APOYO EN EL ÁREA DE PROYECTOS DEL CPNT MEDIANTE ACTIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA PROPONER LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS TOPOGRÁFICOS CONVENCIONALES EN LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

AUTOR: MARIO GUTIÉRREZ TRUJILLO

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ D. C.

APOYO EN EL ÁREA DE PROYECTOS DEL CPNT MEDIANTE ACTIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA PROPONER LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS TOPOGRÁFICOS CONVENCIONALES EN LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

AUTOR: MARIO GUTIÉRREZ TRUJILLO
CÓDIGO ESTUDIANTIL: 20191131026

DIRECTOR EXTERNO:
PhD. WILMAR DARÍO FERNÁNDEZ GÓMEZ

DIRECTOR INTERNO:
Ing. OMAR FRANCISCO PATIÑO SILVA

PASANTÍA
TECNOLOGÍA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
BOGOTÁ D. C.

Nota de Aceptación:

DIRECTOR EXTERNO:
PhD. WILMAR DARÍO FERNÁNDEZ GÓMEZ

DIRECTOR INTERNO:
Ing. OMAR FRANCISCO PATIÑO SILVA

Bogotá, D. C., 12 de septiembre de 2022

ACLARATORIA

ARTICULO 117

"Las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente opiniones de la Universidad" (Artículo 117, Acuerdo 029 de 1998).

Resumen

Es importante cuando se realizan mediciones de magnitudes físicas tener la fiabilidad de los datos recolectados u obtenidos, por este motivo, existe la necesidad que haya entidades encargadas de mantener y generar la fiabilidad de los resultados de los equipos de medición utilizados, estas entidades para generar y mantener esa fiabilidad emplean técnicas y procedimientos, tanto para el funcionamiento del laboratorio como también para el proceso de ensayos de los instrumentos de metrología, procedimientos los cuales están establecidos por el "Internacional Organization for Standardization" ISO y que el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia ONAC, hace uso de estos para realizar control, seguimiento y vigilancia a los laboratorios en sus métodos de ensayo. A partir de lo anterior, el siguiente trabajo establece la metodología para implementar, mejorar, complementar, vigilar y controlar laboratorios de manteamiento y calibración de equipos topográficos.

Palabras Clave: Laboratorio, mantenimiento, calibración, acreditación, metrología, certificación.

Abstract

It is important when measurements of physical magnitudes are made to have the reliability of the data collected or obtained, for this reason, there is a need for entities in charge of maintaining and generating the reliability of the results of the measurement equipment used, these entities to generate and to maintain that reliability, they use techniques and procedures, both for the operation of the laboratory as well as for the testing process of the metrology instruments, procedures which are established by the International Organization for Standardization ISO and that the National Accreditation Agency of Colombia ONAC , makes use of these to carry out control, monitoring and surveillance of laboratories in their test methods. Based on the above, the following work establishes the methodology to implement, improve, complement, monitor, and control laboratories for the maintenance and calibration of topographic equipment.

Keywords: Laboratory, maintenance, calibration, accreditation, metrology, certification.

Índice de Contenido

Pág.

1. Introducción 9
2. Justificación 10
3. Objetivos 11
4. Alcance 12
5. Metodología 13
6. Antecedentes 15
7. Estructura Organizacional 37
8. Servicios 39
9. Procesos 43
10. Recursos 61
11. Certificación del Laboratorio 68
12. Inspección, Vigilancia y Control de Laboratorios 71
13. Análisis de Datos de Empresas/Laboratorios que Certifican Equipos Topográficos. ..72
14. Conclusiones 75
15. Anexos 76
16. Bibliografía 79

Índice de Figuras

Pág.

Figura 1 Metodología para la ejecución de actividades *13*
Figura 2 Teodolito Electrónico *16*
Figura 3 Nivel Óptico *16*
Figura 4 Nivel Digital *17*
Figura 5 Estación Total *18*
Figura 6 GPS RTK GR-5 ..... *18*
Figura 7 Dron con cámara *19*
Figura 8 Cuadro comparativo de conceptos de metrología *27*
Figura 9 Estructura organizacional del laboratorio de mantenimiento *37*
Figura 10 Estructura organizacional del laboratorio de calibración *37*
Figura 11 Estructura organizacional del laboratorio SIGMA *38*
Figura 12 Procesos de ensayo *43*
Figura 13 Procedimiento de ensayo para nivel *44*
Figura 14 Matriz M1 ..... *44*
Figura 15 Ejemplo de matriz M1 ..... *44*
Figura 16 Matriz M1Dif *45*
Figura 17 Ejemplo matriz M1Dif *45*
Figura 18 Segunda parte del procedimiento *46*
Figura 19 Matriz M2 ..... *46*
Figura 20 Ejemplo matriz M2 ..... *47*
Figura 21 Matriz M2Dif *47*
Figura 22 Ejemplo matriz M2Dif *47*
Figura 23 Procedimiento estaciones totales *49*
Figura 24 Comparación de las caras de las estaciones totales *50*
Figura 25 Plano de puntos para el procedimiento de ensayo *52*
Figura 26 Procedimiento de ensayo del teodolito *55*
Figura 27 Caras del teodolito *55*
Figura 28 Procedimiento de ensayo de EDM *57*
Figura 29 Diagrama de flujo de laboratorio de mantenimiento *61*
Figura 30 Colimador óptico *62*
Figura 31 Ejemplo de las instalaciones de un laboratorio *63*
Figura 32 Diagrama de flujo de laboratorio de calibración *64*
Figura 33 Mapa Universidad Distrital Francisco José de Caldas sede Vivero *67*
Figura 34 Calculo de la tarifa de acreditación *69*
Figura 35 Mapa y porcentaje de empresas que certifican equipos topográficos *72*

Índice de Tablas

Tabla 1 Precio verificación de drones *41*
Tabla 2 Tabla de precios teodolito, niveles y estación total *42*
Tabla 3 Ejemplo de recolección de datos *50*
Tabla 4 Procedimiento de recolección de datos *51*
Tabla 5 Descripción de actividades desarrolladas. *74*

Índice de Anexos

Anexo 1 Lista de chequeo propuesta *76*

1. Introducción

En el ejercicio de la topografía, actualmente se emplean diferentes métodos para realizar las labores de medición y georreferenciación, los cuales utilizan equipos de metrología que implementan tecnología moderna como lentes telescópicos, distanciómetros láser, sistemas globales de navegación satelital, entre otros, de manera que minimizan el tiempo de ejecución de las actividades al momento de emitir resultados. Sin embargo, esta fiabilidad que se busca obtener de los resultados se ven afectados por factores como el uso inadecuado de los equipos, condiciones climatológicas y geográficas del terreno, la intensidad de uso que se le da a los equipos, vibraciones y la tendencia al desgaste en función del tiempo *(Geotop Ingeniería, 2008).* Adicional a esto, Geotop Ingeniería (2008), también resalta realizar procedimientos como mantenimiento que incluye diagnóstico, verificación, validación y ajuste, para que los resultados de las mediciones estén sólo afectados por las especificaciones o errores aleatorios que involucran la precisión y exactitud que vienen por defecto de los equipos.

Adicionalmente, una vez aplicados estos procedimientos de mantenimiento se le podrá ejecutar una calibración al equipo de metrología para que las mediciones realizadas tengan la certificación de la fiabilidad que este tipo de trabajos necesitan, conocido como certificado de calibración el cual lo expiden entidades u organizaciones especializadas y certificadas por un ente superior de acreditación a nivel nacional, que para Colombia corresponde al Organismo Nacional de Acreditación de Colombia ONAC, esta entidad evalúa a los laboratorios mediante el cumplimiento de las Normas Internacionales ISO 17025 del 2005 y la ISO 17123 del 2001, las cuales da los lineamientos del funcionamiento del sistema de gestión de calidad y establece los procedimientos de ensayo que deben ejecutar los laboratorios de mantenimiento y calibración en los equipos de topografía convencional.

2. Justificación

En la metrología se emplean distintas prácticas que se desarrollan y ejecutan para cumplir con las labores requeridas, para esto se utilizan equipos de medición como balanzas, caudalímetros, velocímetros, distanciómetros los cuales deben ser regulados y vigilados para cuando se utilicen estos tengan valores y resultados fiables. Lo anterior, hace importante la necesidad de la existencia de laboratorios de mantenimiento y calibración que incluyan procedimientos de ajuste, verificación, inspección y validación, con el fin de emitir un diagnóstico del estado de los equipos. A la fecha existen laboratorios que realizan mantenimiento y calibración como SIGMA, PROMETALICOS y GRUPO ISO, pero que, con respecto a calibración de equipos topográficos ninguna empresa tiene la acreditación ONAC para la expedición de certificados de calibración y mantenimiento conforme a las normas ISO 17025 de 2005 e ISO 17123 de 2001, entidad la cual tiene como objetivo proveer los servicios de acreditación a los organismos de evaluación de la conformidad para acreditar su competencia (ONAC, 2008) y también, ejercer como autoridad de monitoreo para que se ejerzan las buenas prácticas en las empresas o entidades que sean acreditadas, reconocido internacionalmente por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Es por esto por lo que todo laboratorio que quiera asegurar la trazabilidad de los resultados de ensayos y calibraciones debe estar certificado por el ONAC.

Con el fin de garantizar los resultados que se requieren a la hora de realizar actividades topográficas se establecieron técnicas y procedimientos de ensayo para realizar mantenimiento y emitir certificados sobre el estado actual del equipo topográfico, como, por ejemplo, su calibración e incertidumbre a partir de la Norma ISO 17123 de 2001.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Proponer la implementación de un laboratorio de calibración y un laboratorio de mantenimiento de equipos topográficos convencionales como base para empresas y entidades interesadas en ejecutar estas actividades y para el CPNT bajo su misión de velar por el adecuado ejercicio de la topografía a nivel nacional.

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1. Examinar la normatividad y procedimientos técnicos vigentes que se realizan a los equipos de topografía convencional para llevar a cabo el diagnóstico, reparación, mantenimiento, calibración y certificación de estos.

3.2.2. Consultar y recopilar por medio de una base de datos las empresas/laboratorios que certifican y realizan procedimientos técnicos a los equipos topográficos convencionales, consultando los costos correspondientes.

3.2.3. Formular la puesta en marcha de un laboratorio de calibración y mantenimiento de equipos topográficos convencionales en la UDFJC para el beneficio de la comunidad estudiantil y gremial.

4. Alcance

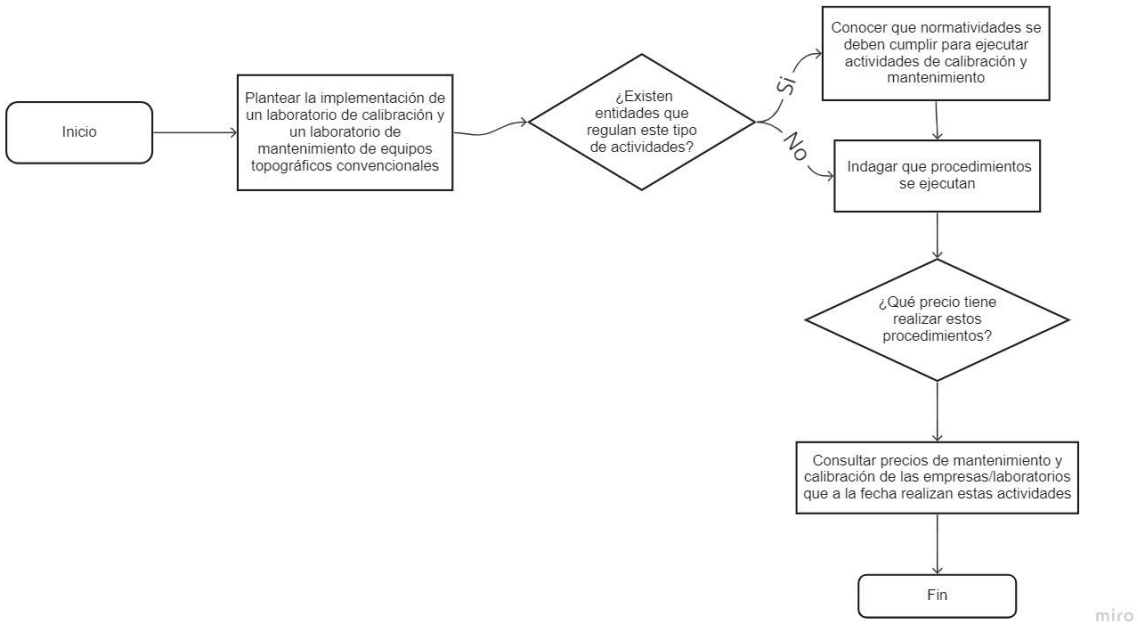
A partir del estudio de las normatividades 17025 de 2005 y 17123 de 2001 se emite una propuesta para implementar dos laboratorios; uno de mantenimiento y el otro de calibración, con el objetivo de que la propuesta permita dar un lineamiento para implementar y formalizar este tipo de laboratorios, además de, funcionar como una directriz para que entes que se encargan de inspeccionar y garantizar las buenas prácticas, puedan regular este tipo de actividades.

5. Metodología

Durante el proceso para la ejecución de la propuesta se llevan a cabo diferentes actividades que permitirán el cumplimiento de los objetivos propuestos. Teniendo en cuenta la siguiente metodología:

Figura 1

Metodología para la ejecución de actividades



Proceso de actividades para la implementación de laboratorios de calibración y mantenimiento

Al realizar una revisión literaria de las normatividades que regulan los laboratorios/empresas que calibran y realizan mantenimiento a los equipos topográficos convencionales, se encontró que la normatividad ISO/IEC 17025 del año 2005 establece los requisitos para implementar un laboratorio de calibración en donde se ejecuten ensayos y métodos de calibración. Adicionalmente, los procedimientos técnicos, también conocidos como métodos realizados en los equipos de topografía convencional son determinados por la normatividad ISO 17123 de 2001, que incluye distanciómetros, niveles, teodolitos, estaciones totales y equipos de GNSS.

A partir de lo anterior se indagó y se estructuró una base de datos de empresas/laboratorios que calibran y certifican equipos topográficos en el país, consultando precios de mantenimiento y calibración para cada instrumento con el fin de conocer los costos que implica realizar estos procesos.

6. Antecedentes

6.1 Marco Conceptual

6.1.1 Metrología

Ciencia que estudia las mediciones (García, 2014). Además, la metrología realiza procedimientos que incluyen tanto aspectos teóricos como prácticos de las mediciones respecto al que área que se aplica. (Gómez, Pinzón; 2014)

6.1.2 Topografía

La topografía es un conjunto de técnicas que tienen como finalidad ubicar un punto en la superficie terrestre y plasmar mediante un plano la superficie o el relieve de un terreno. (Saboya, 2019). Adicionalmente, García (2014) señala que la Topografía es una ciencia aplicada que se encarga de estudiar los métodos y procedimientos tanto para hacer mediciones sobre el terreno y en caso de ser necesario su correspondiente representación gráfica.

6.1.3 Instrumentos de Medición

Se denomina instrumento de medición a toda herramienta que sirva para recopilar datos de una o varias magnitudes físicas de un objeto. Por consiguiente, a la fecha en topografía los instrumentos que se utilizan son equipos mecánicos y electrónicos, cuya diferencia está en que los electrónicos tienen la capacidad de realizar mediciones de distancia usando ondas electromagnéticas, almacenar y calcular datos en una memoria interna. (Tacca, 2015)

6.1.3.1 Instrumentos Convencionales

6.1.3.1.1 Teodolito

Este instrumento es un equipo denominado mecánico-óptico, el cual permite realizar mediciones de ángulos horizontales y verticales. (Darío, 2015)

Figura 2

Teodolito Electrónico



Teodolito marca NIVEL SYSTEM. Fuente (Geodesical, s.f.)

