que se produce y del modo como se llega al resultado 19
(Hauck, Koch, & Abernethy, 2008).

Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe calibrarse o verificarse, o ambos, a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales; como se explica en la norma ISO-9001:2015 y en la ILAC-G24- OIML D10, guía para la determinación de intervalos de calibración en instrumentos de medición, donde se menciona que un aspecto importante para mantener la capacidad de un laboratorio para producir resultados de medición trazables y confiables es la determinación del máximo periodo que debe ser permitido entre calibraciones sucesivas (recalibraciones) de los patrones de referencia y de trabajo, y de los instrumentos de medición utilizados, el cual implica un análisis matemático estadístico, que requiere de precisión y de gran cantidad de datos.

Varias normas internacionales toman este aspecto en consideración, por ejemplo:

- COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 (Norma Técnica Guatemalteca) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración contiene los siguientes requisitos:

Se deben establecer programas de calibración para las magnitudes o los valores clave de los instrumentos, cuando dichas propiedades afecten significativamente a los resultados. El programa debería incluir un sistema para seleccionar, utilizar, calibrar, chequear, controlar y mantener los patrones de medición, los materiales de referencia utilizados como patrones de medición, y los equipos de ensayo y de medición utilizados para realizar los ensayos y las calibraciones (COGUANOR, 2005).

contiene los requisitos:

Se deben calibrar o verificar los equipos de medición comparado con patrones de medición, cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación. Este documento se enfoca en la determinación de los intervalos de calibración de los instrumentos de medición. Los métodos descritos pueden también ser utilizados de forma apropiada para patrones de referencia, patrones de trabajo, entre otros., que estén bajo el control del laboratorio.

Una de las decisiones más significativas con respecto a la calibración es cuándo hacerla y con qué frecuencia hacerla. Son diversos los factores que influyen en el intervalo de calibración como la incertidumbre de la medición requerida, el riesgo de que un instrumento de medición exceda los límites del error máximo, el costo de las acciones correctivas necesarias cuando se determina que el instrumento no estuvo funcionando apropiadamente durante un período prolongado (OIML, 2007).

Los métodos se pueden usar para seleccionar un intervalo inicial de calibración, y los reajustes a estos intervalos se harán luego, sobre la base de la experiencia. Los resultados de las distintas calibraciones se coleccionarán y conformarán una base de datos históricos, con el fin de ajustar los futuros intervalos de calibración de los instrumentos (JCGM, 2008).

El ajuste de los intervalos de calibración debería servir, entonces, para optimizar el balance de riesgos y costos asociados. Las desviaciones encontradas en la recalibración de instrumental moderno pueden mostrar, en muchos casos, que aumentar los intervalos es algo posible sin que implique aumentar los riesgos. Algunas pautas para la selección de los intervalos iniciales de calibración son:

- a) Recomendaciones del fabricante de los instrumentos.
- b) Extensión del tiempo de uso contemplando el grado de severidad que implica (uso esporádico, moderado, riguroso, exigido, etcétera).
- c) Posible influencia de las condiciones ambientales.
- d) Incertidumbre exigida en la medición.
- e) Máximo error permitido, ya fuere por autoridades legales o por convenios entre partes.
- f) Ajustes, modificaciones o cambios de algún instrumento en particular que interviene en la operación.
- g) Influencias sobre la magnitud medida: altas temperaturas; exposición a las radiaciones, etcétera.
- h) Datos almacenados en alguna base de datos, datos publicados, etc., sobre los mismos dispositivos o similares.

Una vez calibrado el instrumento, la extensión del intervalo para una futura calibración deberá hacerse considerando el tiempo que el instrumento mantenga su medición dentro del máximo error permitido.

Hay varios métodos disponibles para revisar los intervalos de calibración. Al seleccionar el método hay que considerar si:

- Los instrumentos se tratan individualmente o en grupos (por ejemplo, según el modelo de fabricación o según el tipo).
- Los instrumentos varían las mediciones por deriva en el tiempo.
- Los instrumentos presentan diferentes tipos de inestabilidades.
- Los instrumentos son sometidos a ajustes; y los datos están disponibles y se le da importancia al historial de calibración de los instrumentos.

calibración:

Método 1: Ajuste automático o escalonado (tiempo total transcurrido o tiempo calendárico)

Método 2: Gráfica de control (tiempo total transcurrido o tiempo calendárico)

Método 3: Tiempo de uso transcurrido

Método 4: Chequeo en servicio o con una "caja negra"

Método 5: Otros enfoques estadísticos

Incertidumbre de medición

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza (Instituto Mexicano de Normalización y Certificació, 2012).

La incertidumbre de una medición, se define como el intervalo estadístico dentro del cual se tiene una probabilidad de que se encuentre el valor verdadero. La incertidumbre es en cierta medida subjetiva, y se debe tomar como la duda que se tiene del resultado de la medición, debido a los errores que se cometen y que no se corrigen (Instituto Mexicano de Normalización y Certificació, 2012).

El resultado de la medición tiene asociado un intervalo de valores en el cual, de acuerdo con la información disponible, se podría suponer que se encuentra el valor verdadero. Sin esta estimación, la verificación del cumplimiento con estándares podría arrojar resultados incorrectos.

En la Norma NTC ISO/IEC 17025:2005 Requisitos para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, sección 5, se establece que son muchos los factores que determinan la exactitud y fiabilidad de los ensayos y/o las calibraciones realizados por un laboratorio.

Estos factores incluyen contribuciones de: factores humanos, instalaciones y condiciones ambientales, métodos de ensayo y calibración y validación de métodos, equipo, trazabilidad de la medición, muestreo, manejo de los elementos de ensayo y calibración. 23

La incertidumbre de la medición del mensurando es resultado de combinar las incertidumbres de medición de las diferentes cantidades medidas, que dependerán de la importancia que cada componente tiene en el modelo de medición. De esta manera, los procesos de medición son potencialmente complejos, ya que están sujetos a: influencias externas que afectan los resultados, al cuidado que se tiene para realizar una buena medición, y al análisis y estimación razonable de la incertidumbre asociada al mensurando (Moroto, Boque, & Riu, 2010).

Cartas control

Para alcanzar el éxito dentro de una empresa se debe contar con un buen sistema de gestión de calidad que permita el constante monitoreo del proceso de manera que garantice la satisfacción de los clientes tanto en los productos fabricados como en la prestación de los servicios (Botero & Meza, 2009).

En el caso de un laboratorio, el control de calidad se le realiza al equipo patrón con el fin de verificar que se encuentra en óptimas condiciones y que sus mediciones son totalmente confiables. Uno de los procedimientos para controlar el estado de funcionamiento el equipo patrón es la prueba de aptitud basada en cartas de control, estas cartas son una herramienta estadística muy útil que permiten observar el comportamiento de las mediciones del equipo a través del tiempo y ayudan a detectar cualquier situación anormal que se pueda presentar.

De acuerdo con la Norma Técnica NTC ISO/IEC17025, cualquier laboratorio de ensayo y calibración debe tener dentro de su sistema de calidad procedimientos que le permitan asegurar que todas las mediciones realizadas para calibrar los equipos sean totalmente confiables tal como

lo indica en el numeral 5.9: el laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad 24 para hacer seguimiento de la validez de los ensayos y calibraciones llevados a cabo. Se deben registrar los datos resultantes de forma tal que, se detecten las tendencias y, donde sea práctico se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados. Este seguimiento debe ser planeado y revisado y puede incluir, aunque no limitarse a, lo siguiente:

1. Uso regular de materiales de referencia certificados y/o control de calidad interno empleando materiales de referencia secundarios;
2. Participación en la comparación interlaboratorio o programas de pruebas de aptitud;
3. Repetición de ensayo o calibraciones empleando los mismos o diferentes métodos;
4. Repetición de ensayo o re-calibración de elementos retenidos;
5. Correlación de resultados para diferentes características de un elemento.

El Laboratorio para cumplir con este requisito debe diseñar varios procedimientos que garantizan la efectividad y la confiabilidad de las mediciones que se realizan; uno de estos procedimientos debe ser la prueba de aptitud basada en las cartas de control que muestra el comportamiento del equipo a través del tiempo y que además permite detectar los posibles problemas que se puedan presentar durante su funcionamiento.

Ensayos de aptitud

El ensayo de aptitud es el uso de comparaciones interlaboratorios para determinar el desempeño individual de los laboratorios en la realización de ensayos específicos o mediciones. Sus objetivos principales son:

- Evaluar la competencia de los laboratorios en la ejecución de ensayos o mediciones 25

específicas.

- Facilitar a los laboratorios a comparar su desempeño con otros laboratorios similares.
- Monitorear el desempeño de los laboratorios.

Los ensayos de aptitud ayudan a los laboratorios a identificar algunos problemas relacionados con el desempeño del personal, la calibración de los equipos y la adecuación de los procedimientos. Los principales propósitos de comparaciones interlaboratorios son:

- Asignar valores a materiales de referencia: estudio para determinar el valor asignado a un material de referencia. (el valor que se considera verdadero)

- Definir la capacidad de un método: es un estudio para determinar la reproducibilidad y repetibilidad de un método.

- Normalizar laboratorios: es la utilización de ejercicios de rutina entre laboratorios similares que ensayan o miden materiales comunes. Estos laboratorios pueden estar en la misma compañía, mismo país o acreditados por la entidad para un alcance determinado. Estos laboratorios sirven para la comparabilidad de los resultados entre los laboratorios. Estos ejercicios son necesarios y esenciales para normalizar laboratorios incluidos en un acuerdo de reconocimiento mutuo (Garonis & Glácomo, 2010).