6.1.3.1.2 Nivel Topográfico

Existen 2 tipos de niveles topográficos, ópticos y digitales, los cuales realizan lecturas de distancias verticales y horizontales si este último es digital. Con la finalidad de determinar desniveles de una superficie y definir cotas. (Conde, 2016)

Figura 3

Nivel Óptico



Nivel Óptico marca BOSH con sus respectivas partes. Fuente (demaquinasyherramientas, s.f.)

Figura 4

Nivel Digital



Nivel Digital Topcon. Fuente (RMS Geoespacial, s.f.)

6.1.3.1.3 Estación Total.

Es un instrumento de medición que permite sustituir al teodolito y al nivel topográfico, debido a que permite definir ángulos horizontales y verticales con sus respectivas distancias horizontales y verticales a través del calculo que tarda en ir y volver el láser del punto de interés al instrumento (Cárdenas, 2011). Algunas estaciones tienen un software especializado para el caso de calcular poligonales, realizar nivelaciones y enfocar objetivos de manera automática; así como la capacidad de guardar estos datos en una memoria interna para que posteriormente puedan ser exportados a formatos de procesamiento de datos como FBK, el cual permite que los datos sean importados en software de diseño como Civil 3D o AutoCAD. (Wolf, 2015)

Figura 5

Estación Total



Estación Total Topcon. Fuente (Topoequipos, s.f.)

6.1.3.1.4 GPS GNSS.

Este equipo recepciona información satelital para capturar y procesar datos geoespaciales representados en un sistema de coordenadas, lo que permite determinar la posición espacial de uno o varios puntos a alta precisión mediante técnicas de posicionamiento como estático, cinemático, RTK y NTRIP (Huerta, 2005)

Figura 6

GPS RTK GR-5



Equipo GNSS Topcon. Fuente (Ttqqueretaro, s.f.)

6.1.3.1.5 **Vehículo Aéreo no Tripulado (Dron).** Las aplicaciones de la tecnología de un vehículo aéreo no tripulado drone, dentro de la ciencia de la topografía y la ingeniería civil son de gran utilidad, siendo su campo de acción extenso por la gran importancia que representa para la toma de datos con grandes precisiones a un menor costo y mayor rendimiento. Según Puerta (2015) tiene varios campos de acción en los cuales puede ser utilizado para la implementación de técnicas fotogramétricas y sistemas de información geográfica:

- Cartografía: Mediante ortofotos, para la generación de mapas y modelos del terreno como DEM, DTM y DMS de alta resolución.
- Agricultura: Para la gestión de cultivos en la parte de control de cultivos y servicios forestales como, seguimiento de las áreas boscosas y control de incendios.
- Realización de estudios topográficos respectivos a geología e hidrología, pues ayudan a determinar estado físico del terreno, sus variaciones y alteraciones.
- Control de obras y evaluación de su impacto ambiental.
- Seguimiento de la planificación urbanística y ordenamiento territorial.
- Inspección del territorio para trazabilidad de estudios y diseños, como líneas de transmisión.
- Prevención y gestión de riesgos de desastres.

Figura 7

Dron con cámara



Ilustración de un vehículo aéreo no tripulado de cuatro rotores Fuente (Ingeoexpert, s.f.)

6.1.3.2 Características de un Instrumento de Medición

Adicionalmente, estos equipos de medición también denominados ítems de medición cuentan con algunas características relacionadas a continuación, que permiten estimar y cuantificar los valores obtenidos en aspectos importantes que dan confiabilidad en los resultados de las mediciones realizadas.

6.1.3.2.1 Rango

Son los valores que están comprendidos entre el límites máximos y mínimos de la capacidad de medida del instrumento o equipo (UTP, 2011) y se expresa estableciendo los dos valores extremos.

6.1.3.2.2 Alcance

Se expresa como "la diferencia entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento". (UTP, 2011)

6.1.3.2.3 Tolerancia

Determina los valores mínimos y máximos dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero de la medida. Y como dice la UTP (2011) "Define los límites de error que se presentan cuando el instrumento se utiliza en condiciones normales de operación".

6.1.3.2.4 Incertidumbre

Es la dispersión de los valores que puede ser atribuida razonablemente al valor verdadero de la magnitud medida (UTP, 2011). Partiendo de esto para hallar la incertidumbre se tiene en cuenta dos atributos que se mencionan a continuación:

6.1.3.2.4.1 Precisión.

"Se refiere a la dispersión de los valores obtenidos de mediciones repetidas. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión" (Crubellati, 2009). Se puede calcular obteniendo la desviación estándar de las mediciones realizadas.

Formula de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum|x-\mu|^2}{N}}$$

Donde:

$X = Representa\ valor\ de\ un\ conjunto\ de\ datos.$

$\mu = Es\ la\ media\ del\ conjunto\ de\ datos$

$N = N\acute{u}mero\ de\ datos$

6.1.3.2.4.2 Exactitud

Hace referencia a cuán cerca se encuentra el valor medido del valor de referencia, tomado como valor verdadero. “Cuando se expresa la exactitud de un resultado, se expresa mediante el error absoluto, que es la diferencia entre el valor medido y el valor real” (Crubellati, 2009).

Ilustración 7

Precisión y exactitud

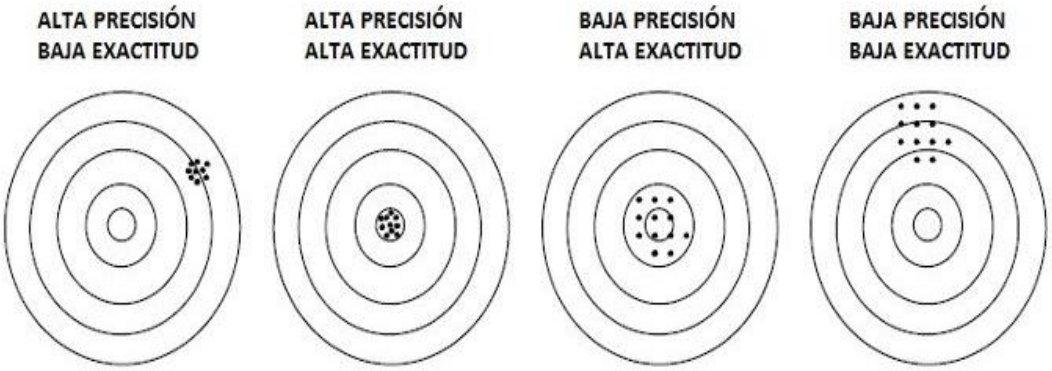


Ilustración comparativa de precisión y exactitud. Fuente (Helixnorth, 2020)

6.1.3.2.5 Repetibilidad

Es la variación que se presenta en un ítem de medición cuando el mismo operador mide el mismo objetivo veces, usando el mismo sistema de medición bajo las mismas condiciones. (ITA, 2020)

6.1.3.2.6 Reproducibilidad

Es la alteración causada por el sistema de medición utilizado, “Es la variación que se observa cuando diferentes operadores miden la misma parte muchas veces, usando el mismo sistema de medición bajo las mismas condiciones” (ITA, 2020).

6.1.3.2.7 Zona muerta

Según lo especificado por ITA (2020), es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce respuesta de las cantidades medidas y se expresa como porcentaje del alcance.

6.1.3.2.8 Fiabilidad

La fiabilidad se determina como la consistencia o estabilidad de las medidas realizadas cuando un proceso de medición se repite. “Si las lecturas del peso de una cesta de manzanas varían mucho en sucesivas mediciones efectuadas en las mismas condiciones, se considerará que las medidas son inestables, inconsistentes y poco fiables”. *(Prieto, Delgado; 2010)*

6.1.3.2.9 Fondo de escala

Es el valor máximo que un instrumento alcanza al momento de realizar mediciones. (Pérez, 1999)

6.1.3.3 Tipos de Error en un Instrumento de Medición

Al realizar las mediciones con los equipos topográficos, se busca que las mediciones realizadas tengan fiabilidad y cuenten con la incertidumbre requerida. No obstante, hay varios tipos de errores que se deben tener en cuenta para lograr precisión en los datos, siendo la incertidumbre según Torres y Villate (2001) el grado de concordancia entre el resultado de las medidas y el valor verdadero de la magnitud que se pretende medir. Así las cosas, los tipos de errores son:

- Aleatorios: este tipo de error es causado por circunstancias inesperadas durante el proceso de medición como las condiciones meteorológicas y las cuales se identifican porque sus

resultados varían de una manera no predecible.

- Humanos: este tipo de error es causado por la inexperiencia y operaciones incorrectas realizadas por el personal que realiza la medición, como ejemplo un incorrecto armado o nivelación del equipo.
- Sistemáticos: este tipo de error es debido a una causa específica del instrumento, por ejemplo, errores instrumentales, su incertidumbre, falta de ajuste de los ejes horizontal y vertical y error de software. (Rodríguez, 2009)

6.1.4 Mantenimiento

Partiendo que, según Ortega (2008), el mantenimiento es toda acción o labor aplicada a un objeto cuya finalidad sea mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida para la cual fue creado. Para cumplir con este objetivo Sexto, (2017) emplea distintos procedimientos que se relacionan a continuación para que sea aplicado según corresponda:

6.1.5 Tipos de Mantenimiento

6.1.5.1 Mantenimiento Correctivo. Este tipo de mantenimiento ajusta los defectos o averías observados al realizar un diagnóstico previo. Y pueden ser de dos tipos:

***6.1.5.1.1 Mantenimiento Correctivo Inmediato*.** Este se realiza inmediatamente de percibir la avería y defecto, y que, los procedimientos establecidos solo son destinados a ese fin.

6.1.5.1.2 Mantenimiento Correctivo Diferido. Se usa cuando se identifica una avería o defecto y se programa una posterior fecha para afrontar la reparación, solicitando los recursos como herramientas, equipos y recursos necesarios para ese fin.

6.1.5.2 Mantenimiento Preventivo. Con este mantenimiento se garantiza la fiabilidad del funcionamiento de los equipos. Pues previene que pueda producirse un accidente o avería por deterioro. En este tipo de mantenimiento se aplican dos procedimientos:

6.1.5.2.1 Mantenimiento Programado. Este se realiza ya sea por contraindicaciones del fabricante o por tiempos estipulados de normatividades.

6.1.5.2.2 Mantenimiento Predictivo. Se realizan intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento o verificación constante previo de su funcionamiento. En el que se evidencian factores como su evolución a través del tiempo y uso, y por tanto determinará el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

6.1.5.3 Mantenimiento de Oportunidad. Este procedimiento se hace con el fin de aprovechar las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos para un posterior uso de los mismos.

6.1.5.4 Mantenimiento de Actualización. Teniendo en cuenta que en la evolución del ser humano la mejora constante es el vivir de todos los días, los equipos se ven afectados por el avance en tecnología. Es por esto que este procedimiento de mantenimiento se hace con el propósito de compensar o implementar la carencia de tecnologías en los equipos para adaptarse a las necesidades del mercado.

6.1.5.5 Mantenimiento centrado en la fiabilidad. Este método emplea procedimientos de validación y verificación de los equipos en donde se recolectan datos con el fin de ajustar su precisión y exactitud.

En todos estos procedimientos que se realizan a los equipos de medición, se tienen en cuenta conceptos claves asociados a la topográfica que permitirá ejecutarlos según corresponda, determinados en el vocabulario internacional de términos en metrología legal emitido en el 2019 por la Guía Técnica Colombiana GTC 304, entre los cuales están:

6.1.5 Inspección

Procedimiento visual ejecutado antes de realizar una labor para corroborar que las condiciones actuales son las ideales para su ejecución. Esta inspección puede realizarse al personal, las instalaciones, los equipos, los métodos y la metodología con el fin de dar un dictamen de cumplimiento. (ISO/IEC 17000, 2004).

6.1.6 Verificación

Procedimientos sistemáticos, documentados y de contrastación el cual permite mediante evidencia objetiva corroborar que un equipo, proceso o procedimiento cumple con los requisitos específicos del fabricante Esta verificación puede ser inicial, preliminar, posterior u obligatoria. (GTC 304, 2019)

6.1.7 Calibración

En la Organización Internacional de Términos en Metrología Legal establece en OIML V 2-200 (2012), establece que la calibración corresponde al procedimiento realizado bajo condiciones controladas, en donde se establecen procedimientos para hallar expresiones cuantitativas de una magnitud emitidos por el ítem a calibrar. Y que, una vez realizado el procedimiento y obtenidos los valores permita a través de relaciones, obtener resultados de su incertidumbre.

6.1.8 Validación

Según Rodríguez (2015), es un procedimiento que se le realiza a los instrumentos de medición a partir de una verificación y/o inspección para comprobar que el equipo, proceso o procedimiento cumple con unos requisitos específicos establecidos por las normatividades y por tanto puede ser utilizado.

6.1.9 Ajuste

El documento OIML V 2-200 (2012), establece el ajuste como un conjunto de operaciones que incluye ajuste de ceros, ajuste de offset y ajuste de la amplitud de escala que se le debe realizar a un ítem a partir de indicaciones preinscritas por el fabricante.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de los conceptos metrológicos anteriormente mencionados:

Figura 8

Cuadro comparativo de conceptos de metrología

CONCEPTOS METROLÓGICOS

Concepto	Definición	Objetivo	Características	Ejemplo
Inspección	Procedimiento visual ejecutado antes de realizar una labor para corroborar que las condiciones actuales son las ideales para su ejecución. Esta inspección puede realizarse al personal, las instalaciones, los equipos, los métodos y la metodología.	•Dar un dictamen de cumple o no cumple	•Usa lista de chequeos •Necesita de especificaciones •Se realiza a partir de criterios establecidos ya sea por el cliente o por la empresa, por normatividades o fabricantes	• Inspección del terreno • Inspección del equipo • Inspección del sistema de gestión
Verificación	Procedimientos sistemáticos, documentados y de contrastación el cual permite mediante evidencia objetiva corroborar que un equipo, proceso o procedimiento cumple con los requisitos específicos del fabricante.	•Dar un dictamen de cumple o no cumple	• Se realiza durante un proceso inicial, preliminar, posterior u obligatorio. • Implementa metodologías • Ejecuta métodos a partir de normatividades • Necesita de instrumento o método patrón • Emite un certificado	• Verificación de incertidumbre • Verificación de los ejes • Verificación del método de ensayo
Validación	Procedimiento que se le realiza a los instrumentos de medición a partir de una verificación o inspección para comprobar que el equipo, proceso o procedimiento cumple con unos requisitos específicos establecidos por las normatividades y por tanto puede ser utilizado puede ser utilizado para un uso previsto.	•Dar dictamen de cumple o no cumple	• Se realiza después de un proceso o procedimiento ejecutado • Necesita de especificaciones ya sea del fabricante o de normatividades	• Validación del sistema de gestión • Validación de las condiciones meteorológicas o climáticas • Validación del equipo a utilizar
Calibración	Calibración corresponde al procedimiento realizado bajo condiciones controladas, en donde se establecen procedimientos para hallar expresiones cuantitativas de una magnitud emitidos por el ítem a calibrar.	•Obtener resultados de su incertidumbre, ya sea exactitud o precisión.	• Necesita un o procedimiento de referencia • Lo ejecuta un laboratorio • Emiten certificado de resultados (Calibración)	• Calibración de un nivel • Calibración de una estación total • Calibración de un teodolito • Calibración de medidores de distancia.
Ajuste	Conjunto de operaciones ejecutadas a partir de indicaciones preinscritas por el fabricante para cuestión de equipos o indicaciones preinscritas por entidades competentes para cuestiones de procesos y procedimientos.	• Fijar los resultados del instrumento, proceso o procedimiento a un valor o resultado conocido.	• Necesita un patrón de referencia • Se realiza a partir de procesos establecidos por el fabricante o entidades reguladoras	•Ajuste de ceros •Ajuste de offset •Ajuste de amplitud de escala •Ajuste de ojo de pollo o burbuja

Cuadro comparativo con los conceptos de metrología necesarios para la implementación del laboratorio

6.2 Marco Teórico

La ISO 17025 en su actualización del 20, establece los requisitos que se debe implementar en un laboratorio para realizar los ensayos y calibraciones, de manera que el laboratorio al implementar esta normatividad ejecute los métodos bajo un sistema de gestión de calidad que le permitirá solicitar una acreditación ante el ONAC que confirman y reconocen la competencia de estos. De acuerdo con la normatividad anteriormente mencionada, cada laboratorio debe cumplir con los siguientes aspectos:

6.2.1 Organización

Consiste en estar legalizado ante las entidades competentes en el cual especifique la actividad económica, también debe establecer las responsabilidades que debe cumplir el personal independientemente de que la organización desarrolle actividades diferentes a un laboratorio de calibración. Es importante aclarar que el personal contratado debe estar libre de cualquier interés o presión, comerciales o financieras que afecten o alteren la calidad del servicio ofrecido.

6.2.2 Sistema de Gestión

El laboratorio debe establecer, implementar y mantener políticas y procedimientos en el cual se garantice la fiabilidad de los resultados del laboratorio. Además de las políticas y procedimientos que se establecen en un laboratorio tales como, gestión de calidad, gestión medio ambiental, seguridad y salud en el trabajo, conducta personal y ética, se debe incluir los objetivos del laboratorio y el compromiso de ejercer la buena práctica profesional.

6.2.3 Control de los documentos

El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para el control de todos los documentos que forman parte de su sistema de gestión, tales como la reglamentación, las normas, los métodos de ensayo o de calibración, las especificaciones, las instrucciones y los manuales de los equipos de las actividades que se realizan, y también, el control de los

certificados expedidos por el laboratorio.

6.2.4 Revisión de los pedidos, ofertas y contratos

El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para la revisión de los pedidos, las ofertas y los contratos, por esto, se debe establecer procedimientos para realizar estas revisiones, los cuales deben asegurar que:

- Los requisitos, incluidos los métodos a utilizar, están adecuadamente definidos, documentados y entendidos.
- El laboratorio debe tener la capacidad y los recursos para cumplir con los requisitos u objetivos pactados.
- Especificar el método de ensayo o de calibración apropiado, que sea capaz de satisfacer los requisitos de los clientes.

Cualquier diferencia entre el pedido u oferta y el contrato debe ser resuelta antes de iniciar cualquier trabajo. Cada contrato debe ser aceptable tanto para el laboratorio como para el cliente.

6.2.5 Subcontratación de ensayos y de calibraciones

Cuando un laboratorio tiene la necesidad de contratar a una empresa u organización para realizar un trabajo específico se le denomina subcontratista. En efecto, este laboratorio debe cumplir:

- El laboratorio debe advertir al cliente de la subcontratación por escrito, sobre el acuerdo y, cuando corresponda, obtener la aprobación del cliente.
- El laboratorio es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista.
- El laboratorio debe mantener un registro de todos los subcontratistas que utiliza para los ensayos o las calibraciones, y un registro de la evidencia del cumplimiento del cumplimiento del laboratorio con esta Norma Internacional (ISO 17025), para el trabajo en cuestión.

6.2.6 Compras de servicios y de suministros

El laboratorio debe tener una política y procedimientos para la selección y la compra de los servicios y suministros que van a utilizar en los procedimientos y que, como consecuencia puedan afectar a la calidad de los ensayos o de las calibraciones. También, se debe incluir procedimientos para la recepción, inspección y almacenamiento de los materiales consumibles del laboratorio que se necesiten para los ensayos y las calibraciones.

6.2.7 Servicio al cliente

El laboratorio debe estar dispuesto a cooperar con los clientes o sus representantes para aclarar cualquier duda o inconformidad del cliente. Y de ahí, poder realizar el seguimiento del desempeño del laboratorio en relación con el trabajo realizado.

6.2.8 Control de los registros

El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para la identificación, la recopilación, el acceso, el archivo, el almacenamiento, el mantenimiento y la disposición de los registros de calidad, los cuales deben incluir los informes de las auditorías internas y de las revisiones por el director, así como los registros de las acciones correctivas y preventivas que se realicen.

6.2.9 Registros técnicos

El laboratorio debe conservar los registros de los procedimientos ejecutados, que incluye las observaciones originales de los datos derivados, de tal manera que, de información suficiente para establecer un protocolo de control a los registros de calibración, los registros del personal. Los registros correspondientes a cada ensayo o calibración deben contener suficiente información para facilitar, cuando sea posible, la identificación de los factores que afectan a la incertidumbre y posibilitar que el ensayo o la calibración sea repetido bajo condiciones lo más cercanas posible a las originales.

Los registros deben incluir la identidad del personal responsable del muestreo, de la

realización de cada ensayo o calibración y de la verificación de los resultados.

6.2.10 Auditorías internas

El laboratorio debe efectuar periódicamente, de acuerdo con un calendario y un procedimiento predeterminado; auditorías internas de sus actividades para verificar que sus operaciones continúan cumpliendo con los requisitos del sistema de gestión y de esta Norma Internacional (ISO/IEC 17025). El cual, debe considerar todos los elementos del sistema de gestión, incluidas las actividades de ensayo y calibración. Tales auditorías deben ser efectuadas por personal formado y calificado, por consiguiente, el personal contratado debe ser independiente de las actividades que se realicen en el laboratorio.

6.2.11 Ensayos

Para los laboratorios de calibración, el procedimiento de calibración de los equipos debe ser diseñado y operado de modo que se asegure que las calibraciones y las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional de Unidades.

6.2.12 Muestreo

El laboratorio debe tener un plan y procedimientos para el muestreo cuando efectúe el muestreo de sustancias, materiales o productos que se calibre. El plan y el procedimiento para el muestreo deben estar disponibles en el lugar donde se realiza el muestreo. Este muestreo es un procedimiento definido por el cual se toma una parte de una sustancia, un material o un producto para proveer una muestra representativa del total, para el ensayo o la calibración.

6.2.13 Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración

Además, el laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento y el uso de los patrones de referencia y materiales de referencia con el fin de prevenir su contaminación por humedad o deterioro a través del tiempo, para preservar su integridad.

6.2.14 Informe de los resultados

Los resultados de cada calibración efectuados por el laboratorio deben ser informados en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo o de calibración. Cada informe de ensayo o certificado de calibración debe incluir la siguiente información:

- Un título (Informe de ensayo o Certificado de calibración).
- El nombre y la dirección del laboratorio.
- Una identificación única del informe de ensayo o del certificado de calibración (tal como el número de serie) y en cada página una identificación para asegurar que la página es reconocida como parte del informe de ensayo o del certificado de calibración.
- El nombre y la dirección del cliente.
- La identificación del método utilizado.
- Una descripción, la condición y una identificación no ambigua del o de los ítems ensayados o calibrados.
- La fecha de recepción del o de los ítems sometidos al ensayo o a la calibración, cuando ésta sea esencial para la validez y la aplicación de los resultados, y la fecha de ejecución del ensayo o la calibración.
- Una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio u otros organismos, cuando éstos sean pertinentes para la validez o la aplicación de los resultados.
- Los resultados de los ensayos o las calibraciones con sus unidades de medida, cuando corresponda.
- Los nombres, funciones y firmas o una identificación equivalente de la o las personas que autorizan el informe de ensayo o el certificado de calibración.
- Una declaración de que los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados

o calibrados.

Adicional a esto si se emite un informe o una certificación hay aspectos adicionales que se debe incluir tanto en el informe como para la certificación relacionadas a continuación:

6.2.14.1 Para el informe

- Las desviaciones, adiciones o exclusiones del método de ensayo e información sobre condiciones de ensayo específicas; tales como las condiciones ambientales.
- Cuando corresponda, una declaración sobre el cumplimiento o no cumplimiento con los requisitos o las especificaciones.
- La fecha del muestreo.
- Una identificación inequívoca de la sustancia, el material o el producto muestreado (incluido el nombre del fabricante, el modelo o el tipo de designación y los números de serie, según corresponda).
- El lugar del muestreo, incluido cualquier diagrama, croquis o fotografía.
- Una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados.
- Cualquier norma o especificación sobre el método o el procedimiento de muestreo y las desviaciones.
- Adiciones o exclusiones de la especificación concerniente.

6.2.14.2 Para la certificación

- Las condiciones (por ejemplo, ambientales) bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tengan una influencia en los resultados de la medición.
- La incertidumbre de la medición o una declaración de cumplimiento con una especificación metrológica.
- Identificada o con partes de ésta.
- Evidencia de que las mediciones son trazables.

Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el laboratorio debe asentar por escrito las bases que respaldan dichas opiniones e interpretaciones. Las opiniones e interpretaciones deben estar claramente identificadas como su nombre lo indica en un informe de ensayo. Cuando el informe de ensayo contenga resultados de ensayos realizados por los subcontratistas, estos resultados deben estar claramente identificados. El subcontratista debe informar sobre los resultados por escrito o electrónicamente. Las modificaciones de fondo a un informe de ensayo o certificado de calibración después de su emisión deben ser hechas solamente en la forma de un nuevo documento, o de una transferencia de datos, que incluya la declaración:

"Suplemento al Informe de Ensayo" (o "Certificado de Calibración"), número de serie... [u otra identificación]" Fuente: Norma ISO/IEC 17025,2005

6.3 Marco Legal

6.3.1 Constitución Legal

6.3.1.1 Legalizar

A partir de la guía de la Cámara de Comercio en su décima edición emitida en el 2010, al crear una empresa, organización, o laboratorio esta se debe legalizar ante Cámara de Comercio y Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales con el fin de garantizar competencia leal. Para esto se debe definir:

1. Su constitución, ya sea persona jurídica o natural.
2. Definir qué clase o tipo de sociedad se implementará para con esto, deducir qué deberes y derechos tiene.
3. Determinar los siguientes datos para presentar el acta de constitución, escritura pública o documento privado ante la cámara de comercio.
    - Nombre de la entidad y su sigla
    - Clase de persona jurídica
    - Domicilio de la entidad
    - Objeto social
    - Patrimonio y forma de hacer los aportes
    - Forma de administración
    - Duración
    - Forma de liquidación
    - Obligaciones de la revisoría fiscal
    - Nombramientos de órganos y representantes legales

6.3.1.2 Proteger Actividad Comercial

Una vez constituida la empresa, organización o laboratorio, con el fin de proteger la actividad económica comercial, existen entidades en las cuales se realizan diferentes solicitudes, mencionadas a continuación.

6.3.1.2.1 Superintendencia de Industria y Comercio

Con el fin de proteger, marca lema, enseña o patente en la expedición de certificados de calibración de instrumentos de medición.

6.3.1.2.2 Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, DIAN

Se debe obligatoriamente realizar la Inscripción del Registro único tributario, RUT; tramitar actualizaciones, cancelaciones y numeración de facturas.

6.3.1.2.3 Secretaría de Hacienda

Tramitar actualizaciones o cancelaciones.

6.3.1.2.4 SENA/ ICBF /Cajas de Compensación

Para realizar trámites con respecto a solicitudes o beneficios del pago parafiscales.

6.3.2 Seguridad Social

Según lo estipulado por Tarazona (2010), “La seguridad social es el conjunto armónico de entidades públicas y privadas, normas y procedimientos y está conformado por los regímenes generales establecidos para pensiones, salud, riesgos laborales, subsidio familiar y los servicios sociales complementarios que se definen en la ley” Lo anterior, hace importante que la empresa u organización realice las respectivas afiliaciones de los empleados al sistema de salud y a empresas administradoras de riegos laborales con clase de riesgo 2.

6.3.3 Gestión Tributaria

Según lo estipulado en el Estatuto Tributario un laboratorio tiene responsabilidades tributarias entre las que se destaca el impuesto al valor agregado (IVA).

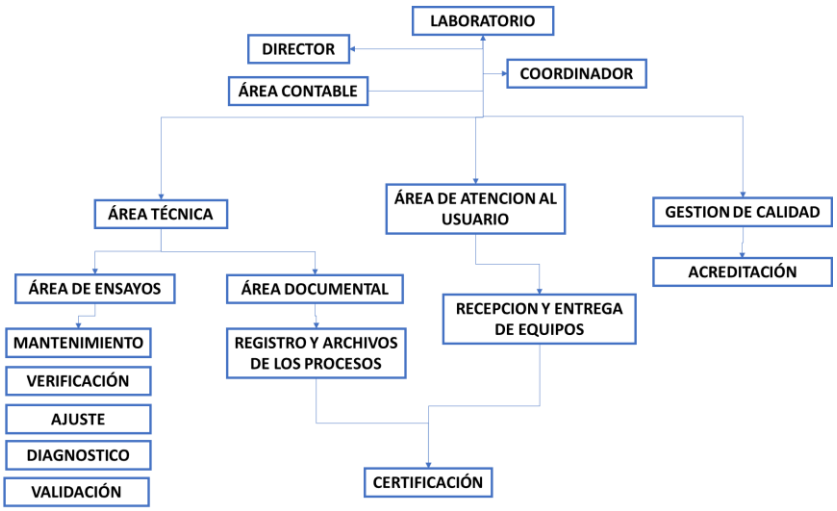
> *“ARTÍCULO 468. TARIFA GENERAL DEL IMPUESTO SOBRE LAS VENTAS. (Artículo modificado por el artículo 184 de la Ley 1819 de 2016.) La tarifa general del impuesto sobre las ventas es del diecinueve por ciento (19%)”*

7 Estructura Organizacional

7.1 Laboratorio de Mantenimiento

Figura 9

Estructura organizacional del laboratorio de mantenimiento



Estructura organizacional de las áreas de un laboratorio de mantenimiento.

7.2 Laboratorio de Calibración

Figura 10

Estructura organizacional del laboratorio de calibración

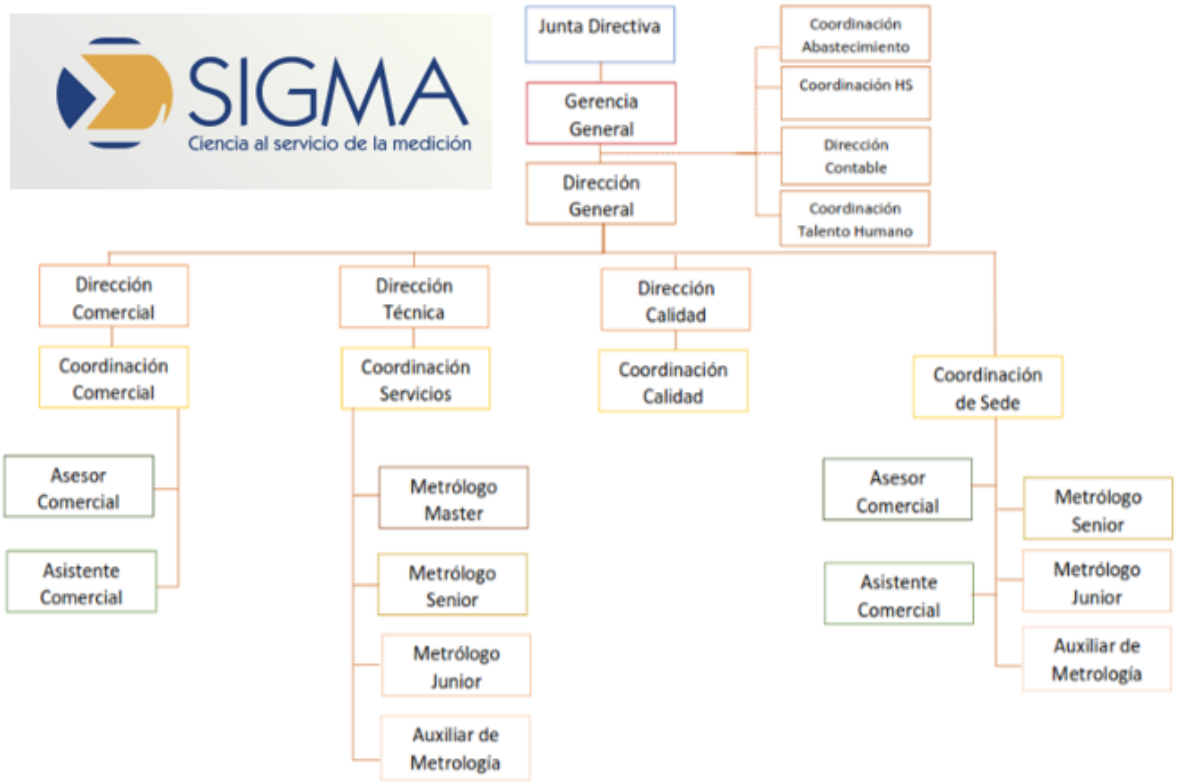


Estructura organizacional de las áreas de un laboratorio de calibración.