Por otra parte, los tipos de ensayos de aptitud son dos: Programas de Comparaciones de Mediciones y Programas de Ensayos Interlaboratorios, en el cual aplica el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Este ultimo de programas de ensayos interlaboratorios, es comúnmente usado por los organismos acreditadores o reguladores, consiste en distribuir simultánea y aleatoriamente numerosas muestras subdivididas a los participantes para que las ensayen concurrentemente. Las

muestras tienen características idénticas y los resultados son dirigidos al organismo coordinador y comparados con los valores asignados para indicar el desempeño de los laboratorios individuales y como un todo.

Diseño Metodológico

La confirmación de los cuatro métodos de ensayos y su impacto en el laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, se desarrolló por medio de una investigación de enfoque cuantitativo y tipo descriptivo, pues pretende establecer y documentar un programa de verificación y calibración de equipos, además de otros requisitos relacionados con el numeral 5.4 de la Norma NTC- ISO/IEC 17025:2005, con el fin de complementar el proceso de documentación de la acreditación del laboratorio de Suelos y Geotecnia en dicha norma.

El plan de trabajo se describe a continuación:

Fase 1: revisión de documentos

Inicialmente se revisaron los requisitos relacionados con el numeral 5.4 de la Norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 y se determinaron las especificaciones y/o requisitos de cada uno de los métodos de ensayo INV E-122-13, INV E-125-13 (Método A), INV E-126-13, e INV E-142-13 (Método A, B y C), con el objetivo de poder determinar el estado de la documentación actual del laboratorio y establecer los cambios necesarios o la creación de nuevos documentos que permitieran satisfacer lo requerido por la norma.

Fase 2: Elaboración del plan de mantenimiento, verificación y calibración de equipos

Se inició con la verificación de los equipos utilizados en cada uno de los métodos de ensayo por medio del formato de reporte de mantenimiento y verificación. Luego se revisaron los certificados de calibración de los equipos y se ajustó el cronograma de calibración con base en la

De igual forma se realizó el listado de equipos empleados en cada método de ensayo y para el control en la calibración se creó el formato de intervalo de calibración de equipos logrando establecer la diferencia de error año tras año, la exactitud y determinar así el intervalo de calibración por cada equipo. Con base en estos datos se diseñó el programa de mantenimiento y calibración. Finalmente, se documentan los instructivos de verificación para cada equipo, así como el formato de verificación de cada uno.

Fase 3: Confirmación de métodos

Inicialmente se verificaron las instalaciones y condiciones ambientales, se seleccionaron los equipos, instrumentos o dispositivos a utilizar en cada uno de los métodos, se seleccionaron y describieron las muestras o material de ensayo. Luego se realizaron los ensayos de repetibilidad, se verificó el cumplimiento de los parámetros establecidos en los métodos, cuando éste los menciona (precisión y sesgo). En el caso de que el método no presente precisión o sesgo, debido a la naturaleza de los materiales, se establece que el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, cumple con los métodos, una vez se esté garantizando el cumplimiento de los demás requisitos.

Con base en la revisión inicial y los ensayos realizados se realizó el informe de confirmación para cada método el cual contiene entre otras cosas el objetivo, alcance, definiciones, referencias normativas, especificaciones, trazabilidad, tipo de muestra, competencia del personal técnico, resultados de la determinación de parámetros y conclusiones. En la competencia del personal, la cual consiste en confirmar que los ensayos fueron realizados por personal competente, que ha

sido evaluado y autorizado para estas actividades, se empleó el formato de supervisión técnica del personal para cada ensayo. Por otra parte, se presentó el procedimiento de aseguramiento de la calidad donde se establece el estudio de los parámetros de linealidad y varianza de los resultados de ensayo aplicando los métodos de Anderson Darling y Anova, para el laboratorio de suelos y geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, para dar cumplimiento a la Norma ISO/IEC 17025:2005 en su numeral 5.9.

Lo anterior permitió establecer implícitamente el cumplimiento de los parámetros de verificación de equipos, incertidumbre, cartas control y ensayos de aptitud, para regular y estandarizar los métodos de ensayo, además de las aptitudes del personal, asegurando la calidad de los resultados de los ensayos, mencionados anteriormente.

Resultados y discusión

Especificaciones y/o requisitos de los métodos

Se establecieron las especificaciones y requisitos de cada uno de los métodos de ensayo, con base en la Norma Invias de referencia, describiendo equipos, instrumentos y/o dispositivos, muestra o material de ensayo y requisitos de precisión y/o sesgo. En el caso de que el método no presente precisión o sesgo, debido a la naturaleza de los materiales, se establece que el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, cumple con los parámetros medidos en cada uno de los métodos, una vez se esté garantizando el cumplimiento de los demás requisitos.

INV E – 122 – 13. Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo -agregado.

Esta norma incluye dos métodos para determinar el contenido de agua, los cuales difieren en el número de cifras significativas con las cuales se deben presentar los resultados y en la masa de material requerido. El método por usar debe ser indicado por el cliente. Si éste no lo hace, se usará el Método A. En este caso se confirmó con base en el método A, el cual establece que el contenido de agua, por masa, se debe registrar con aproximación a 1 %.

Este método consiste en llevar una muestra del material húmedo a un horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) y secar hasta alcanzar una masa constante. Se considera que la masa perdida a causa del secado es agua y que la masa remanente corresponde a la muestra seca. El contenido de agua se calcula relacionando la masa de agua en la muestra húmeda con la masa de la muestra seca.

- Horno: controlado termostáticamente, preferiblemente de tiro forzado, y que pueda mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) en toda la cámara de secado.
- Balanzas: con una legibilidad de 0.01 g para muestras que tengan una masa de 200 g o menos; y una legibilidad de 0.1 g para muestras que tengan una masa mayor de 200 g. En cualquier caso, la balanza utilizada deberá ser controlada por el número necesario de dígitos significativos.
- Recipientes para las muestras: recipientes adecuados, hechos de un material resistente a la corrosión y a cambios en su masa al ser sometidos a calentamientos y enfriamientos repetidos, a la exposición a materiales de pH variado y a operaciones de limpieza. A menos que se use un desecador, se deberán usar recipientes con tapas de cierre hermético para el ensayo de muestras con masa hasta de 200 g; mientras que para muestras de masa mayor se podrán usar recipientes sin tapa.
- Desecador (opcional): de tamaño adecuado y que contenga gel de sílice o sulfato de calcio anhidro. Se prefiere el uso de un desecante que cambie de color cuando requiera reemplazo.
- Aparato para el manejo de las muestras: apropiado para mover y manejar los recipientes calientes luego del secado de las muestras.
- Elementos misceláneos: guantes resistentes al calor, cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuartear, seguetas, etc.

Antes del ensayo, las muestras se deben almacenar en recipientes herméticos no corrosibles, a una temperatura entre 3 y 30° C (37 a 86° F) y en un área en la cual no tengan contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas que se encuentren en vasijas u otros recipientes deberán ser almacenadas de manera de prevenir o minimizar la condensación de humedad en las paredes internas de los recipientes.

La determinación del contenido de agua se deberá hacer tan pronto como sea posible después del muestreo, en especial si los recipientes usados son potencialmente corrosibles (como tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) o bolsas plásticas.

Precisión y sesgo:

Precisión: no se presentan datos sobre precisión, debido a la naturaleza de los materiales ensayados según esta norma. No es factible, o resulta demasiado costoso, comprometer diez o más laboratorios que participen actualmente en un programa de ensayo a petición. Cualquier variación que presenten los datos se puede imputar a variaciones en las muestras, en el desempeño del operario o en el laboratorio donde se realiza el ensayo.

Sesgo: no hay ningún valor aceptado como referencia para este método de ensayo; por lo tanto, no se puede determinar el sesgo.

INV E – 125 – 13. Determinación del límite líquido de los suelos.

Esta norma presenta dos métodos para determinar el límite líquido: el Método A, que consiste en un ensayo de varios puntos, y el Método B, consistente en un ensayo de un solo

punto. El método por utilizar será especificado por el cliente. Si no se especifica ninguno, se deberá emplear el Método A.

33

El método consiste en procesar la muestra de suelo para remover cualquier porción retenida en el tamiz de 425 μm (No. 40). El límite líquido se determina mediante tanteos, en los cuales una porción de la muestra se esparce sobre una cazuela de bronce que se divide en dos partes con un ranurador, permitiendo que esas dos partes fluyan como resultado de los golpes recibidos por la caída repetida de la cazuela sobre una base normalizada (figura 3). El límite líquido multipunto, Método A, requiere 3 o más tanteos sobre un rango de contenidos de agua, cuyos resultados se dibujan para establecer una relación a partir de la cual se determina el límite líquido.

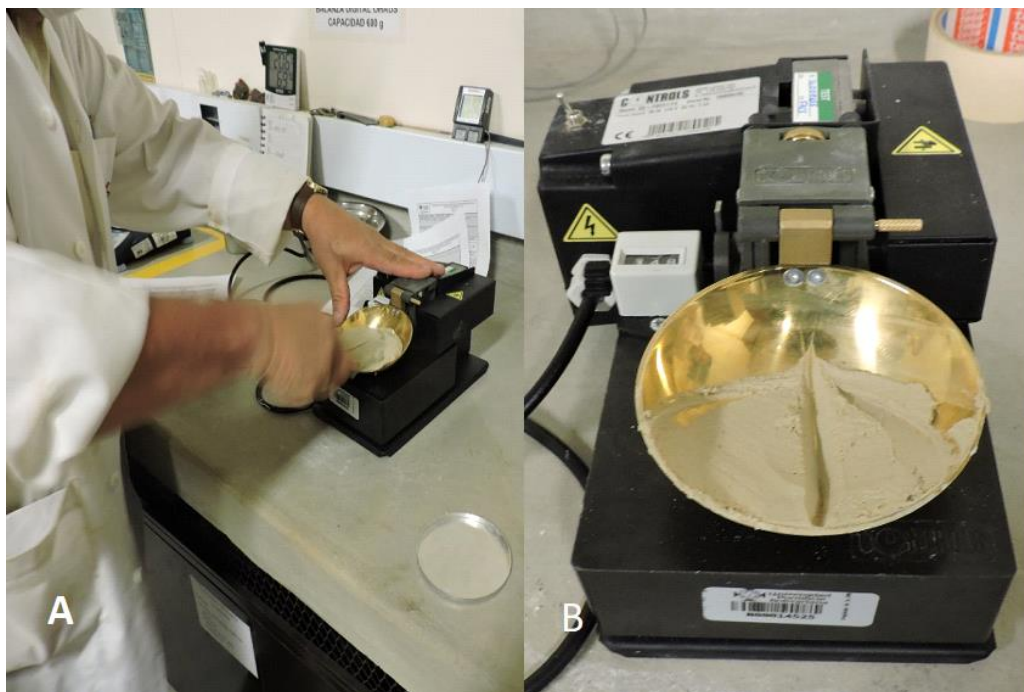


Figura 3. La muestra se esparce sobre una cazuela de bronce (A) y se divide en dos partes con un ranurador (B).

Fuente: autor.

- Aparato del límite líquido: dispositivo mecánico, consistente en una cazuela de bronce, suspendida de un soporte diseñado para controlar su caída sobre la superficie de un bloque de material resiliente, que sirve como base del aparato. Puede ser operado manualmente o por medio de un motor eléctrico.
- Ranurador: herramienta plan hecha de plástico o de un metal no corrosivo. El ranurador puede tener cualquier diseño, mientras se garantice que se mantienen sus dimensiones esenciales. El ranurador puede tener, aunque no es obligatorio, un calibrador para ajustar la altura de caída de la cazuela.
- Calibrador pie de rey: bloque metálico para ajustar la altura de caída libre de la cazuela. El diseño del calibrador puede variar, siempre que le permita apoyarse de manera firme sobre la base sin sufrir oscilaciones, y que el lado que hace contacto con la cazuela durante la operación de ajuste de la altura de caída libre de ésta sea recto, de no menos de 10 mm (3/8") de ancho y sin biseles o curvaturas.
- Recipientes para la determinación de la humedad: recipientes pequeños, hechos de un material resistente a la corrosión, con tapas de ajuste de precisión. Se pueden usar latas de aluminio o de acero inoxidable de 25.4 mm (1") de altura por 50.8 mm (2") de diámetro. Se requiere un recipiente para cada determinación del contenido de agua.
- Balanza: con legibilidad de 0.01 g.
- Recipiente para mezclar y almacenar las muestras preparadas: durante estas operaciones se debe impedir que la muestra pierda agua y que el recipiente contamine la muestra de cualquier manera. Al efecto, resulta apropiado un recipiente de plástico, vidrio o

porcelana de 114 mm (4 ½") de diámetro y una bolsa plástica de tamaño suficiente para envolverlo completamente. 35

- Espátula: una espátula de hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3 a 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho.
- Horno: un horno termostáticamente controlado para el secado de las muestras, capaz de mantener temperaturas de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).

Muestra:

Las muestras deben ser representativas de los suelos cuyas características se desean conocer. Las muestras cuyos especímenes se van a preparar usando el método de preparación húmeda se deben conservar con el contenido de agua con el cual fueron tomadas en el terreno hasta el instante de su preparación para el ensayo.

INV E – 126 – 13. Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.

El método descrito en esta norma se debe aplicar únicamente sobre la porción de suelo que pasa el tamiz de 425 μm (No. 40). Por lo tanto, se deberá considerar la contribución relativa de esta fracción de suelo en las propiedades de la muestra como conjunto, cuando se usen los valores de límite plástico e índice de plasticidad para evaluar las propiedades de un suelo. El ensayo del límite plástico se realiza sobre el mismo material preparado para la determinación del límite líquido.

El límite plástico se determina presionando de manera repetida una pequeña porción de suelo húmedo, de manera de formar rollos de 3.2 mm (1/8") de diámetro, hasta que su contenido de agua se reduce a un punto en el cual se produce el agrietamiento y/o desmoronamiento de los

rollos (figura 4). El límite plástico es la humedad más baja con la cual se pueden formar rollos de suelo de este diámetro, sin que ellos se agrieten o desmoronen.



Figura 4. Elaboración de cilindros de 3 mm.

Fuente: autor.

Equipos:

- Placa de vidrio esmerilado: de tamaño suficiente para formar cilindros de suelo (rollos) en el ensayo.
- Aparato de enrollamiento para determinar el límite plástico (opcional): un aparato hecho de acrílico.

- Papel para el aparato de enrollamiento: papel mate que impida la adhesión de materias extrañas al suelo (fibras, fragmentos de papel, etc.) durante el proceso de enrollado. Este papel deberá adherirse firmemente a las placas superior e inferior del aparato de enrollamiento para determinar el límite plástico.
- Espátula: de hoja flexible, de unos 10 a 13 cm (4 a 5") de longitud y 2 cm ($\frac{3}{4}$ ") de ancho.
- Cápsula para evaporación: de porcelana, o similar, de 115 mm ($4\frac{1}{2}$ ") de diámetro, para mezcla y almacenamiento de las muestras de suelo.
- Balanza: de 100 g de capacidad, con legibilidad a 0.01 g.
- Cápsulas para la determinación de humedad.
- Botella plástica: con un dispositivo adaptado en su boca para aplicar agua en forma de rocío.
- Horno: termostáticamente controlado, regulable a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).
- Tamiz: de 425 μm (No. 40).
- Agua: se puede emplear agua destilada o desmineralizada.

Muestra:

Se toma una porción de 20 g, o un poco más, del suelo preparado para el ensayo del límite líquido, ya sea luego del segundo mezclado antes del ensayo o del suelo que sobre al terminar la prueba del límite líquido (norma INV E- 125). Se reduce el contenido de agua de esta porción de suelo hasta que alcance una consistencia que permita enrollarlo sin que se pegue a las manos, extendiéndolo o mezclándolo continuamente sobre la placa de vidrio o en el recipiente de mezcla y almacenamiento. El proceso de secado se puede acelerar, exponiendo el suelo a la corriente de aire de un ventilador eléctrico o aplicándole un papel secante que no añada fibras al suelo.

Precisión: los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados obtenidos por este método de ensayo sobre un amplio rango de suelos, se muestran en las Tablas 126 - 1 y 126 - 2 del método, las cuales corresponden al resumen de resultados de ensayos de laboratorio sobre límites de Atterberg y el resumen de resultados de ensayos de cada laboratorio. El método de preparación de las muestras fue el de vía húmeda mencionado en la norma INV E-125.

Sesgo: no existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo, ni para el del límite líquido; por lo tanto, no es posible determinar el sesgo.

INV E - 142 - 13. Relaciones humedad - peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación).

Este método de ensayo se emplea para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm (4 o 6") de diámetro, con un martillo de 44.48 N (10 lbf) que cae libremente desde una altura de 457.2 mm (18"), produciendo una energía de compactación aproximada de 2700 kN-m/m³ (56 000 lbf-pie/pie³). Estos métodos aplican solamente a suelos con 30% o menos de su masa con tamaño mayor a 19.0 mm y que no hayan sido compactados previamente; es decir, no se acepta la reutilización de un suelo compactado (figura 5).



Figura 5. Molde empleado (A) y proceso de compactación con el martillo (B).

Fuente: autor.

Esta norma presenta tres alternativas para la ejecución del ensayo. El método por utilizar deberá ser el indicado en la especificación para el material por ensayar. Si la especificación no indica un método, la elección se deberá realizar en función de la granulometría del material. Por ejemplo, método A: pasa tamiz de 4.75 mm (No. 4), método B: pasa tamiz de 9.5 mm (3/8") y método C: pasa tamiz de 19.0 mm (3/4").

Equipos:

- Moldes: los moldes deberán ser cilíndricos, de paredes sólidas, fabricados con metal, y con las dimensiones de 101.6 mm (4"), con una capacidad de $943 \pm 14 \text{ cm}^3$ ($1/30 \pm 0.0005 \text{ pie}^3$) y un molde de 152.4 mm (6"), con una capacidad de $2124 \pm 25 \text{ cm}^3$ (equivalente a $1/13.33 \pm 0.0009 \text{ pie}^3$). Deberán tener collares ajustables de aproximadamente 60 mm (2.373") de altura, que permitan la preparación de muestras

compactadas de mezclas de suelo con agua con la altura y el volumen deseados. El conjunto de molde y collar deberá estar construido de tal manera que se pueda encajar firmemente en una placa de base hecha del mismo material. 40

- Martillo metálico: puede ser de operación manual o mecánica, con una masa de 4.5364 ± 0.009 kg (10 ± 0.02 lb), que tenga una cara plana circular (excepto lo anotado en el numeral 5.2.2.1), de diámetro de 50.80 ± 0.13 mm (2.000 ± 0.005 "). El diámetro real de servicio no podrá ser menor de 50.42 mm (1.985"). El martillo deberá estar provisto de una camisa guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 457.2 ± 1.3 mm (18.00 ± 0.05 ") por encima de la altura del suelo. El martillo se deberá reemplazar si la cara de golpeo se desgasta o se acampana de manera que su diámetro se salga del rango 50.80 ± 0.25 mm (2.000 ± 0.01 ").
- Extractor de muestras (opcional): un gato con marco u otro dispositivo adecuado para extraer las muestras compactadas de los moldes.
- Balanzas: una de 11.5 kg de capacidad y aproximación de lectura de 1 g, cuando se use para pesar moldes de 152.4 mm (6") con suelos húmedos compactados; cuando se emplee el molde de 101.6 mm (4"), se puede usar una balanza de menor capacidad, si su aproximación de lectura es de 1 g. También, se requiere otra balanza de 1 kg de capacidad con legibilidad de 0.1 g para las determinaciones de humedad.
- Horno: termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ C ($230 + 9^\circ$ F), para el secado de las muestras.
- Regla metálica: de acero endurecido, de borde recto, al menos de 250 mm (10") de largo. El borde de corte y enrasado deberá ser biselado, si tiene más de 3 mm (1/8") de espesor.