7.3 Ejemplo Laboratorio de Calibración SIGMA

Figura 11

Estructura organizacional del laboratorio SIGMA



Estructura organizacional del laboratorio SIGMA. Fuente: SIGMA, 2017

8 Servicios

8.1 Laboratorio de Mantenimiento

Este laboratorio estará con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los equipos topográficos en los aspectos mecánicos de cada parte que lo compone, con el fin de minimizar los errores sistemáticos que se pueden presentar a través del tiempo en:

- Estaciones Totales
- Niveles ópticos y digitales
- Teodolitos
- Equipos GPS GNSS
- Vehículos aéreos no tripulados (Dron)

A los cuales se les puede realizar los siguientes procedimientos:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento de Oportunidad.
- Mantenimiento de Actualización.
- Mantenimiento centrado en la fiabilidad.

Las actividades de mantenimiento incluyen los siguientes procesos (excluyendo al Dron):

1. Limpieza exterior del instrumento
2. Revisión general de las partes mecánicas
3. Revisión del distanciómetro
4. Revisión funcionamiento electrónico
5. Limpieza y verificación de cada una de las pantallas
6. Mantenimiento de los teclados
7. Desarme, limpieza y engrase general de la base nivelante

8. Desarme, limpieza y engrase de los tornillos de movimiento fino Vertical y Horizontal

9. Mantenimiento Sistema de enfoque (retículo ocular, lentes)

10. Patronamiento de distancias

11. Ajuste de la burbuja tubular y el ojo de pollo

12. Ajuste de Cierres

13. Ajuste de Plomada

14. Ajuste General

15. Informe y Certificado

16. Diagnostico (Opcional)

Y para el dron los procedimientos que se le realizan son:

1. Revisión de todos los elementos (estructura, equipos y sistemas, motores, hélices/rotores, transmisiones, conectores eléctricos)

2. Rellenar líquidos, fluidos y combustible (si aplica).

3. Presión de neumáticos y estado del tren de aterrizaje, (si aplica).

4. Batería: comprobación de las baterías, incluyendo estado de carga.

5. Prueba funcional en tierra. Comprobar su operatividad (incluyendo mandos de vuelo al menos a 30 m. de distancia de la aeronave). Ejecutar las pruebas funcionales definidas por el fabricante, en su caso. Funcionamiento de los equipos de comunicación y navegación.

6. Prueba funcional en vuelo. Comprobar su operatividad. Funcionamiento de los equipos de comunicación y navegación.

8.2 Laboratorio de Calibración

El objetivo de este laboratorio es establecer una serie de operaciones en las que, bajo unas condiciones especificadas y controladas se realicen mediciones o recolección de datos de los valores indicados de un instrumento. Y con esto emitir un informe y certificación de los

resultados de incertidumbre, procedimiento el cual se realiza a los equipos topográficos convencionales, tales como:

- Estaciones Totales
- Niveles ópticos y digitales
- Teodolitos
- Distanciómetros

8.3 Precios de diagnóstico, mantenimiento, reparación y calibración de equipos topográficos convencionales

Con el fin de conocer los costos de mantenimiento y calibración se recopilaron los datos de una serie de cotizaciones obtenidas por diferentes empresas, entre los equipos consultados, se obtuvo precio y tiempo de duración de Estaciones, Niveles ópticos y digitales, Teodolitos, GPS GNSS y vehículos aéreos no tripulados (drones). Al realizar la consulta de los precios de calibración, mantenimiento y ajuste de equipos topográficos de manera independiente, donde las empresas en su mayoría realizan la calibración y ajuste del equipo junto con el respectivo certificado de los resultados de incertidumbre del equipo en un mismo procedimiento. A partir de los datos recopilados, en la tabla 1 se puede observar el valor más probable para realizar verificación de funcionamiento de aeronave no tripulada; mientras que en la tabla 2 de cada equipo topográfico convencional donde se evidencia el valor por cada ítem consultado.

Tabla 1
Precio verificación de drones

EQUIPO	EMPRESA	PRECIO MANTENIMIENTO	TIEMPO (DÍAS)
DRONES	JMC DRONES	$ 130.000	1
	Valor Medio	*$ 130.000*	1

Este precio consultado equivale al mantenimiento general que se le realiza a un dron

Tabla 2

Tabla de precios teodolito, niveles y estación total

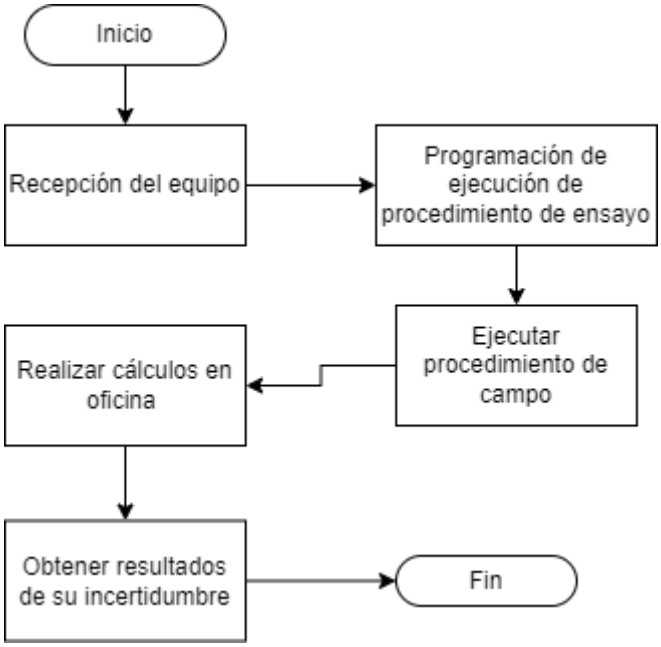
EQUIPO	EMPRESA	PRECIO			TIEMPO (DÍAS)
		CALIBRACIÓN	CALIBRACIÓN + AJUSTE	CALIBRACIÓN + AJUSTE + MANTENIMIENTO	
ESTACIÓN TOTAL	Gamatécnica Ingeniería SAS			$ 230.000	3
	Incoltop Equipos de Topografía		$ 140.000		2
	Lacet Laboratorio	$ 209.948			3
	Arfor Ingeniería		$ 160.000		2
	AS Equipos Topografía SAS		$ 160.000		3
	JM Equipos SAS		$ 154.000		3
				$ 240.000	3
	Acre Surveying Solutions Colombia		$ 170.000		3
	BB Equipos Topográficos		$ 190.000		3
	GGP SAS Instrumentos de Ingeniería		$ 140.000		2
	Maquitop SAS			$ 180.000	2
	Equipos y Servicios de Precisión SAS			$ 190.000	2
	Dissman Ingeniería			$ 160.000	2
	Valor Medio	*$ 209.948*	*$ 160.000*	*$ 190.000*	*3*
TEODOLITO	Gamatécnica Ingeniería SAS			$ 200.000	3
	Lacet Laboratorio	$ 138.389			3
	JM Equipos SAS		$ 110.000		3
				$ 170.000	3
	Acre Surveying Solutions Colombia		$ 150.000		3
	GGP SAS Instrumentos de Ingeniería		$ 90.000		2
	Maquitop SAS			$ 120.000	2
	Valor Medio	*$ 138.389*	*$ 110.000*	*$ 170.000*	*3*
NIVEL ÓPTICO	Gamatécnica Ingeniería SAS			$ 130.000	3
	Incoltop Equipos de Topografía		$ 80.000		2
	Lacet Laboratorio	$ 169.816			3
	Arfor Ingeniería		$ 70.000		2
	AS Equipos Topografía SAS		$ 80.000		3
	JM Equipos SAS		$ 83.000		3
				$ 120.000	3
	Acre Surveying Solutions Colombia		$ 80.000		3
	BB Equipos Topográficos		$ 80.000		3
	GGP SAS Instrumentos de Ingeniería		$ 70.000		2
	Maquitop SAS			$ 100.000	2
	Equipos y Servicios de Precisión SAS			$ 90.000	2
	Dissman Ingeniería			$ 75.000	2
	Valor Medio	*$ 169.816*	*$ 80.000*	*$ 100.000*	3
NIVEL ELECTRÓNICO	BB Equipos Topográficos		$ 150.000		3
	GGP SAS Instrumentos de Ingeniería		$ 90.000		2
	Valor Medio		*$ 120.000*		3

Tabla de precios por cada ítem y empresa consultada

9 Procesos

Figura 12

Procesos de ensayo



Procesos de ensayo a partir de la norma ISO 17123 de 2001

9.1 Niveles

Cuando utilizamos un nivel para realizar mediciones de diferencias de alturas en el terreno podemos encontrar errores a causa de los ejes horizontal del visor óptico y en consecuencia, no se realizan las mediciones correctamente. Es por esto que se establece realizar los siguientes procedimientos con el fin de comprobar la fiabilidad de sus mediciones.

9.1.1 Procedimiento

Inicialmente como lo establecido en la Figura 13 se debe establecer un punto de armado del equipo para realizar las observaciones. Posteriormente, se debe ubicar dos miras; punto A y punto B para la realizar las observaciones. Estos puntos de instalación de las miras tienen que estar a 30 metros exactamente de distancia, siendo 0 el punto donde instalamos el trípode para las observaciones.

Figura 13

Procedimiento de ensayo para nivel

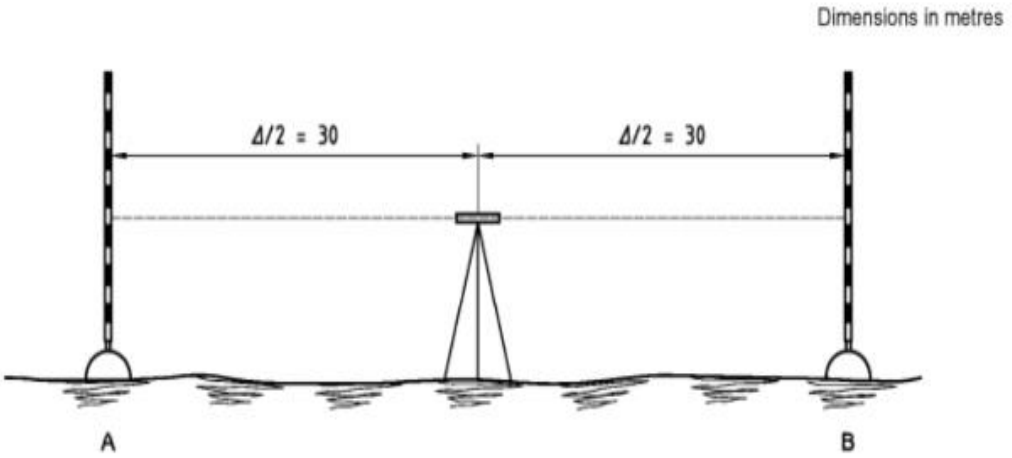


Ilustración con el procedimiento de ubicación del nivel a las distancias requeridas.
Fuente: ISO, 2001

Luego, se realiza 5 lecturas desde una misma altura instrumental; una lectura consiste en realizar una medición de altura desde el punto A hacia el punto B y desde el punto B hacia el punto A y estos datos se almacenan en una matriz que se nombrará M1 relacionada a continuación:

Figura 14

Matriz M1

$$1 = \begin{vmatrix} A1 & B1 & A \rightarrow B \\ A2 & B2 & B \rightarrow A \\ A3 & B3 & A \rightarrow B \\ A4 & B4 & B \rightarrow A \\ A5 & B5 & A \rightarrow B \\ A6 & B6 & B \rightarrow A \\ A7 & B7 & A \rightarrow B \\ A8 & B8 & B \rightarrow A \\ A9 & B9 & A \rightarrow B \\ A10 & B10 & B \rightarrow A \end{vmatrix}$$

Matriz 1 (M1) para la recolección de datos

Figura 15

Ejemplo de matriz M1

$$M1 = \begin{vmatrix} A & B & \\ 1{,}698 & 1{,}551 & A \rightarrow B \\ 1{,}695 & 1{,}549 & B \rightarrow A \\ 1{,}697 & 1{,}551 & A \rightarrow B \\ 1{,}696 & 1{,}549 & B \rightarrow A \\ 1{,}699 & 1{,}552 & A \rightarrow B \\ 1{,}696 & 1{,}549 & B \rightarrow A \\ 1{,}7 & 1{,}553 & A \rightarrow B \\ 1{,}704 & 1{,}557 & B \rightarrow A \\ 1{,}704 & 1{,}557 & A \rightarrow B \\ 1{,}704 & 1{,}557 & B \rightarrow A \end{vmatrix}$$

Matriz 1 (M1) Ejemplo de recolección de datos

Luego se procede a calcular la diferencia de lecturas del punto A al punto B, obteniendo la matriz *M1Dif,* como se muestra a continuación:

Figura 16

Matriz *M1Dif*

$$M1Dif = \begin{vmatrix} A1\text{-}B1 \\ A2\text{-}B2 \\ A3\text{-}B3 \\ A4\text{-}B4 \\ A5\text{-}B5 \\ A6\text{-}B6 \\ A7\text{-}B7 \\ A8\text{-}B8 \\ A9\text{-}B9 \\ A10\text{-}B10 \end{vmatrix}$$

Matriz hallada a partir de la diferencia de los datos calculados

Figura 17

Ejemplo matriz M1*Dif*

$$M1Dif = \begin{vmatrix} A\text{-}B \\ 0{,}147 \\ 0{,}146 \\ 0{,}146 \\ 0{,}147 \\ 0{,}147 \\ 0{,}147 \\ 0{,}147 \\ 0{,}147 \end{vmatrix}$$