La regla no deberá ser tan flexible que cuando se enrase el suelo con el borde cortante, proporcione una superficie cóncava en la superficie de la muestra.

41

- Tamices – De 19.0, 9.5 y 4.75 mm (3/4", 3/8" y No. 4).
- Herramientas misceláneas: tales como cazuelas para mezclado, espátulas, etc., o un dispositivo mecánico adecuado para mezclar las muestras de suelo con diversas cantidades de agua.
- Recipientes: para determinar la humedad de las muestras, elaborados en metal u otro material adecuado, con cierres que ajusten herméticamente para evitar la pérdida de humedad durante el pesaje.

Muestra:

La cantidad mínima de muestra para un ensayo completo empleando los Métodos A o B es de unos 16 kg, y para el Método C de 29 kg. Por lo tanto, la muestra de campo debería tener una masa húmeda de, al menos, 23 kg y 45 kg, respectivamente. Se pueden requerir masas mayores si la muestra contiene sobretamaños o si es necesario elaborar puntos de compactación adicionales.

Precisión y sesgo:

Precisión: los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados obtenidos con estos métodos de ensayo sobre los tres tipos de suelos, se presentan en las Tabla 142 – 3 de la norma.

Sesgo: no hay valores de referencia aceptados para este método de ensayo y, por lo tanto, no se puede determinar el sesgo.

El Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, realizó el listado de equipos requeridos por cada método para la confirmación con el fin de facilitar la verificación de la calibración de cada equipo, el cual se encuentra en la tabla 2.

INV E – 122 – 13. Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo -agregado				
Equipo	Marca	Modelo	Serial	N° inventario
Horno	Quincy Lab Inc.	21-350-ER-1	B231ER-00061	16417
Balanza	Ohaus	Scout Pro SP602	7126440722	15441
INV E – 125 – 13. Determinación del límite líquido de los suelos				
Equipo	Marca	Modelo	Serial	N° inventario
Horno	Quincy Lab Inc.	21-350-ER-1	B231ER-00061	16417
Balanza	Ohaus	Scout Pro SP602	7126440722	15441
Cazuela de casa grande	Controls	22-T0031/FZ		B015437
INV E – 126 – 13. Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos				
Equipo	Marca	Modelo	Serial	N° inventario
Horno	Quincy Lab Inc.	21-350-ER-1	B231ER-00061	16417
Balanza	Ohaus	Scout Pro SP602	7126440722	15441
INV E – 142 – 13. Relaciones humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación)				
Equipo	Marca	Modelo	Serial	N° inventario
Balanza	Ohaus	R31P30	8336150186	N00008726
Balanza	Ohaus	Scout Pro SP602	7126440722	15441
Horno	Quincy Lab Inc.	21-350-ER-1	B231ER-00061	16417
Calibrador pie de rey	Mitutoyo	CD-6" ASX-B	14908893	N00008731
Tamiz 3/8"	Endecotts	Endecotts	7120529	7120529

Fuente: autor.

De igual forma se actualizó el formato de verificación certificados de calibración

código: II-FO-190, versión 2 (figura 6). En el anexo A, se encuentran los certificados de calibración de cada equipo y el formato de verificación de certificados.

ÍTEM	CUMPLE			OBSERVACIONES
	SI	NO	N/A	
Estampilla (numero, fecha)				
Nombre equipo				
Fabricante				
Modelo				
Serial				
No. Inventario (Inventario Upb)				
Rango de calibración (Capacidad, Requisito de la norma de ensayo, clase de equipo)				
Nombre y Dirección				
No. Páginas				
Firmas				
Método (Norma Técnica de Calibración)				
Unidad de medición				
Resultado (error)				
Clasificación de equipo (Aplica para equipos que puedan ser catalogados)				
Incertidumbre				
Trazabilidad patrones (clase, certificado anexo, vigencia)				
Condiciones ambientales (Temperatura y Humead Relativa)				
VERIFICADO POR: Nombre: <input type="text"/> Cargo: <input type="text"/> FECHA: <input type="text"/>				

Figura 6. Formato de verificación de certificados de calibración.

Fuente: Laboratorio de suelos y geotecnia. UPB

Una de las decisiones más importantes con respecto a la calibración es cuándo hacerla y con qué frecuencia, por lo que un gran número de factores influyen en el intervalo de tiempo que se debe permitir. En este caso una vez se ha establecido una rutina de calibración, el ajuste de intervalos de calibración es óptimo. A continuación, en la figura 8, se presenta el programa de mantenimiento y calibración en el formato AF-FO-143 con base en el formato anterior II-FO-191 de intervalo de calibración de equipos.



 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA VIGILADA MINEDUCACIÓN</small>		FORMATO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS Código: AF-FO-143 Versión: 02					
NOMBRE DEL EQUIPO	NÚMERO INVENTARIO	FRECUENCIA DEL SERVICIO	FECHA DE ULTIMO SERVICIO	FECHA PROXIMO SERVICIO	TIPO DE SERVICIO	EMPRESA O PERSONAL QUE REALIZA EL SERVICIO	UBICACIÓN DEL EQUIPO
PIE DE REY MARCA MITUTOYO	N00008731	12 MESES	28/02/2018	28/02/2019	Calibración	METROTEST Laboratorio de Metrologia	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
BALANZA OHAUS 30000 g	N00008726	12 MESES	1/08/2018	1/08/2019	Calibración	ICCLAB Ingenieria de control de calidad división laboratorio	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
BALANZA OHAUS 600 g	B015441	12 MESES	2/08/2018	2/08/2019	Calibración	ICCLAB Ingenieria de control de calidad división laboratorio	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
HORNO DE SECADO	B016417	48 MESES	20/01/2017	20/01/2021	Calibración	METROLOGIC COLOMBIA S.A.S	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 3"	7016570	36 MESES	15/08/2018	15/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 2-1/2"	7120483	36 MESES	16/08/2018	16/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 2"	7123171	36 MESES	15/08/2018	15/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 1-1/2"	7120549	36 MESES	15/08/2018	15/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 1"	7078586	36 MESES	15/08/2018	15/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 3/4"	7078640	36 MESES	15/08/2018	15/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 1/2"	7120738	36 MESES	15/08/2018	15/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104
Tamiz 3/8"	7120529	36 MESES	15/08/2018	15/08/2021	Calibración	PINZUAR LTDA	Laboratorio de Suelos y Geotecnia K104

Figura 8. Formato de mantenimiento y calibración de equipos.

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, UPB

El laboratorio también realiza la verificación de los equipos, este procedimiento se encuentra documentado en los instructivos de verificación, indicando el paso a paso de realización por equipo como se muestra en la figura 9. Estos instructivos describen el alcance, el cual en este caso consiste en el ajuste de temperatura de trabajo. Para el fácil manejo presenta las definiciones más relevantes y los documentos de referencia. Luego en el desarrollo, se encuentra el paso a paso para la verificación. Finalmente, se observa el control de cambios del documento.

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA Vigilancia Minutacion</small>		INSTRUCTIVO VERIFICACIÓN DE HORNO DE SECADO	
FECHA: 13 de Marzo de 2017	VERSIÓN: 01	CÓDIGO: IN-II-018	PÁGINAS: 1 de 2
MACROPROCESO: INVESTIGACIÓN, TRANSFERENCIA E INNOVACIÓN		PROCESO: TRANSFERENCIA	

OBJETIVO

Indicar los pasos para la realización de la verificación de Los hornos de secado de muestras, del Laboratorio de suelos y geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

ALCANCE

Inicia con el encendido del horno y termina con el ajuste de la temperatura de trabajo.

DEFINICIONES

- **VERIFICACIÓN:** Implica la evaluación de alguna de las características metrológicas del equipo de medición o generación (comúnmente el error) contra los requisitos metrológicos establecidos para el proceso o con las especificaciones del instrumento declarado por el fabricante.
- **TERMOCUPLA:** Sensor de temperatura más común utilizado industrialmente.

GENERALIDADES

- **Documentos de Referencia**
 - NORMA ISO/IEC 17025:2005 REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIO DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN
- **Condiciones Generales**
 - El horno debe estar claramente identificado.
 - El horno debe estar deben estar libres de los efectos de contaminación o daño.
 - Se debe usar los elementos de seguridad como guantes.

DESARROLLO

1. Encienda el horno y deje estabilizar la temperatura 60C°, para iniciar la verificación
2. Inserte la termocupla por el agujero que tiene el horno en la parte superior, la medida queda cerca del sensor del horno.
3. Deje la termocupla por un periodo de 30 minutos y registra las indicaciones de temperatura cada minuto en el formato de verificación dispuesto para la prueba.
4. Cambie la temperatura a 110C° y deje estabilizar.
5. Inserte nuevamente la termocupla en el agujero del horno
6. Deje nuevamente la termocupla por un periodo de 30 minutos y registra las indicaciones de temperatura cada minuto en el formato de verificación dispuesto para la prueba

REVISÓ Nombre: Nohora Emma Monsalve Peña Cargo: Coordinar(a) de Laboratorio	APROBÓ Nombre: Norma Cristina Solarte Vanegas Cargo: Directora de Facultad de Ingeniería Civil
Cualquier impresión o copia tomada de este documento se considera como copia NO CONTROLADA	

Página 1 de 2 Versión: 01 Código: II-IN-018

El contenido de este documento es de propiedad y uso exclusivo de la Universidad Pontificia Bolivariana –Seccional Bucaramanga

Figura 9. Instructivo de verificación de equipos-horno de secado.

Fuente: Laboratorio de suelos y geotecnia

Los datos de verificación son registrados en el formato de verificación interna II-FO-188 (figura 10). Este formato permite registrar los datos recolectados, en este ejemplo para el horno, el instructivo describía que se deben medir dos temperaturas de 60 °C y 110 °C, durante 30 minutos, estos datos son registrados en la parte final de prueba de estabilidad. El formato contiene nombre del encargado de hacer la medición, fecha de realización, patrones usados en la verificación, en este caso un cronometro y termómetro, y los datos del equipo a verificar.

Los instructivos y formatos de verificación de los equipos empleados se encuentran en el anexo C.


 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BOGOTÁ</small> <small>Vigilada por el Estado</small>				VERIFICACIÓN INTERNA DE HORNO DE SECADO Código: II-FO-187 Versión: 02					
FECHA DE VERIFICACIÓN				PRÓXIMA VERIFICACIÓN					
DI	ME	AN		DI	ME	AN			
5	9	2018							
Nombre del laboratorio: <u>Suelos y Geotecnia</u>									
Encargado: <u>José Vicente Pérez</u>				Cargo: <u>Técnico</u>					
PATRONES USADOS PARA LA VERIFICACIÓN									
Nombre del equipo: <u>Termómetro</u>				Rango: <u></u>					
Modelo: <u>EXTECH 427504</u>				No. De inventario: <u>B.007955</u>					
No. De certificado de calibración: <u>CMK-TEMP-78707</u>				Fecha: <u>07</u> / <u>03</u> / <u>2018</u>					
Nombre del equipo: <u>cronometro</u>				Rango: <u>1/700s</u>					
Modelo: <u>casio</u>				No. De inventario: <u>U.P.B-CR-02</u>					
No. De certificado de calibración: <u>CMK-TFA-78057</u>				Fecha: <u>02</u> / <u>03</u> / <u>2018</u>					
EQUIPO VERIFICADO									
Modelo: <u>27-350-ER-7</u>				Marca: <u>Quincy Lab</u>		No. De inventario: <u>76477</u>			
Capacidad: <u>250°C</u>				Tipo de indicación: <u>Digital</u>					
PRUEBA DE ESTABILIDAD									
Tiempo (min)	Patrón	Horno	Patrón	Horno	Tiempo (min)	Patrón	Horno	Patrón	Horno
	60 (C°)	60 (C°)	110 (C°)	110 (C°)		60 (C°)	60 (C°)	110 (C°)	110 (C°)
1	62.8	60	707.8	770	16	67.5	60	707.0	770
2	62.2	60	707.2	770	17	67.5	60	707.2	770
3	62.0	60	707.6	770	18	67.5	60	707.3	770
4	67.9	60	707.5	770	19	67.4	60	707.2	770
5	67.6	60	706.8	770	20	67.4	60	707.3	770
6	67.7	60	707.0	770	21	67.4	60	707.3	770
7	67.8	60	707.4	770	22	67.4	60	707.4	770
8	67.7	60	707.4	770	23	67.4	60	707.3	770
9	67.8	60	707.3	770	24	67.5	60	707.7	770
10	67.7	60	707.7	770	25	67.4	60	707.5	770
11	67.7	60	706.8	770	26	67.5	60	707.6	770
12	67.5	60	707.0	770	27	67.4	60	707.5	770
13	67.6	60	707.7	770	28	67.4	60	707.5	770
14	67.5	60	707.7	770	29	67.4	60	707.5	770
15	67.5	60	707.2	770	30	67.3	60	707.6	770
REPORTE FINAL									

Figura 10. Formato de verificación interna II-FO-188- horno de secado.


Fuente: Laboratorio de suelos y geotecnia

El envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el estrés mecánico que soportan los equipos deterioran poco a poco sus funciones. Este tipo de situaciones es evitado

trazabilidad, se determinan parámetros o características, se verifica el cumplimiento de los parámetros y se finaliza con la realización del informe de confirmación del método. 52

El informe de confirmación de cada método de ensayo se realizó según el formato II-FO-167. En este documento se tomó como ejemplo el método INV E 122-13: Determinación en Laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo agregado para explicar la confirmación de un método y la elaboración del informe. Los informes de confirmación de los cuatro métodos se encuentran en el anexo D.

Los informes de confirmación realizados contienen 14 ítems. Los primero seis son fecha de informe, título del método, objetivo el informe, alcance y rango de aplicación, propósito del ensayo y definiciones. Se muestran en la figura 12.

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA</p>	<p align="center">FORMATO INFORME DE CONFIRMACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO Código: II-FO-167 Versión: 01</p>
---	---

1. FECHA DEL INFORME

15 de Septiembre de 2018

2. TÍTULO DEL MÉTODO

Determinación en Laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo agregado., INV E 122-13.

3. OBJETIVO DEL INFORME

Realizar la confirmación del método Determinación en Laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo agregado INV E 122-13, estimando los atributos de desempeño del mismo.

4. ALCANCE Y RANGO DE APLICACIÓN

Inicia con el propósito del método y finaliza con las conclusiones de la confirmación en el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga. Aplica para determinar el contenido de humedad de los suelos.

5. PROPÓSITO DEL ENSAYO

Garantizar que el laboratorio cuenta con la capacidad de ejecutar las actividades descritas en el método y probar la aptitud del mismo, verificando los siguientes parámetros:

- Trazabilidad (TAR)
- Planteamiento de Hipótesis
- Normalidad de los datos
- Análisis de Varianza
- Ensayos de Aptitud
- Verificación de Parámetros de Evaluación

Lo anterior se efectúa para analizar el comportamiento del método con respecto al tiempo, ejecutado por un mismo analista.

6. DEFINICIONES

6.1 Trazabilidad: Propiedad de un resultado de medición por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia, mediante una cadena interrumpida y documentada de calibraciones.

Figura 12. Primeros seis ítems del informe de confirmación.

Fuente: autor.

Los ítems 7 y 8 contienen las abreviaturas de existir y las referencias normativas respectivamente. En este caso, fueron requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, Norma ISO/IEC 17025:2005 e Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático: requisitos metrológicos y técnicos, Norma NTC 2031.

El ítem 9, presenta las especificaciones o requisitos del método y se dividen en 4. La primera, la 9.1: instalaciones y condiciones ambientales, en este ítem se describió que el ensayo se ejecutó en un área del laboratorio en donde no se producen corrientes de aire, no hay exposición directa a los rayos de sol y no se contemplan condiciones especiales, ya que la norma no especifica temperatura ambiente, ni humedad relativa para la ejecución del ensayo. El número 9.2: equipos, instrumentos y/o dispositivos, describe los equipos empleados en el método y describe que cada una de las variables que intervienen en la medición están debidamente aseguradas mediante procesos de calibración por laboratorios acreditados por la ONAC. A continuación, se muestra la descripción para el equipo: balanza.

Balanzas – Con una legibilidad de 0.01 g para muestras que tengan una masa de 200 g o menos; y una legibilidad de 0.1 g para muestras que tengan una masa mayor de 200 g.

Equipo	Marca	N° Inventario	Legibilidad equipo	Condición	Requisito norma	Evaluación	Lab. de calibración
Balanza scout SP 602	OHAUS	B015441	0,01 g	Legibilidad \leq requisito norma	Legibilidad 0,01 g	Cumple	ICCLAB LTDA 09-LAC-027

Fuente: autor.

La trazabilidad está dada en todos los ensayos realizados según la variable en exactitud, repetibilidad e incertidumbre como se muestra en la figura 13, para la balanza scout SP 602.