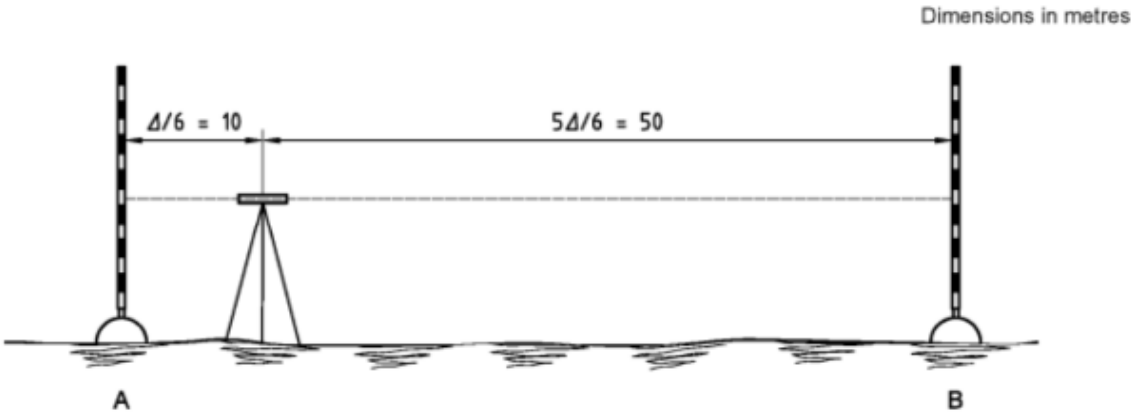
0,147
0,147

Ejemplo de matriz hallada a partir de la diferencia de los datos calculados

Adicionalmente, en el procedimiento se realizan otras observaciones a los puntos A y B. Consiste en ubicar el punto 0 o armado del trípode a una distancia de 10 metros del punto A y en consecuencia quedará a 50 metros del punto B como especifica la ilustración 12**.**

Figura 18

Segunda parte del procedimiento



Visualización de la ubicación del equipo respecto a los puntos A y B

Luego, se realizan las observaciones hacia los puntos A y B. y se realiza el mismo proceso de observación las 5 lecturas anteriores quedando la matriz *M2.*

Figura 19

Matriz *M2*

$$M2 = \begin{vmatrix} A1 & B1 & A\rightarrow B \\ A2 & B2 & B\rightarrow A \\ A3 & B3 & A\rightarrow B \\ A4 & B4 & B\rightarrow A \\ A5 & B5 & A\rightarrow B \\ A6 & B6 & B\rightarrow A \\ A7 & B7 & A\rightarrow B \\ A8 & B8 & B\rightarrow A \\ A9 & B9 & A\rightarrow B \\ A10 & B10 & B\rightarrow A \end{vmatrix}$$

Recolección de datos a partir de la segunda parte del procedimiento

Figura 20

Ejemplo matriz M2

$$M2 = \begin{array}{|cc|c|} \multicolumn{2}{c}{A} & B & \\ \hline 1{,}474 & 1{,}326 & A \rightarrow B \\ 1{,}471 & 1{,}324 & B \rightarrow A \\ 1{,}482 & 1{,}335 & A \rightarrow B \\ 1{,}484 & 1{,}337 & B \rightarrow A \\ 1{,}489 & 1{,}343 & A \rightarrow B \\ 1{,}494 & 1{,}347 & B \rightarrow A \\ 1{,}498 & 1{,}351 & A \rightarrow B \\ 1{,}495 & 1{,}351 & B \rightarrow A \\ 1{,}495 & 1{,}351 & A \rightarrow B \\ 1{,}498 & 1{,}351 & B \rightarrow A \\ \hline \end{array}$$

Ejemplo de recolección de datos a partir de la segunda parte del procedimiento

Siguiendo con el proceso, se calcula la diferencia de lecturas del punto A al punto B, obteniendo la matriz *M2Dif*, como se muestra a continuación:

Figura 21

Matriz M2Dif

$$M2Dif = \begin{array}{|c|} \hline A\text{-}B \\ A1\text{-}B1 \\ A2\text{-}B2 \\ A3\text{-}B3 \\ A4\text{-}B4 \\ A5\text{-}B5 \\ A6\text{-}B6 \\ A7\text{-}B7 \\ A8\text{-}B8 \\ A9\text{-}B9 \\ A10\text{-}B10 \\ \hline \end{array}$$

Diferencias de los datos recolectados en la segunda parte del procedimiento

Figura 22

Ejemplo matriz *M2Dif*

$$M2Dif = \begin{array}{|c|} \hline A\text{-}B \\ 0{,}148 \\ 0{,}147 \\ \hline \end{array}$$

0,147
0,147
0,146
0,147
0,147
0,144
0,144
0,147

Diferencias de los datos recolectados en la segunda parte del procedimiento

El próximo paso es obtener la diferencia de promedios de cada matriz; tanto de *M1Dif* y *M2Dif* obteniendo como resultado:

ProM1Dif = *0,1468*
ProM2Dif = *0,1464*

Para posteriormente calcular sus diferencias y obtener la diferencia de promedios (*ProDif)*:

$$ProDif = ProM1Dif - ProM2Dif$$

$$ProDif = 0.004$$

También, se calcula la desviación estándar de la matriz *M1Dif* a partir de la fórmula*:*

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (Xi - \bar{X})}{N}} = 0{,}000421$$

Donde:

$N = La\ cantidad\ de\ lecturas\ realizadas$

$Xi = Cada\ diferencia\ de\ lectura$

$\bar{X} = Promedio\ de\ las\ diferencias\ de\ lecturas\ realizadas$

Al realizar estos procedimientos obtenemos los resultados para comparar con lo que dice la normatividad 17123 de 2001 la cual establece *"La Diferencia de Promedios debe ser menor o igual que la Desviación Estándar de los Residuos de la matriz M1 multiplicada por 2.5"* parte de esto permitirá saber si el equipo ensayado esta fuera de ajuste y por tanto insuficiente para realizar procedimientos de medición. Adicionalmente, al calcular la

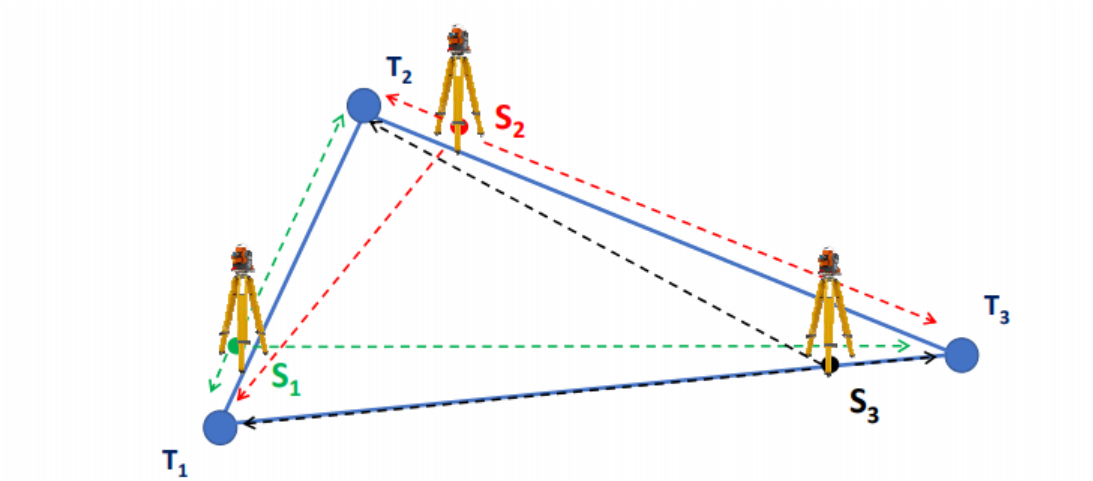
desviación estándar en la matriz *M1* permitirá determinar la precisión del equipo.

9.2 Estaciones Totales (Taquímetros)

Según lo especificado en la norma se debe establecer tres objetivos o puntos fijos los cuales se definirán como *T1, T2 y T3,* los cuales deben estar materializados y allí se debe ubicar prismas reflectores mediante bípodes nivelados respectivamente. Estos tres puntos materializados se deben ubicar de tal manera que formen un triángulo; las distancias entre los objetivos se eligen de modo que sean diferentes y al menos una distancia debe ser mayor que la distancia media. Posteriormente, se establece los tres puntos en donde se ubica el equipo para realizar las mediciones; *S1, S2 y S,* estos puntos se fijan a cada lado de los vértices que conforman el triángulo, aproximadamente de 5 a 10 m de distancia desde cada prisma objetivo.

Figura 23

Procedimiento estaciones totales



Ubicación de los vértices y armados de la estación para el procedimiento de ensayo. Fuente ISO, 2018

De acuerdo con el procedimiento se debe en medir desde cada una de las bases *S1, S2, S3,* las coordenadas X, Y y Z de los tres puntos objetivos *T1, T2 y T3,* en cuatro sesiones de observación, de tal manera que se realizan 36 lecturas distribuidas en 12 sesiones diferentes, 4 sesiones por cada punto base. Partiendo de esto, una sesión de medición consiste en medir desde

una estación a los tres prismas por las 2 caras de la estación (relacionadas en la figura 24), mediciones las cuales se realizan con sistema de coordenadas arbitrario igual en cada uno de los puntos base. Adicionalmente, estos son recolectados de la manera que lo establece la tabla 3.

Figura 24

Comparación de las caras de las estaciones totales



Comparación de las caras de las estaciones en donde la cara 1 se diferencia porque el tornillo tangencial vertical se encuentra de frente al observador. Fuente: jmequipo, s.f.

Tabla 3

Ejemplo de recolección de datos

Estación	***Objetivo***	***Sesión***	***Posición Anteojo***	***Coordenadas***		
				X	***Y***	***Z***
1	*1*	*1*	*I*	*6.2002*	*7.6756*	*-0.3071*
	2			*-37.4767*	*-5.4081*	*1.0795*
	3			*-45.2430*	*-29.8647*	*-0.0552*
	1	*2*	*II*	*6.2006*	*7.6758*	*-0.3069*
	2			*-37.4765*	*-5.4079*	*1.0797*
	3			*-45.2428*	*-29.8645*	*-0.0550*
	1	*3*	*I*	*6.2005*	*7.6759*	*-0.3068*
	2			*-37.4764*	*-5.4078*	*1.0798*
	3			*-45.2427*	*-29.8644*	*-0.0549*
	1	*4*	*II*	*6.2007*	*7.6761*	*-0.3066*
	2			*-37.4762*	*-5.4076*	*1.0800*
	3			*-45.2320*	*-29.8642*	*-0.0547*

Ejemplo de los resultados de la recolección de datos del primer armado de estación

Tabla 4

Procedimiento de recolección de datos

Estación	Objetivo	Sesión	Cara de la estación	Coordenadas		
				X	**Y**	**Z**
S1	T1	1	1	*S1,T1,1,1,X*	*S1,T1,1,1,Y*	*S1,T1,1,1,Z*
	T2			*S1,T2,1,1,X*	*S1,T2,1,1,Y*	*S1,T2,1,1,Z*
	T3			*S1,T3,1,1,X*	*S1,T3,1,1,Y*	*S1,T3,1,1,Z*
	T1	2	2	*S1,T1,2,2,X*	*S1,T1,2,2,Y*	*S1,T1,2,2,Z*
	T2			*S1,T2,2,2,X*	*S1,T2,2,2,Y*	*S1,T2,2,2,Z*
	T3			*S1,T3,2,2,X*	*S1,T3,2,2,Y*	*S1,T3,2,2,Z*
	T1	3	1	*S1,T1,3,1,X*	*S1,T1,3,1,Y*	*S1,T1,3,1,Z*
	T2			*S1,T2,3,1,X*	*S1,T2,3,1,Y*	*S1,T2,3,1,Z*
	T3			*S1,T3,3,1,X*	*S1,T3,3,1,Y*	*S1,T3,3,1,Z*
	T1	4	2	*S1,T1,4,2,X*	*S1,T1,4,2,Y*	*S1,T1,4,2,Z*
	T2			*S1,T2,4,2,X*	*S1,T2,4,2,Y*	*S1,T2,4,2,Z*
	T3			*S1,T3,4,2,X*	*S1,T3,4,2,Y*	*S1,T3,4,2,Z*
S2	T1	1	1	*S2,T1,1,1,X*	*S2,T1,1,1,Y*	*S2,T1,1,1,Z*
	T2			*S2,T2,1,1,X*	*S2,T2,1,1,Y*	*S2,T2,1,1,Z*
	T3			*S2,T3,1,1,X*	*S2,T3,1,1,Y*	*S2,T3,1,1,Z*
	T1	2	2	*S2,T1,2,2,X*	*S2,T1,2,2,Y*	*S2,T1,2,2,Z*
	T2			*S2,T2,2,2,X*	*S2,T2,2,2,Y*	*S2,T2,2,2,Z*
	T3			*S2,T3,2,2,X*	*S2,T3,2,2,Y*	*S2,T3,2,2,Z*
	T1	3	1	*S2,T1,3,1,X*	*S2,T1,3,1,Y*	*S2,T1,3,1,Z*
	T2			*S2,T2,3,1,X*	*S2,T2,3,1,Y*	*S2,T2,3,1,Z*
	T3			*S2,T3,3,1,X*	*S2,T3,3,1,Y*	*S2,T3,3,1,Z*
	T1	4	2	*S2,T1,4,2,X*	*S2,T1,4,2,Y*	*S2,T1,4,2,Z*
	T2			*S2,T2,4,2,X*	*S2,T2,4,2,Y*	*S2,T2,4,2,Z*
	T3			*S2,T3,4,2,X*	*S2,T3,4,2,Y*	*S2,T3,4,2,Z*
S3	T1	1	1	*S3,T1,1,1,X*	*S3,T1,1,1,Y*	*S3,T1,1,1,Z*
	T2			*S3,T2,1,1,X*	*S3,T2,1,1,Y*	*S3,T2,1,1,Z*
	T3			*S3,T3,1,1,X*	*S3,T3,1,1,Y*	*S3,T3,1,1,Z*
	T1	2	2	*S3,T1,2,2,X*	*S3,T1,2,2,Y*	*S3,T1,2,2,Z*
	T2			*S3,T2,2,2,X*	*S3,T2,2,2,Y*	*S3,T2,2,2,Z*
	T3			*S3,T3,2,2,X*	*S3,T3,2,2,Y*	*S3,T3,2,2,Z*
	T1	3	1	*S3,T1,3,1,X*	*S3,T1,3,1,Y*	*S3,T1,3,1,Z*
	T2			*S3,T2,3,1,X*	*S3,T2,3,1,Y*	*S3,T2,3,1,Z*
	T3			*S3,T3,3,1,X*	*S3,T3,3,1,Y*	*S3,T3,3,1,Z*
	T1	4	2	*S3,T1,4,2,X*	*S3,T1,4,2,Y*	*S3,T1,4,2,Z*
	T2			*S3,T2,4,2,X*	*S3,T2,4,2,Y*	*S3,T2,4,2,Z*
	T3			*S3,T3,4,2,X*	*S3,T3,4,2,Y*	*S3,T3,4,2,Z*

Ejemplo de tabla del procedimiento de recolección de datos de ensayo de estación

A partir de las coordenadas obtenidas de punto *T1, T2 y T3* se calcula el promedio de cada uno, es decir, promT1, promT2 y promT3, para posteriormente con la fórmula de la distancia encontrar la longitud horizontal de cada lado.

$$Distancia = \sqrt{(XpromT2 - XpromT1)^2 + (YpromT2 - YpromT1)^2}$$

Con esto, se construye un triángulo de referencia ubicado en un sistema de referencia arbitrario como aparece en la ilustración 8:

Figura 25

Plano de puntos para el procedimiento de ensayo

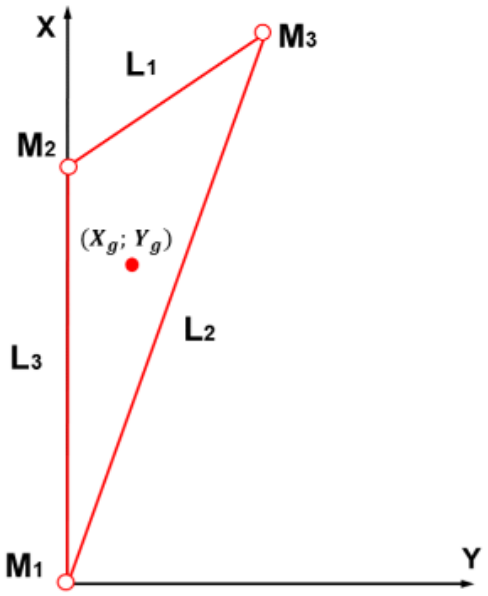


Ilustración con la figura resultante para en ensayo de estaciones totales Fuente: ISO, 2001

Posteriormente se realiza el cálculo de las coordenadas del centro de gravedad, que corresponde al promedio de las coordenadas obtenidas de los vértices T1, T2 y T3, es decir:

$$Xg = \frac{xT1 + xT2 + xT3}{3} \; ; \; Yg = \frac{yT1 + yT2 + yT3}{3}$$

El siguiente paso consiste en trasladar réplicas del modelo matemático desde su centro de gravedad hasta que coincida con el centro de gravedad de cada triángulo medido, en donde $x_{m,i,j,k}; y_{m,i,j,k}$ representa las coordenadas calculadas a partir de las observaciones y $x_{i,j,k}; y_{i,j,k}$

las coordenadas del centro de gravedad. Estás roto-traslaciones se realizan mediante la aplicación de un ajuste por mínimos cuadrados de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma 17123 de 2001, de este modo, serán mínimos los residuos obtenidos al comparar cada triángulo medido con el modelo matemático. Estos residuos se constituyen a partir de las diferencias entre las coordenadas de los triángulos medidos y las del modelo matemático roto-trasladado que se calcula como:

$$r_x = x_{i,j,k} - x_{m,i,j,k}$$

$$r_y = y_{i,j,k} - y_{m,i,j,k}$$

Luego se halla la suma de los cuadrados de todos los residuos, que se obtiene mediante:

$$r_{xy}^2 = r_{x,i,j,k}^2 + r_{y,i,j,k}^2$$

Seguidamente se calcula en número de grados de libertad, con el fin de conocer el número de parámetros desconocidos, teniendo en cuenta que hay 3 lados y 6 coordenadas correspondientes a los vértices del modelo del triángulo. Adicionalmente, se encuentran 12 parámetros de rotación determinados de las 4 sesiones de observación por cada una de las 3 armadas de las estaciones, obteniendo como resultado:

$$v = 3 + 6 + 12 = 21$$

Así, el número de grados de libertad es:

$$v_{xy} = 72 - 21 = 51$$

En donde el número 72 corresponde a la cantidad de observaciones realizadas para las coordenadas X e Y, es decir, se recolectaron 36 datos para cada una, para finalmente calcular la desviación de los resultados obtenidos y así hallar su incertidumbre.

$$s_{xy} = \sqrt{\frac{\sum r_{xy}^2}{51}}$$

Posteriormente se calcula la incertidumbre entre las diferencias de alturas T1- T2 y T1-

T3, utilizando valores medidos para cada sesión ($Z_{m,i,j,k}$) y cada base ($Z_{i,j,k}$) representado como:

$$d_{z,i,j,k} = Z_{i,j,k} - Z_{m,i,j,k}$$

Luego se realizan las sumatorias de los resultados obtenidos para obtener los valores medios de las diferencias mediante:

$$a_{z,j} = \frac{1}{12} d_{z,i,j,k}$$

Seguidamente, se calculan los residuos de las diferencias de altura, respecto a las mediciones realizadas junto con en valor medio, que se obtiene a partir de:

$$r_{z,i,j,k} = d_{z,i,j,k} - a_{z,j}$$

Y luego, hallar la suma de los cuadrados de los residuos obtenidos.

$$\sum r_z^2 = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=2}^{3} \sum_{k=1}^{4} r_{z,i,j,k}^2$$

Adicionalmente se calcula el número de grados de libertad mediante:

$$v = 24 - 2 = 22$$

Para finalmente calcular desviación típica de la diferencia de altura o la desviación estándar de la coordenada z y así, encontrar la precisión del equipo.

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{(22)2}}$$

Obtenidas las desviaciones de las coordenadas horizontales s_{xy} y s_z se valida que cumpla que sea menor o igual a la desviación declarada por el fabricante.

9.3 Teodolito

Para este procedimiento se establecen 4 blancos ubicados aproximadamente en el mismo plano horizontal que el instrumento, entre 100 m y 250 m de distancia, y situado en

intervalos de grados alrededor del horizonte tan regulares como sea posible, estos puntos se deben observan 3 veces (3 Conjuntos), desde la posición de la cara I y II del telescopio especificado en la Figura 27.

Figura 26

Procedimiento de ensayo del teodolito

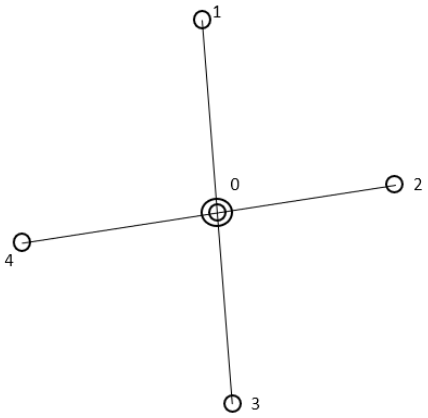


Ilustración con los puntos de ubicación para ejecutar el procedimiento de ensayo de teodolito

Al momento que se realizan las lecturas el equipo debe ser girado en 60° en sentido contrario a las manecillas del reloj después de cada conjunto de observación. Una dirección es marcado por *Xj,k,I o Xj,k,II*, siendo el índice j el número del conjunto y el índice k el número del blanco; mientras que, I y II indican la posición de la cara del telescopio como lo indica la siguiente figura:

Figura 27

Caras del teodolito



Comparación de las caras de las estaciones en donde la cara 1 se diferencia porque el tornillo tangencial vertical se encuentra de frente al observador. Fuente: Instrumentos de nivelación y teodolitos, s.f.

Una vez recolectados los datos, se calculan los valores medios de las lecturas en ambas posiciones frontales I y II del telescopio:

$$X_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180°}{2}$$

Luego se calcula la reducción en la dirección del objetivo a partir de la ecuación:

$$X'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}$$

Los valores medios de las direcciones resultantes de n = 3 conjuntos al objetivo *k* son:

$$\overline{x_k} = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}$$

A partir de las diferencias calculadas como:

$$d_{j,k} = \overline{x}_k - x'_{j,k}$$

para cada conjunto de mediciones, los valores medios aritméticos dan como resultado:

$$\overline{d_j} = \frac{x'_{j,1} + x'_{j,2} + x'_{j,3} + x_{j,4}}{4}$$

Y posteriormente calcular los residuos mediante:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - d_j$$

Luego, calcular la sumatoria de los cuadrados de los residuos a partir de:

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} r_{j,k}^2$$

Seguidamente se encuentran el número de grados de libertad en el cual para n = 3 conjuntos de direcciones a t = 4 objetivos, el número de grados de libertad es

$$v = (3-1)(4-1) = 6$$

Y finalmente la desviación estándar a partir de las observaciones en ambas posiciones de la cara del telescopio equivalente a su precisión mediante la ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{6}}$$

Obtenida la desviación se valida que cumpla que esta sea menor o igual a la desviación declarada por el fabricante.

9.3 Medidores de distancia electroópticos (EDM)

Este procedimiento de ensayo de los EDM (Electro-Optical Distance Measurer) se basa en establecer un área de campo relacionado en la figura 28, la cual contiene 4 reflectores ubicados desde los 20m hasta los 200m en puntos indelebles con distancias conocidas que son aceptadas como valores verdaderos.

Figura 28

Procedimiento de ensayo de EDM

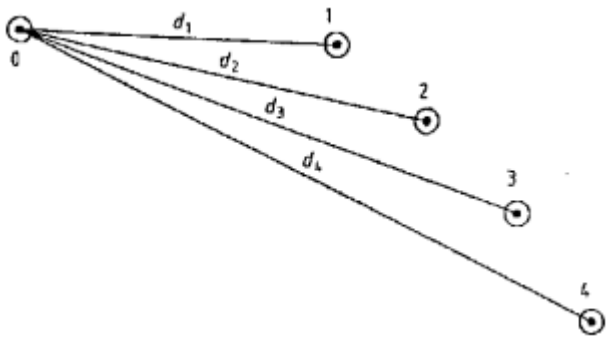


Ilustración con el procedimiento de recolección de datos de ensayo de distanciómetros Fuente. ISO, 2001

Teniendo en cuenta que se debe establecer los valores verdaderos de las distancias entre el punto de armado del equipo y los puntos donde se encuentra el reflector se debe ejecutar los siguientes procedimientos:

1. Realizar la medición de la temperatura y de la presión atmosférica al momento de realizar las mediciones.

2. Con el equipo patrón realizar 3 lecturas a cada punto y calcular el promedio de cada punto observado a partir de la fórmula:

$$\overline{x} = \frac{\sum x}{3}$$

3. Calcular el valor de los ajustes necesarios mediante:

$$Ka = \left(279.6 - \frac{106 * p}{273.2 + t}\right) * 10^{-6}$$

En donde:

Ka = Ajuste

p = Presión atmosférica

t = Temperatura

4. Efectuar el valor de ajuste a las mediciones realizadas con la ecuación de:

$$Dc = D + D * Ka$$

En donde:

Dc = Distancia Corregida

D = Distancia observada

Teniendo los valores tomados como verdaderos se procede a realizar la verificación del equipo a ensayar, este procedimiento solo incluye realizar una medición a cada punto donde están ubicados los reflectores. A partir de esto, se realiza el mismo ajuste de temperatura y de presión atmosférica con las fórmulas relacionadas anteriormente para finalmente realizar una comparación entre los resultados de los valores de las distancias tomadas como verdaderas y las distancias del equipo ensayado, con el fin de conocer su exactitud en las mediciones y compararlas con lo estipulado por el fabricante para definir si el equipo cuenta con las especificaciones requeridas para lo cual será utilizado.

9.4 Vehículos Aéreos no Tripulados (Drones)

A partir del procedimiento de mantenimiento de vehículos aéreos no tripulados *(s,f,)* se define los siguientes aspectos a ejecutar

9.4.1 Inspección:

1. Verificar si hay daños o deformidades, como hinchazón de la capa exterior.

2. Buscar visualmente grietas en el revestimiento del chasis y que todos los tornillos estén en su lugar y apretados.

3. Verificar que la cerradura de la batería esté firme y que los pestillos (clips de plástico que empuja para sacar la batería de la aeronave) funcionen correctamente y vuelven a la posición después de ser empujados.

4. Verificar que todos los tornillos estén en su lugar y asegúrese de que no haya tornillos sueltos.

5. Inspeccionar todas las pegatinas de la aeronave de tal manera que no haya pegatinas sueltas por el motivo de que las pegatinas sueltas pueden caer en pleno vuelo y obstruir los rotores.

6. Si las regulaciones de su país exigen, verificar que la etiqueta de registro de la aeronave se visualice correctamente en la aeronave.

7. Verificar cada hélice para garantizar de que todas se mueven libremente.

8. Retirar las hélices y encender los motores, esto permitirá corroborar que los motores están girando sin vibración excedida y que los ejes del motor estén rectos sin presentar oscilaciones.

9. Verificar que todas las ventilaciones estén limpias y abiertas.

10. Verificar que los sensores los sensores de proximidad (si están equipados) estén limpios.

11. Verificar los amortiguadores de vibraciones del cardán, de tal manera que no presenten grietas y que estén dentro de su alojamiento.

12. Verificar los pasadores cardánicos que aseguran los amortiguadores de vibraciones; al menos 2 deben estar instalados.

13. Inspeccionar en el cardán; la lente, el brazo y los cables en busca de daños.

15. Realice la calibración IIMU en el momento que la aeronave se encuentre a temperatura ambiente y en una superficie completamente plana.

16. Realizar calibrador de brújula y del cardán

18. Retire la batería de la aeronave para verificar que todas las placas doradas de la batería estén dentro de la aeronave. También, si hay alguna mancha en la superficie.

20. Verificar que los contactos metálicos de las tomas de datos y alimentación de la batería no estén dañados.

21. Para realizar mantenimiento a la batería se debe encender y volar la aeronave hasta que el nivel de la batería alcance el 25 % - 30 %, posteriormente dejar que la batería se enfríe por completo a la temperatura ambiente volver a colocar la batería y encender la aeronave hasta que el nivel de batería baje al 8%. Seguidamente se retira para dejar que la misma se enfríe por completo nuevamente a temperatura ambiente y así finalmente poder ser recargada de nuevo.

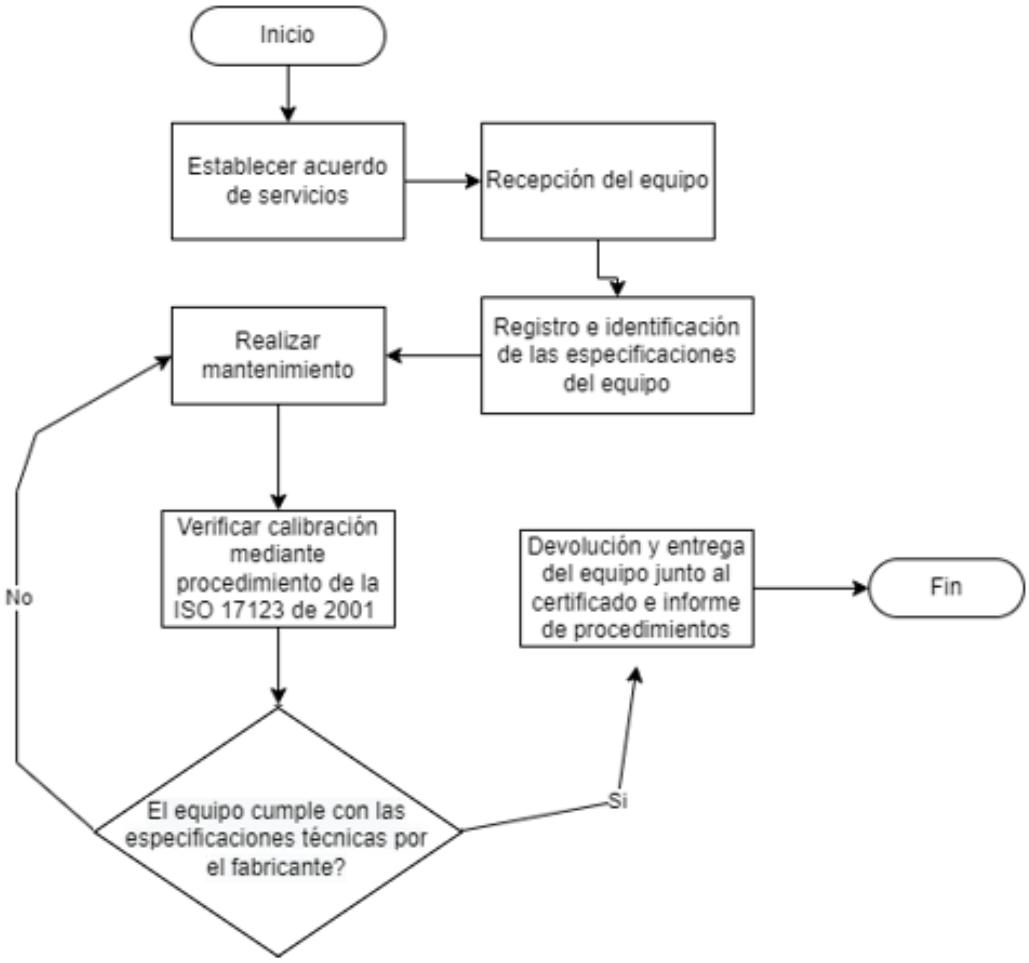
10 Recursos

Teniendo en cuenta las labores a realizar según cada laboratorio, se establece los recursos que necesita tener para su funcionamiento.