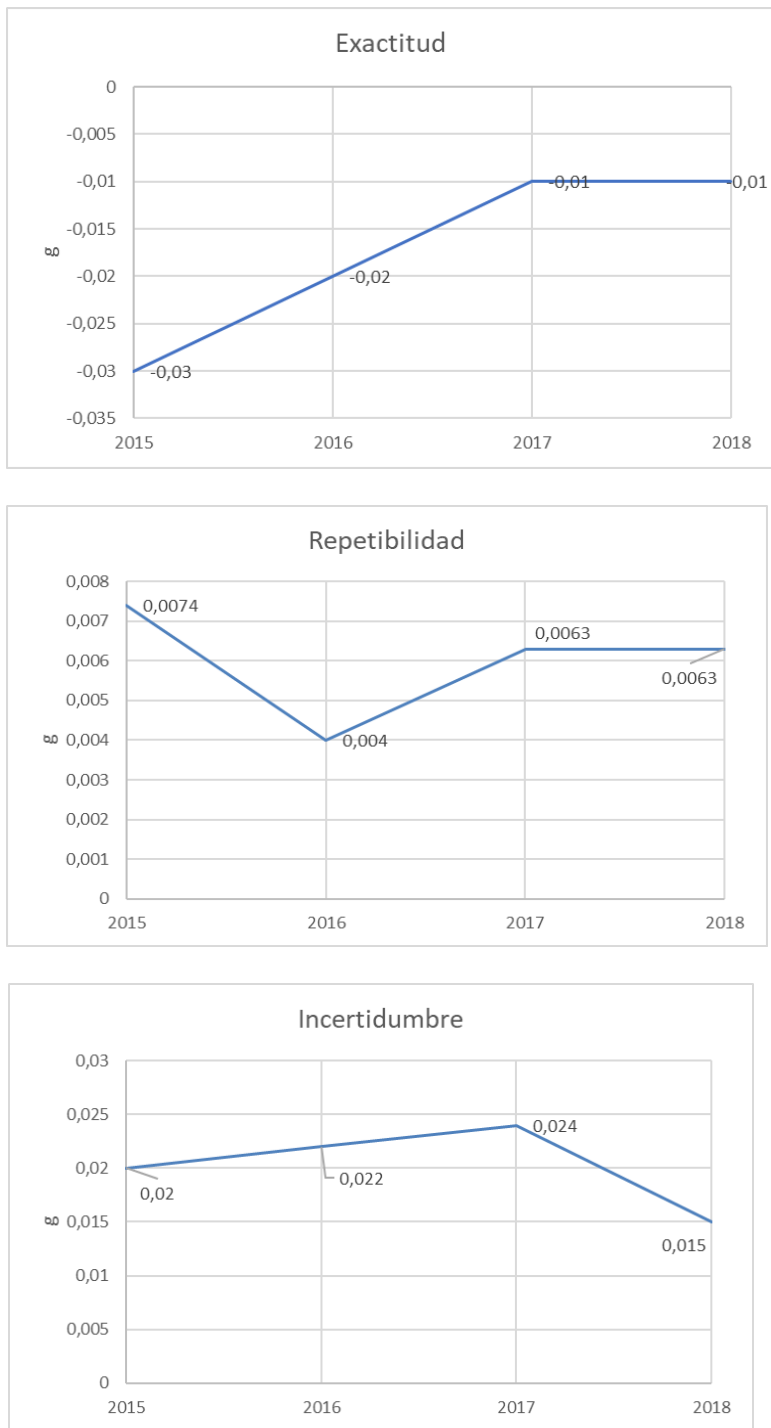


Figura 13. Trazabilidad de la balanza.

Fuente: Tomado y adaptado del laboratorio de calibración ICCLAB LTDA.

La trazabilidad se realiza a todos los equipos empleados, en este caso también se realizó con el horno como se muestra en la figura 14.

Horno – Controlado termostáticamente, preferiblemente de tiro forzado, y que pueda mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) en toda la cámara de secado.

Equipo	Marca	N° inventario	Uniformidad equipo	Condición	Requisito norma	Evaluación	Lab. de calibración
Horno	QUINCY LAB	B016417	1,6 °C	Uniformidad <_requisito norma	$\pm 5^\circ \text{C}$	Cumple	METROLOGIC COLOMBIA SAS 10-LAC-050

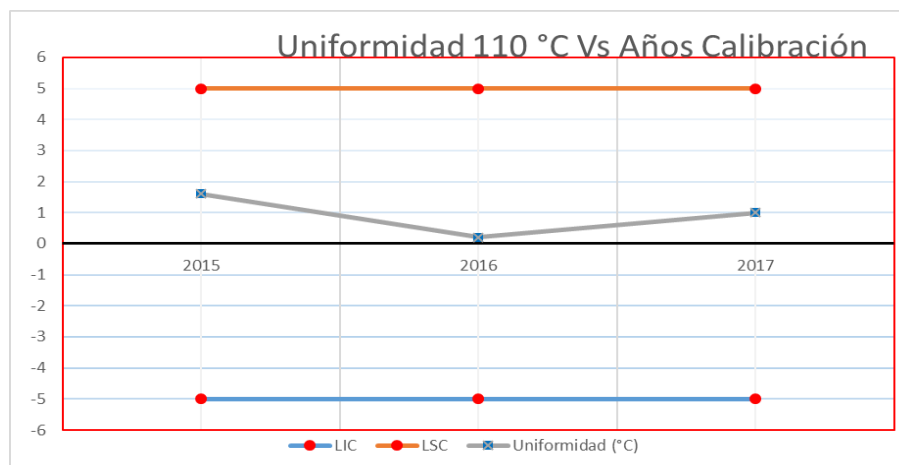


Figura 14. Trazabilidad del horno.

Fuente: autor.

Estos equipos se encuentran dentro del programa de calibración y verificación de equipos del Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga, en el que se define la actividad de control a realizar (calibración y/o mantenimiento) y su frecuencia de realización.

El ítem 9.3 describe los materiales del ensayo y el 9.4 los requisitos de precisión, en este ensayo no se requiere de ningún requisito de precisión. El ítem 10 es una corta descripción del

método y el 11, la competencia del personal técnico. Lo anterior, se muestra en la figura 15, 57 para el ejemplo de confirmación del método INV E 122-13.

9.3 Muestra y/o Material de Ensayo

Se analizaron diferentes tipos de muestras homogéneas, entre las cuales se tienen:

- Arena arcillosa
- Bentonita
- Arcilla arenosa color rojizo
- Limo arenoso color rojizo

9.4 Requisitos de Precisión.

No se exigen requisitos de precisión en este método de ensayo.

10. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Se lleva una muestra del material húmedo a un horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$) y se seca hasta alcanzar una masa constante. Se considera que la masa perdida a causa del secado es agua y que la masa remanente corresponde a la muestra seca. El contenido de agua se calcula relacionando la masa de agua en la muestra húmeda con la masa de la muestra seca.

La ejecución del ensayo se realizó aplicando el procedimiento establecido en el método INV E 122-13, numeral 9 "procedimiento".

11. COMPETENCIA DEL PERSONAL TÉCNICO

La ejecución de los ensayos y la operación de los equipos específicos, correspondientes al método INV E 122-13 fueron realizados por personal competente, que ha sido evaluado y autorizado para estas actividades.

12. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS O CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO

Para el análisis de los resultados, los métodos estadísticos aplicados fueron:

- ANDERSON DARLING (AD) El estadístico AD, se usa para comprobar si una muestra de datos proviene de una población con una distribución especificada, para comprobar que los datos cumplen con el supuesto de normalidad para una prueba t.

Hipótesis: se plantea determinar que los comportamientos en la ejecución del ensayo a diferentes intervalos de tiempo, conservan su normalidad.

Figura 15. Ítems 9, 10, 11 y 12 del informe de confirmación.

Fuente: autor.

El ítem 11, el cual comprende la competencia del personal consiste en confirmar que los ensayos fueron realizados por personal competente, que ha sido evaluado y autorizado para estas actividades. Para realizar esta confirmación se emplea el formato con código II-FO-098, en el cual se diligencian los datos del personal y las actividades supervisadas para cada método. En el

anexo E, se encuentran los formatos de supervisión técnica del personal para cada ensayo y 58
 en la figura 16, el ejemplo para el método INV E 122-13.

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA Vigilada Ministerio</p>	FORMATO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA DEL PERSONAL PARA EL ENSAYO INV E-122-13 Código: II-FO-098 Versión: 03							
	LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA INV E-122-13		<table border="1"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td>21</td> <td>02</td> <td>2018</td> </tr> </table>	DÍA	MES	AÑO	21	02
DÍA	MES	AÑO						
21	02	2018						
PERSONA SUPERVISADA								
Persona Supervisada: <u>Vicente Pérez</u>								
Cargo: <u>Técnico de Laboratorio</u> ID: <u>131217</u>								
ASPECTOS SUPERVISADOS								
Nombre del Ensayo: <u>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD)</u>								
1. Almacenaje de las muestras								
		SI	NO	OBSERVACIÓN				
Temperatura	Almacenaje entre 3°C y 30°C	X						
Luz	Zona sin contacto directo con la luz solar	X						
Lugar	Almacenaje en zona designada	X						
2. Preparación del equipo a utilizar								
		SI	NO	OBSERVACIÓN				
Horno	Revisión y Selección de temperatura.	X		110°C.				
Balanza	Con legibilidad de 0.01 g para muestras con masa <200 g.	X						
	Con legibilidad de 0.1 g para muestras con masa >200 g.			N.A.				
Recipientes Herméticos	Selección de recipientes adecuados en función de la cantidad de material (con tapa hermética hasta 200 gr).	X						
	El recipiente (con tapa, si aplica) se encuentra limpio y seco.	X						
Elementos Misceláneos	Preparación de elementos adicionales necesarios como cuchillos, espátulas, cucharas, seguetas o lona de cuarteo.	X						
EPP	Uso de Bata.	X						
	Uso de Guantes resistentes al calor.	X						

Figura 16. Formato de supervisión técnica del personal para el método INV E 122-13.

Fuente: autor.

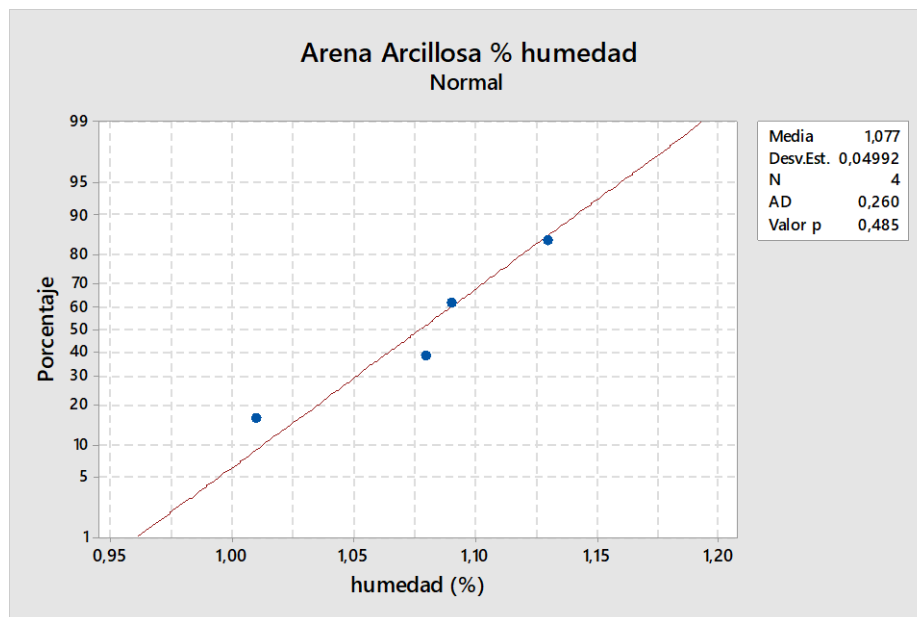
El ítem 12, describe los resultados de la determinación de parámetros del método, es decir establece el estudio de los parámetros de linealidad y varianza de los resultados de ensayo aplicando los métodos de Anderson Darling y Anova, para el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, para dar cumplimiento a la Norma ISO/IEC 17025:2005 en su numeral 5.9. El método de Anderson Darling, calcula la linealidad (normalidad) de los datos (Valor de P y P crítico), mediante el programa minitab y el método de Anova, calcula si los valores medios son iguales en los distintos grupos estudiados. La hipótesis consiste en que: se plantea determinar que los comportamientos en la ejecución del ensayo a diferentes intervalos de tiempo, conservan su normalidad. Las hipótesis Nula y Alternativa son: H0: Todos los resultados de la muestra de ensayo son iguales. H1: No Todos los resultados de la muestra de ensayo son iguales. Para efectos del informe el análisis se realiza con un nivel de confianza del 95%.

En la figura 17, se evidencian los resultados de los ensayos realizados en este caso a la muestra de arena arcillosa con diferentes contenidos de humedad, la prueba de normalidad y ANOVA de un factor. De igual forma se realiza para este método con las muestras de bentonita y arcilla arenosa color rojizo. En el anexo F, se encuentra el procedimiento con código II-PC-079, de aseguramiento de la calidad de los resultados, el cual describe las actividades a realizar para el estudio de los parámetros de linealidad y varianza.

12.1. Reporte de resultados de los ensayos realizados a la arena arcillosa con diferentes contenidos de humedad.

Observaciones	Ensayos k	
	1	2
n	1	2
1	1,13	1,01
2	1,09	1,08

- Prueba de normalidad



- ANOVA de un factor

Resumen

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	2	2,22	1,11	0,0008
Columna 2	2	2,09	1,045	0,00245

Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,004225	1	0,004225	2,6	0,248190588	18,51282051
Dentro de los grupos	0,00325	2	0,001625			
Total	0,007475	3				

Figura 17. Resultados de prueba de normalidad y Anova para arena arcillosa.

Fuente: autor.

De igual forma se describe el ensayo de actitud, en este caso el laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, participó en el Programa de Ensayos de Aptitud, propuesto por el laboratorio SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS Y CIA LTDA, el cual se encuentra acreditado por el ONAC, bajo el código 10 – LAB – 040 el 21 de noviembre de 2017, para el ensayo de Determinación del contenido de humedad de suelos y rocas con base en la masa (Método B), con código de participación SYP – SEA – P - 013. En la figura 18, se muestra la medición y evaluación del desempeño, la cual es satisfactoria.

TABLA No. 1. Programas de Ensayos de Aptitud en que Participa y Código de Participación

CÓDIGO DEL PROGRAMA	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD	CÓDIGO DEL PARTICIPANTE
SYP-SEA-011	Determinación del Contenido de Humedad de Suelos y Rocas, con base en la Masa. (Método B).	SYP-SEA-P-013

El laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, participó en el Programa de Ensayos de Aptitud, propuesto por el laboratorio SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS Y CIA LTDA, el cual se encuentra acreditado por el ONAC, bajo el código 10 – LAB – 040 el 21 de noviembre de 2017, para los ensayos descritos en el cuadro anterior, entre los que se puede observar el Ensayo de Determinación del contenido de humedad de suelos y rocas con base en la masa (Método B), con código de participación SYP – SEA – P - 013.

MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO Z PRIMA - (% DE HUMEDAD)									
No.	LABORATORIOS	Muestra 1	Muestra 2	x	X	S	z'	z'	Calificación
1	SYP-SEA-P-007	20,6	20,5	20,55	20,90	0,07	-1,75	1,75	SATISFACTORIO
2	SYP-SEA-P-010	20,58	20,61	20,595	20,90	0,02	-1,53	1,53	SATISFACTORIO
3	SYP-SEA-P-002	20,6	20,7	20,65	20,90	0,07	-1,25	1,25	SATISFACTORIO
4	SYP-SEA-P-001	20,2	21,3	20,75	20,90	0,78	-0,75	0,75	SATISFACTORIO
5	SYP-SEA-P-006	20,8	20,9	20,80	20,90	0,07	-0,50	0,50	SATISFACTORIO
6	SYP-SEA-P-019	20,8	20,8	20,80	20,90	0,00	-0,50	0,50	SATISFACTORIO
7	SYP-SEA-P-003	20,85	20,81	20,83	20,90	0,03	-0,36	0,36	SATISFACTORIO
8	SYP-SEA-P-017	20,8	20,9	20,85	20,90	0,07	-0,26	0,26	SATISFACTORIO
9	SYP-SEA-P-009	20,9	20,9	20,90	20,90	0,00	-0,01	0,01	SATISFACTORIO
10	SYP-SEA-P-013	20,91	20,90	20,905	20,90	0,01	0,02	0,02	SATISFACTORIO

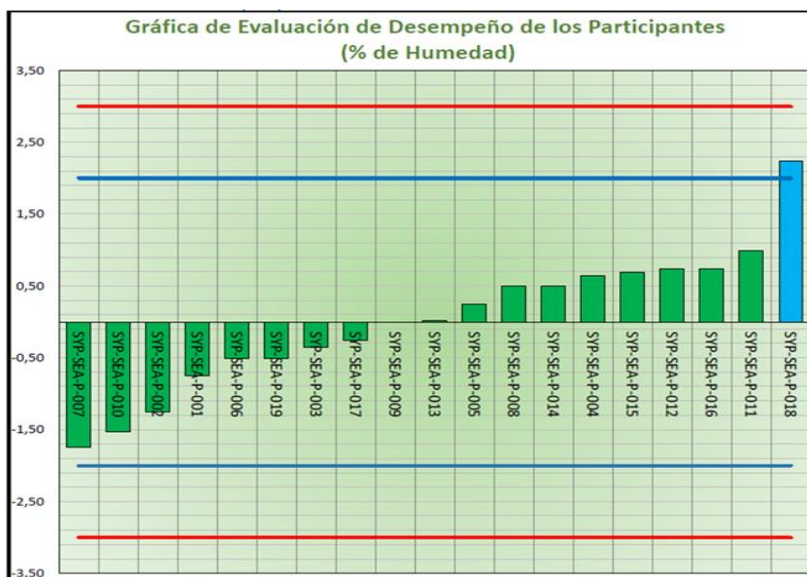


Figura 18. Medición y evaluación del desempeño.

Fuente: Informe Ensayos de Aptitud, laboratorio SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS Y CIA LTDA,

El ítem 13, consiste en la verificación del cumplimiento de parámetros, por lo que

63

teniendo en cuenta que el numeral 12 del método de ensayo INV E-122-13, no presenta precisión y sesgo, se considera que, en el interior del laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, el método ejecutado, cumple con los parámetros medidos.

En la tabla 3, se muestra un resumen de los resultados y las apreciaciones realizadas.

Tabla 3. Resumen de los resultados del método de ensayo INV E-122-13.

Tipo de suelo	Porcentaje de humedad	Método	Parámetro	Condición	Valor obtenido	Valor crítico	Evaluación		
Arena arcillosa	1,01 – 1,13	ANDERSON DARLING	Linealidad	Valor P > Valor P Crítico	0,485	0.05	Satisfactorio		
	50,76 – 54,74								
Bentonita	433,48 – 437,72							0,523	Satisfactorio
Arcilla arenosa color rojizo	18,08 – 18,32							0,233	Satisfactorio
	14,9 – 15,07				0,807		Satisfactorio		
Arena arcillosa	1,01 – 1,13	ANOVA de un factor	Varianza	$F_{\text{prueba}} < F_{\text{critico}}$	2,600	18,51	Satisfactorio		
	50,76 – 54,74				0,093	18,51	Satisfactorio		
Bentonita	433,48 – 437,72				0,503	18,51	Satisfactorio		
Arcilla arenosa color rojizo	18,08 – 18,32				0,277	5,98	Satisfactorio		
	14,9 – 15,07				1,936	5,98	Satisfactorio		
Arcilla algo arenosa de color habano amarillento	20,905	PRUEBA DE APTITUD	Z'	Z' < 2	0,02	2	Satisfactorio		

Fuente: autor.