10.1 Labores de mantenimiento

Figura 29

Diagrama de flujo de laboratorio de mantenimiento



Representación gráfica del procedimiento a ejecutar por parte del laboratorio de mantenimiento

10.1.1 Mano de Obra

Se necesita, dos personas para realizar los procedimientos técnicos con conocimientos topográficos, manejo en el desarmado, armado, ajuste y funcionamiento de los instrumentos de medición, es por esto por lo que se recomienda que el personal tenga titulación de tecnólogo en

topografía con conocimientos certificados en la norma ISO 17123 de 2001, de tal manera que le permita ejecutar los procedimientos de ensayo. Adicionalmente, para las labores de mantenimiento de aeronaves no tripuladas, el laboratorio debe tener un seguro para los mismos y el personal debe tener licencia vigente como piloto de vehículos aéreos no tripulados, expedida por la Aeronáutica Civil de Colombia.

10.1.2 Maquinaria y Equipo

Para realizar algún procedimiento de mantenimiento se debe contar con: herramientas de desarme de equipos como desatornilladores, llaves de herramienta y alicates; así como un colimador óptico de 5 lentes como se especifica en la figura , para verificar los ejes verticales, horizontales y distanciómetro en caso de que el instrumento se encuentre equipado con estos ejes. Adicionalmente se requiere de productos de limpieza de equipos como bayetillas, limpiacristales y lubricador de metales, y un computador e impresora para emitir los informes de los procedimientos realizados.

Figura 30

Colimador óptico

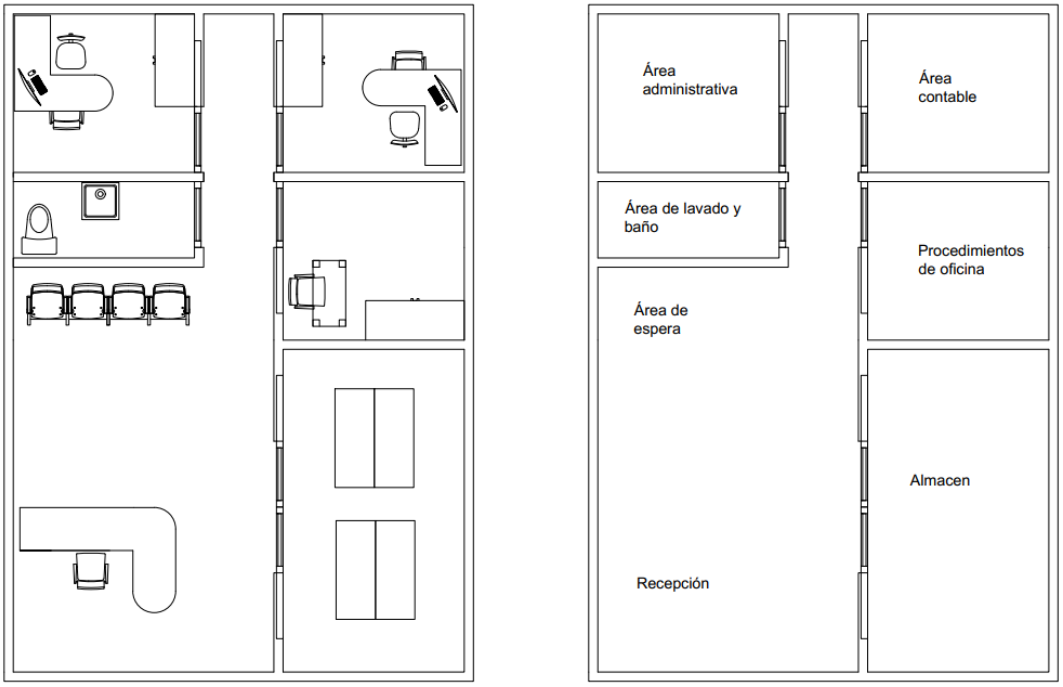


Colimador óptico de 5 lentes para la verificación de instrumentos de medición. Fuente: South Geosystems

10.1.3 Instalaciones

Figura 31

Ejemplo de las instalaciones de un laboratorio



Instalaciones del laboratorio propuesta para su implementación en la UDFJC

Se requiere implementar, adecuar o construir un espacio cerrado para poder almacenar y realizar las labores de mantenimiento en el cual las condiciones meteorológicas no alteren el estado de los equipos, puesto que una radiación con índice ultravioleta >2 puede presentar sobrecalentamiento en los equipos y la lluvia puede provocar cortos circuitos, para este espacio cerrado las condiciones de temperatura deben estar entre 10 > 50 grados Celsius y así, controlar que la humedad no sea menor al 30 % pero tampoco mayor al 50%. De tal motivo que si la humedad llega a sobrepasar el mínimo porcentaje causará que la energía estática se acumule generando sobrecargas eléctricas, y si la humedad sobrepasa el 50% ocasionará cortos circuitos.

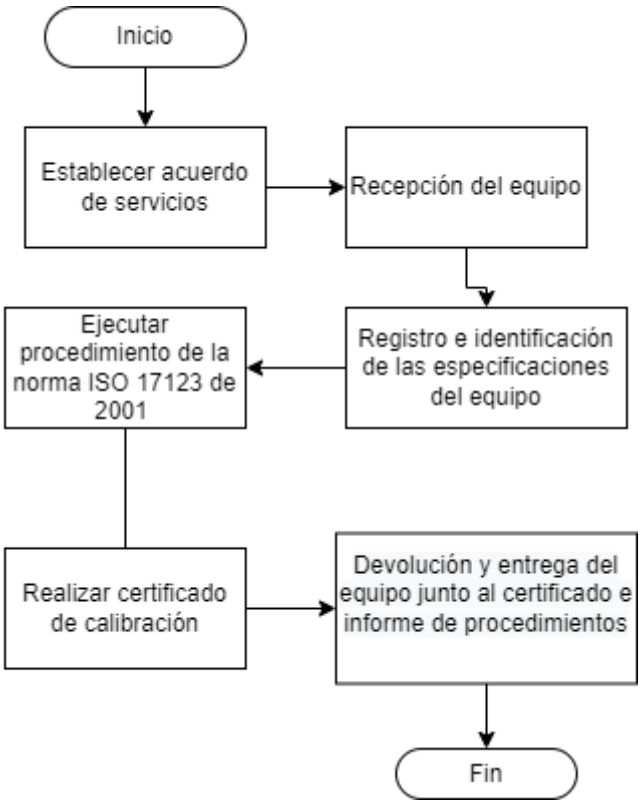
Adicionalmente para los procedimientos de mantenimiento de los drones teniendo en cuenta que estos se deben hacer funcionar en el aire, se debe efectuar las recomendaciones establecidas por los fabricantes *"Los drones pueden volar con vientos que sean dos tercios de*

su velocidad máxima" (DJI, 2022), este procedimiento debe realizarse en un área establecido por la aeronáutica civil que establece que no puede superar más de 123 metros de altura, y tampoco a más de 500 metros de distancia de quien lo está pilotando. Así mismo, el laboratorio debe tener un espacio para archivar los documentos correspondientes a la actividad realizada e implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

10.2 Labores de procesos de ensayo

Figura 32

Diagrama de flujo de laboratorio de calibración



Representación gráfica del procedimiento a ejecutar por parte del laboratorio de calibración

10.2.1 Mano de Obra

Se necesita dos personas para realizar los procedimientos de ensayo, estas personas tienen que contar con conocimientos topográficos en el armado, funcionamiento y recolección de datos, por lo que se recomienda que el personal tenga titulación mínima de tecnólogo en topografía y opcionalmente cursos y conocimiento en las normas internacionales ISO 17123 de 2001.

10.2.2 Maquinaria y Equipo

10.2.2.1 Niveles

- Un trípode para el armado del equipo.
- Dos miras con su respectiva base nivelada para que el punto sea indeleble durante el procedimiento, la mira se puede nivelar a partir de un bípode o sapo de nivelación.
- Cartera para la recolección de datos.

10.2.2.2 Estaciones

- Tres puntos indelebles que formen un triángulo.
- Un trípode para el armado del equipo.
- Tres prismas o reflectores con sus respectivos accesorios que garanticen si ubicación y nivelación, estos accesorios pueden ser bastón, trípode o base nivelante.
- Cartera de recolección de datos.

10.2.2.3 Teodolito

- Cuatro puntos indelebles.
- Un trípode para el armado del equipo.
- Tres prismas o reflectores con sus respectivos accesorios que garanticen su ubicación y nivelación, estos accesorios pueden ser bastón, trípode o base nivelante.
- Cartera de recolección de datos.

10.2.2.4 Distanciómetros

- Cinco puntos indelebles.
- Un trípode para el armado del equipo.
- Un prisma o reflectores con sus respectivos accesorios que garanticen su ubicación y nivelación, estos accesorios pueden ser bastón, trípode o base nivelante.
- Cartera de Recolección de datos.
-

10.2.3 Instalaciones

Las instalaciones que se necesitan para realizar los procedimientos de ensayo son definidas a partir de la normatividad 17123 de 2001, la cual establece la ubicación y distancia entre los puntos que se debe realizar las observaciones y que se relaciona a continuación.

10.2.3.1 Niveles

Un espacio mínimo de 60 metros lineales para realizar las lecturas de los puntos.

10.2.3.2 Estaciones

Tener establecidos tres vértices a una distancia de 5 a 10 metros entre cada vector formado por los vértices.

10.2.3.3 Teodolitos

El espacio comprendido para realizar este procedimiento debe cumplir que desde el punto de armado del equipo se ubique 4 puntos desplegados en el horizonte formado ángulos horizontales regulares. Adicionalmente, estos puntos se deben ubicar de 100 a 200 metros del punto de armado.

10.2.3.4 Distanciómetros

Para este procedimiento se debe establecer un espacio en el cual se visualice a partir del punto de armado del equipo 4 puntos indelebles repartidos de 20 hasta 200 metros de longitud. Igualmente, todos los procedimientos deben cumplir con situaciones meteorológicas mencionadas anteriormente; que establece que la radiación con índice ultravioleta >2 puede presentar sobrecalentamiento en los equipos, la lluvia puede provocar cortos circuitos, las condiciones de temperatura deben estar entre 10 a 50 grados Celsius, para controlar que la humedad no sea menor al 30 % pero tampoco mayor al 50%. Parte de esto implica que si la humedad llega a sobrepasar el mínimo porcentaje causará que la energía estática se acumule generando sobrecargas eléctricas, y si la humedad sobrepasa el 50% ocasionará cortos circuitos.

Adicionalmente estos procedimientos se deben realizar en condiciones de cielo cubierto y con vientos suaves, es decir, según lo establecido por PCE Instruments que no supere los 12km/h.

10.2.4 Instalaciones propuestas en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Partiendo de los recursos mencionados en las secciones anteriores es necesario que se adecue dos laboratorios independientes con las áreas especificadas en la figura 31 para realizar todos los procedimientos de administración y procesos de oficina como la ejecución de informes y certificados y también el área de servicio al cliente para la recepción y devolución de equipos. Posteriormente, para la ejecución de procedimientos de ensayo a partir de lo mencionado en los procesos estipulados por la norma ISO 17123 de 2001 se puede definir un área diferente para cada equipo siempre y cuanto se cumpla con las distancias y parámetros mencionados anteriormente para cada proceso. Por esto teniendo en cuenta la figura 33 en el cual se destaca el lote B de la UDFJC se plantea para que allí se puedan realizar los procedimientos.

Figura 33

Mapa Universidad Distrital Francisco José de Caldas sede Vivero



Mapa de la sede de vivero de Universidad Distrital Francisco José de Caldas en donde se resalta el lote b demarcado en azul para la ejecución de procedimientos de ensayo de instrumentos topográficos. Fuente: Mapas Bogotá

11 Certificación del Laboratorio

El ente encargado de reconocer la actividad de un laboratorio de calibración en Colombia es el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia ONAC cuya misión es "*proteger los intereses de los consumidores en términos de seguridad y calidad*" y que, al otorgar un certificado garantiza que los procedimientos de gestión y ensayo realizados en determinado laboratorio son de alta fiabilidad, permitiendo así que este logre un estatus más alto.

11.1 Proceso de acreditación

El laboratorio al cumplir con las normatividades establecidas por el ONAC; ISO 17025 de 2005 e ISO 17123 de 2001 puede presentar la solicitud de acreditación a partir de los siguientes pasos:

1. Diligenciar el formulario de solicitud propio del esquema del laboratorio adjuntando toda la documentación solicitada respecto a la formalización legal del laboratorio para realizar la solicitud de acreditación.
2. Una vez aprobado el formulario porque cumple con todos los requerimientos, el ONAC programa la ejecución de las actividades de evaluación las cuales incluye verificación de documentos estipulados en la Norma ISO 17025 de 2005 y validación de ensayos a partir de la norma ISO 17123 de 2001.
3. Para la fase de la evaluación, el ONAC mediante y durante el desarrollo de actividades que realiza el laboratorio dará un dictamen respecto a si el laboratorio cumple con las normatividades establecidas y por tanto otorgar o no la acreditación. En el caso de la no acreditación se deberá repetir la fase de evaluación.

Una vez otorgada la acreditación, este certificado tendrá una vigencia de 5 años en las cuales el ONAC realiza visitas de seguimiento, verificación y validación que se estén cumpliendo todos los procedimientos y normas por los cuales el método fue acreditado y en tal caso que el ONAC evidencie algún incumplimiento podrá suspender la acreditación.

Figura 34

Proceso de acreditación

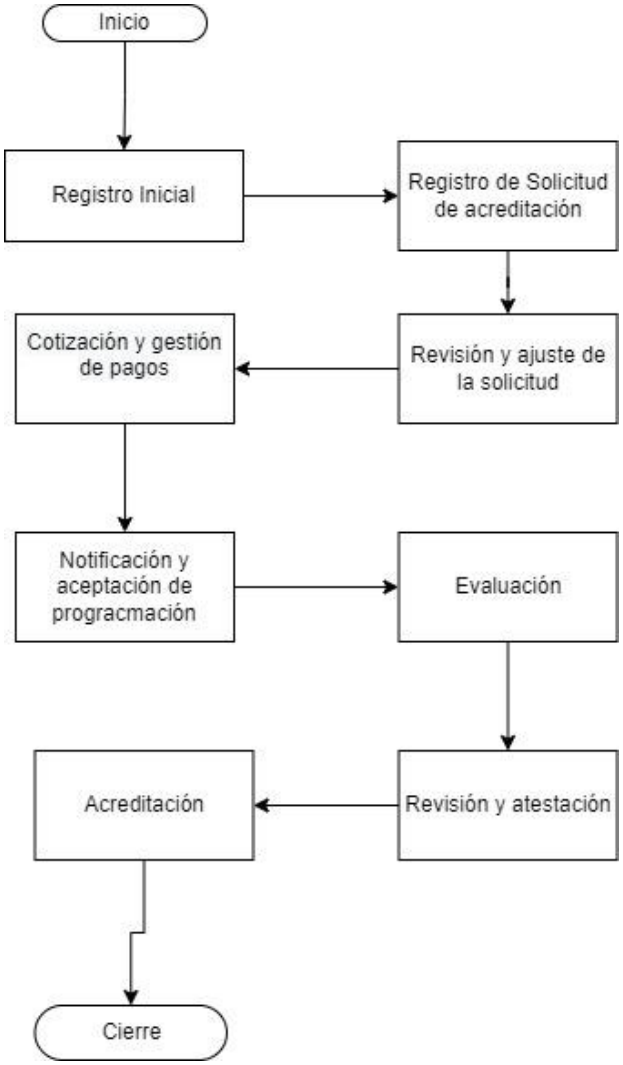


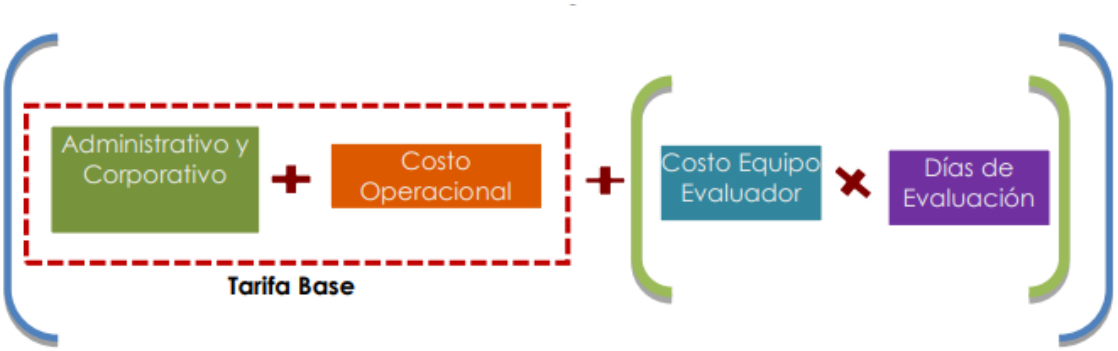
Diagrama de flujo del proceso de acreditación establecido por el ONAC

11.2 Costos

Este valor está ligado a los procesos realizados por el ONAC representados en la figura 34 y que son establecidos al momento de enviar el formulario de solicitud de evaluación y se relacionen a continuación.