Por ejemplo, para la prueba de normalidad, se confirma que los resultados ensayos de Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado INV E-122-13, poseen normalidad de la población debido a que los

puntos trazados forman una línea aproximadamente recta y el valor de P es mayor que el valor Crítico P, lo cual confirma que los resultados presentan un comportamiento normal con un nivel de confianza de 95%. 64

Para el análisis de Varianza, la hipótesis H_0 se aprueba, debido a que el F prueba es menor que el F crítico, por lo tanto, no existe diferencia en los resultados del ensayo INV E-122-13, lo que asegura el correcto desempeño del método dentro del laboratorio.

Teniendo en cuenta el Programa de ensayos de aptitud, del numeral 12, el cual, como se pudo observar en el cuadro resumen de medición del desempeño, la calificación para el Laboratorio de Suelos y Geotecnia fue satisfactorio.

Finalmente, el ítem 14, describe las conclusiones de la confirmación del ensayo, las cuales son:

- Se determinó que el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, cuenta con la infraestructura adecuada para realizar el método de ensayo Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado, INV E 122-13.
- Los equipos de medición y los equipos auxiliares empleados en la ejecución del ensayo se les lleva un control metrológico (cartas control) y todos están trazados al Sistema Internacional por medio de laboratorios acreditados por el ONAC.
- El proceso realizado confirmó que el método tiene un comportamiento normal, que es un método repetible y tiene una precisión intermedia satisfactoria variando las condiciones de tiempo. Se evaluaron las hipótesis de varianza y normalidad, en ambos casos se aprobó la hipótesis nula, que indica que no hay evidencia que exista diferencias

significativas cuando se aplica el método en diferentes momentos y diferentes tipos de suelo. 65

- Participó y aprobó la evaluación de desempeño realizada el 21 de noviembre de 2017, por el proveedor de ensayos de laboratorio SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS Y CIA LTDA, el cual se encuentra acreditado por el ONAC, bajo el código 10 – LAB – 040,
- De acuerdo con los resultados obtenidos, se da por confirmado el método empleado para la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado, INV E 122-13.

Conclusiones

Los laboratorios de ensayo y de calibración deben implementar dentro de su Sistema de Gestión de la Calidad, métodos y procedimientos apropiados para los ensayos o las calibraciones dentro de su alcance. Estos incluyen el muestreo, la manipulación, el transporte, el almacenamiento y la preparación de los ítems a ensayar o a calibrar y, cuando corresponda, la estimación de la incertidumbre de la medición, así como técnicas estadísticas para el análisis de los datos de los ensayos o de las calibraciones.

El plan de mantenimiento, verificación y calibración de equipos, permitió al laboratorio estar siempre al tanto de los mismos, y por lo tanto detectar cualquier anomalía que se pueda presentar y que pudiera de alguna forma afectar los ensayos y resultados de las pruebas llevadas a cabo por el Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga.

La confirmación de los métodos de cada uno de los ensayos tales como: Contenido de agua (humedad) de muestras de suelos, roca y mezclas de suelos – agregado (INV E-122-13), Límite líquido suelos (INV E-125-13), Límite Plástico e índice de plasticidad de los suelos (INV E-126-13) y Relaciones de humedad-peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación- INV E-142-13), del Laboratorio de Suelos y Geotecnia de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, permitió verificar el grado de cumplimiento de éstos, con los parámetros de repetibilidad, veracidad (verificación de equipos), cartas control y ensayos de aptitud.

Los procesos realizados para los cuatro métodos confirmaron que los métodos tienen un comportamiento normal, que son métodos repetibles y tienen una precisión intermedia satisfactoria variando las condiciones de tiempo, lo cual garantiza calidad en los resultados de los ensayos y por ende en los servicios prestados. 67

Como parte del proceso de confirmación de métodos de ensayos se evaluaron las hipótesis de varianza y normalidad, aprobando la hipótesis nula, lo cual evidenció que no existen diferencias significativas cuando se aplican los métodos en diferentes momentos y diferentes tipos de suelo.

Recomendaciones

- Para una adecuada ejecución de las actividades para la confirmación de métodos de ensayos, se hace necesario un equipo humano capacitado tanto en las normas técnicas de ensayo, como en la Norma ISO /IEC 17025, con el fin de tener claros los requisitos que se deben cumplir.
- El equipo humano para el desarrollo de este tipo de métodos debe estar integrado mínimo por un técnico para la ejecución de los ensayos y verificación de los equipos, un analista para la elaboración de procedimientos y documentación, un auxiliar para la recepción de muestras y un coordinador ingeniero civil para orientar y establecer los requisitos técnicos, además de realizar la supervisión tanto técnica como de gestión de las actividades previamente programadas.
- Se debe tener en cuenta que el personal requiere de formación específica en la norma ISO/IEC 17025, versión vigente, análisis de causa para la solución de no conformidades, estimación de incertidumbre de la medición, pruebas de repetibilidad y reproducibilidad, aseguramiento de calidad de los resultados, confirmación de métodos de ensayo, ensayos de aptitud, entre otros, para que conozcan a profundidad de la norma y de esta manera apliquen en sus actividades laborales los requisitos para el cumplimiento del sistema de gestión.
- El personal debe disponer de tiempo y espacio para la preparación y estudio de la normas y programación de actividades.

- Asegurar de que la coordinación del Laboratorio, así como el personal involucrado conozcan y utilicen la documentación realizada como los procedimientos e instructivos que forman parte del sistema, permitiendo así un lenguaje de trabajo común dentro del Laboratorio.
- Se debe disponer de presupuesto para el ajuste de los requisitos técnicos y de gestión (adquisición de equipos e instrumentos que cumplan con las normas técnicas, calibración y mantenimiento de los equipos, instrumentos patrón para la verificación de los equipos, gastos de capacitación, auditorías internas y externas, realización de pruebas de aptitud, entre otros.)
- Todo laboratorio de ensayo y calibración, debe aplicar los lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de instrumentos de medición, consignados en la *Guía ILAC G24 2007*, con el fin de optimizar los recursos invertidos en la calibración de los equipos e instrumentos utilizados en los diferentes métodos de ensayo.

- Botero, M. M., & Meza, L. (2009). Elaboración de cartas de control X barra – S en el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira. *Scientia et Technica*, 241-245.
- COGUANOR. (2005). *NTG/ISO/IEC 17025:2005* . Guatemala.
- Garonis, H., & Glácomo, F. (2010). Proceso de realización de ensayos de aptitud por comparación interlaboratorios. *Centro Nacional de Metrología SM2010-S6A-2*, 1-5.
- Gregorio, L., William, A., & Marcela, B. (2009). Metodología aplicada en el cálculo de la incertidumbre de medición. *Scientia et Technica*, 230-231.
- Hauck, W., Koch, W., & Abernethy, D. (2008). Making Sense of Trueness, Precision, Accuracy, and Uncertainty. *Pharmacopeial Forum*, 838-842.
- ICONTEC. (2005). *NTC -ISO/IEC 17025:2005*. Bogotá: ICONTEC.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificació. (2012). Vocabulario internacional de metrología - Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM). *ISO/IEC GUIDE 99:2007 NMX-Z-055-IMNC-2009*. México, Distrito Federal, Estados Unidos Mexicanos.
- JCGM. (2008). *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms* . Guides in Metrology (JCGM/WG 2).
- JCGM. (2008). *International vocabulary of metrology Basic and general concepts and associated terms*. Guides in Metrology.

Llamosa, L. E. (2007). *Repetibilidad y reproducibilidad utilizando el Método de Promedios* 71

y rangos par el Asguramiento de calidad de resultados de calibración de acuerdo a la norma NTC ISO/IEC 17025/2005. Pereira: Scientia et Technica.

Meza, L., & Botero, M. (2007). Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTC/ISO 17025. *Scientia et Technica*, 455-460.

Ministerio de Desarrollo Económico. (1993). *Decreto 2269 de 1993.* Bogotá.

Ministerio de industria, c. y. (24 de Noviembre de 2018). *Centro Español de Metrología.*

Obtenido de

http://www.cem.es/cem/metrologia/glosario_de_terminos?term_node_tid_depth_1=22

Moroto, A., Boque, R., & Riu, J. (2010). Estrategias para el calculo de la incertidumbre.

Analytica Chimica, 312-315.

Normalización, C. n. (2007). *COGUANOR NTG/LAC-G-24/OIML D 10-2007.* Guatemala.

OIML. (2007). *Directrices para la determinación de la calibración intervalos de instrumentos de medición .* Australia: ILAC.

Organisation Internationale de Metrologie Legale, O. I. (2007).

Guia_ILAC_G24_2007_OHA.pdf. Obtenido de http://oha.hondurascalidad.org/wp-content/uploads/Documentos_OHA/OtrosDocs/Guia_ILAC_G24_2007_OHA.pdf

Torres, T. (2017). *Validación de los métodos de ensayo para la determinación de densidad relativa y viscosidad dinámica en asfaltos en el laboratorio de la Refinería Esmeraldas.*

Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Veyretou, F. (2014). *Validación y confirmación de métodos.*

Wolfgang, A., Schmid, R., & Martínez, L. (2014). *Guia para estimar la incertidumbre de la medición*. México: Centro nacional de metrología.

Anexo A. Certificados de calibración de cada equipo y formatos de verificación de certificados.

Anexo B. Formato de intervalo de calibración de equipos.

Anexo C. Instructivos y formatos de verificación de equipos.

Anexo D. Informes de confirmación de los métodos de ensayo.

Anexo E. Formatos de supervisión técnica del personal para cada ensayo.

Anexo F. Procedimiento de aseguramiento de la calidad de los resultados.