Figura 35

Calculo de la tarifa de acreditación



Manera por el cual el ONAC establece el precio del servicio de acreditación. Fuente ONAC, 2021.

11.2.1 Costo Administrativo

Componente fijo, calculado a partir de los gastos corporativos.

11.2.2 Costo de Operación

Componente variable, calculado en función del tiempo de las direcciones técnicas en la prestación del servicio, según cada esquema de acreditación. Dentro del costo de operación se incluyen los costos relacionados a la revisión de informes.

11.2.3 Costo de equipo evaluador

Componente variable, costo del equipo evaluador que incluyen al evaluador líder y un experto técnico.

11.2.4 Días de evaluación

Componente variable, cantidad de días de evaluación definidos.

11.2.5 Impuestos

Tasa impositiva legal

12 Inspección, Vigilancia y Control de Laboratorios

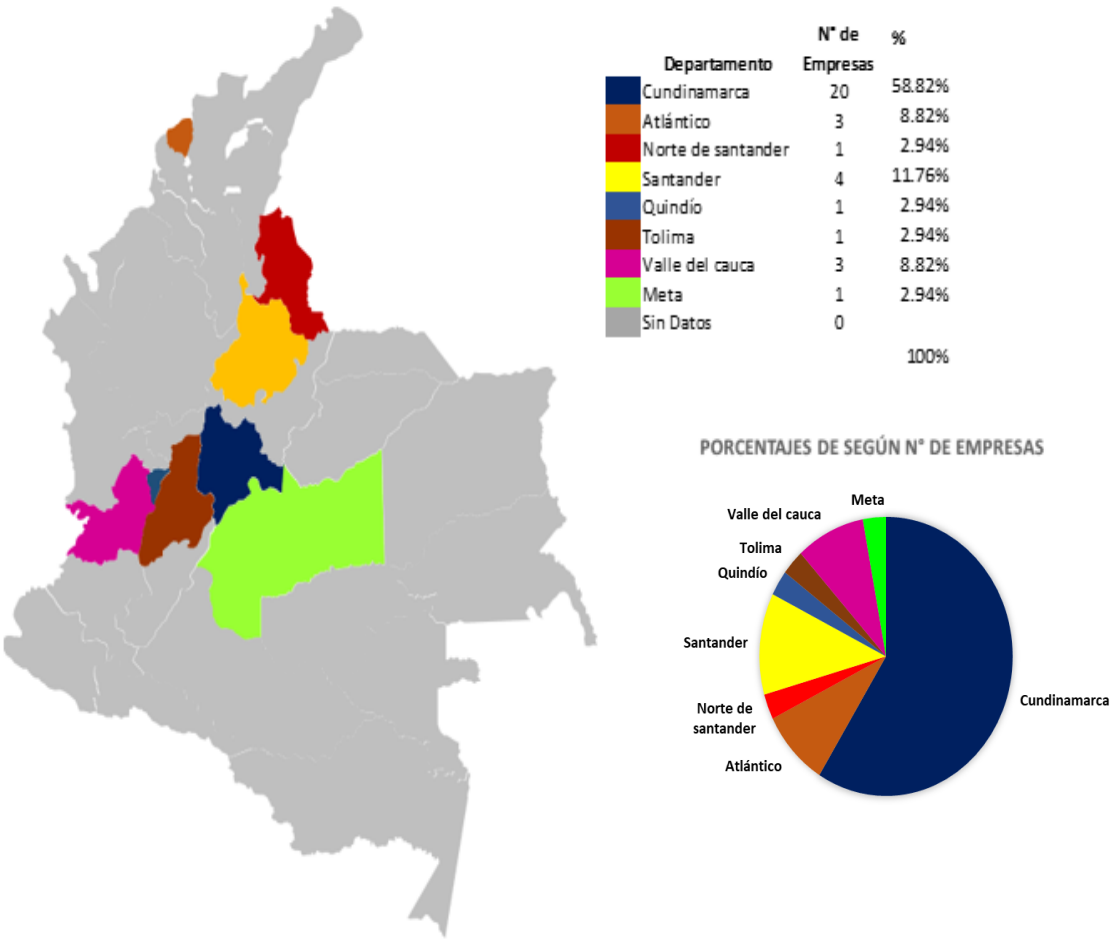
A partir de las normatividades consultadas, ISO 17025 de 2005 e ISO 17123 de 2001, se plantea una lista de chequeo (Anexo 1), el cual tiene todos los ítems que debe cumplir un laboratorio de calibración o mantenimiento para garantizar que los servicios prestados cumplen con lo reglamentario para su funcionamiento legal y que, además, sus resultados cumplen con la finalidad de determinar la calibración o realizar mantenimiento a los equipos topográficos convencionales. Por esto, se plantea realizar visitas a los laboratorios y por medio de un evaluador certificado en las normatividades ISO 17025 de 2005 e ISO 17123 de 2001 realizar la inspección del sistema de gestión y verificar los procedimientos de ensayo de los equipos topográficos.

13 Análisis de Datos de Empresas/Laboratorios que Certifican Equipos Topográficos

A partir de la consulta de empresas/laboratorios que calibran y certifican equipos topográficos se observa que, de 32 departamentos, solamente 9 cuentan con presencia de estos laboratorios/empresas, siendo Cundinamarca y Antioquia los que cuentan con mayor cantidad, lo cual supone una dificultad en los demás departamentos del país para calibrar y certificar equipos topográficos convencionales. A continuación, en la figura 35 se relaciona el mapa y los porcentajes de la cantidad de empresas que certifican equipos topográficos a nivel nacional.

Figura 36

Mapa y porcentaje de empresas que certifican equipos topográficos



Mapa establecido a partir del número de empresas que certifican equipos topográficos.

14 Aspectos de la Pasantía

Como se observa en la tabla 4, el desarrollo de la pasantía tuvo una duración de 192 horas, con una intensidad de 18 horas semanales en donde se ejecutaron las siguientes actividades: 30 horas realizando indagación sobre los procedimientos técnicos realizados en los equipos de topografía, 20 horas efectuando revisión literaria de las normatividades que debe cumplir los laboratorios/empresas que calibran equipos topográficos, 20 horas de indagación y complementación de la base de datos de empresas/laboratorios que calibran y certifican equipos topográficos en el país, 15 horas para la consulta de precios de diagnóstico, mantenimiento, reparación y calibración de equipos topográficos convencionales y finalmente 107 horas destinadas a elaborar la propuesta para implementar un laboratorio de calibración y mantenimiento de equipos topográficos convencionales en la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Tabla 5

Descripción de actividades desarrolladas.

Actividad	Tiempo (Horas)	Tiempo (%)	Descripción
Indagación sobre los procedimientos técnicos realizados en los equipos de topografía convencional.	33	17.19%	Los procedimientos técnicos de ensayo aplicados a los equipos topográficos convencionales están determinados por la normatividad ISO 17123 de 2001
Revisión literaria de los laboratorios/empresas que calibran equipos topográficos.	24	12.50%	Se revisó la normatividad ISO 17025 de 2005 el cual da los lineamientos y requisitos para implementar, vigilar e inspeccionar un laboratorio.
Indagación y complementación de la base de datos de empresas/laboratorios que calibran y certifican equipos topográficos en el país.	6	3.13%	A partir de la base de datos facilitada por el CPNT, se complementó y se realizó un análisis geográfico de la localización de los laboratorios
Consulta de precios de diagnóstico, mantenimiento, reparación y calibración de equipos topográficos convencionales.	24	12.50%	Teniendo la base de datos permitió obtener datos de contacto para averiguar precios de mantenimiento, calibración, ajuste y certificación de equipos topográficos convencionales
Elaboración de la propuesta para implementar un laboratorio de calibración en la UDFJC de equipos topográficos.	105	54.69%	Consulta de requisitos y procedimientos adicionales que debe cumplir un laboratorio para garantizar su funcionamiento
Total	***192***		***100%***

Informe de las actividades desarrolladas en la pasantía

15 Conclusiones

En la actualidad ningún método de ensayo de instrumentos de medición topográficos se encuentra debidamente acreditado por el ONAC, por lo que la implementación de un laboratorio de calibración y un laboratorio de mantenimiento de equipos topográficos convencionales en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas con certificación en sus métodos, implica un beneficio a la comunidad estudiantil y gremial de la topografía, pues allí se asegura y autentica la fiabilidad en la recolección de datos por parte de los equipos, teniendo en cuenta que el instrumento patrón sea utilizado únicamente para este fin.

En las empresas y laboratorios que realizan procedimientos técnicos de diagnóstico, calibración, certificación, validación, verificación y ajuste, se presenta confusión en la definición y contraste de estos conceptos, lo que es necesario una capacitación sobre la normatividad y procesos expuestos en el presente documento.

Es fundamental que las 31 empresas nacionales que actualmente realizan procesos de ensayo, mantenimiento, calibración y ajuste de los equipos de metrología usados en la topografía cuenten con la acreditación de sus métodos para garantizar la fiabilidad de sus procesos y resultados, por lo que se debe trabajar en una legislación a nivel nacional que obligue estas instituciones o empresas a prestar sus servicios bajo la normatividad correspondiente.

16 Anexos

Anexo 1

Lista de chequeo propuesta

INSPECCIÓN LABORATORIOS			
Nombre del laboratorio:			
Director del laboratorio:			
Fecha de visita:			
Nombre del evaluador:			
Ítem a Evaluar	**SI**	**NO**	**OBSERVACIÓN**
Organización			
Legalizado ante la Cámara de Comercio			
Legalizado ante la Dian			
Sistema de gestión			
Establece procedimientos de gestión de calidad			
Establece procedimientos de gestión medio ambiental			
Establece procedimientos de gestión de seguridad y gestión en el trabajo			
Tiene políticas y procedimientos para garantizar en buen ejercicio de práctica profesional			
Control de Documentos			
Constitución			
Normas y reglamentos (ISO 17025 de 2005)			
Métodos de ensayo (ISO 17123 de 2001)			

Manuales de equipos			
Informes			
Certificados			
Recepción de equipos			
Contratos			
Documentos contables			
Revisión de los pedidos, ofertas y contratos			
Tiene procedimientos para revisión de ofertas			
Tiene procedimientos para revisión de pedidos			
Tiene procedimientos para revisión de contratos			
Subcontratación de ensayos y de calibraciones			
Realiza subcontrataciones			
Se informa a los clientes de las subcontrataciones			
Nombre de empresa(s)			
Número de Identificación de la empresa(s)			
La(s) empresa(s) está(n) acreditada por ONAC			
Compras de servicios y de suministros			
El laboratorio tiene procedimientos para la compra de servicios y suministros			
Servicio al cliente			
El laboratorio cuenta con área se servicio al cliente			
Tiene procedimientos de recepción de equipos			
Tiene procedimientos de devoluciones de equipos			
Tiene procedimientos de recepción y mejora respecto a reclamos y sugerencias			
Auditorías Internas			

El laboratorio cuenta con auditorías internas realizadas por un ente independiente			
Manipulación y transporte de los equipos			
El laboratorio implementar procedimientos del almacenamiento, manipulación y transporte de los equipos que se utilizan en el laboratorio			
Informes y certificados			
El laboratorio emite los informes con todos los requisitos especificados en la norma ISO 17025 de 2005			
El laboratorio emite los certificados con todos los requisitos especificados en la norma ISO 17025 de 2005			
Ensayos			
El laboratorio ejecuta los procedimientos de ensayo cumpliendo la norma ISO 17123 de 2001			
Acreditación			
El laboratorio cuenta con acreditación ONAC			

17 Bibliografía

Benavides Cuadros, C. N., & Roa Ortiz, D. K. (2011). Implementación del sistema de gestión de calidad de acuerdo con la norma NTC ISO/IEC 17025 para la acreditación del laboratorio ante la ONAC" Organismo Nacional de Acreditación en Colombia".

Cámara de Comercio de Bogotá, C. D. C., Linares Salazar, M. C., Castillo Puentes, N. R., & Peñuela Urrea, N. (2010). *Guía para constituir y formalizar una empresa.*

César Rodríguez Valencia, (2009). Física experimental Didáctica - Primera Edición. Universidad de Panamá.

Consejo Profesional Nacional de Topografía (CPNT), 1983. NATURALEZA JURÍDICA DEL CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFIA- CPNT.

García, D. A. A. (2014). Topografía y sus aplicaciones. Grupo Editorial Patria.

GEOTOP, (2009). Por qué y cuándo calibrar una estación total, teodolito electrónico o nivel automático.

Gómez Fernández, D. (2017). Proyecto de construcción: polideportivo en Los Corrales de Buelna.

Gutierrez, C. (2006). Introducción a La Metodología Experimental/Introducción to Experimental Methodology. Editorial Limusa.

Guía Técnica Colombiana (GTC) 304. (2019). Vocabulario internacional de metrología— Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM).

ISOTools. (2018, 25 junio). *ISO/IEC 17025*. Software ISO. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

ISO/IEC 17011:2004, Evaluación de la conformidad — Requisitos generales para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad

Maquinarias y Herramientas. Nivel Óptico [Ilustración]. Fuente: https://www.demaquinasyherramientas.com/wp-content/uploads/2014/12/Partes-de-un-nivel-o%CC%81ptico.jpg

Ortes Gonzalez, J. (2008). Prácticas de embarque: Fortuny.

Puerta, C. (2015). Tecnología drone en levantamientos topográficos. Esc. Ing. Mil.–ESING, 151.

Shutterstock. Vehículo aéreo no tripulado de cuatro rotores [Ilustración]Fuente: https://image.shutterstock.com/shutterstock/photos/715017184/display_1500/stock-photo-remote-control-air-drone-dron-flying-with-action-camera-isolated-on-white-background-d-rendering-715017184.jpg

Sistema Miranda, O. E. (2018). Diseño de un sistema de rastreo básico en tiempo real con tarjetas de desarrollo de bajo costo para objetos rastreables (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Sexto, L. F. (2017). Tipos de mantenimiento: ¿cuántos y cuáles son? *Revista Mantenimiento en Latinoamérica. (9), 4*, 14-17.

Soriano Rodríguez, A. M. (2015). Diseño y validación de instrumentos de medición.

Taller Topográfico Quintero. [Ilustración]: TOPCON GPS RTK GNSS GR-5 Fuente: https://ttqqueretaro.com/tienda/wp-content/uploads/2020/04/SISTEMA-GPS-GR-5-TOPCON-L1L2-GLONASSGSMRTK-Y-POSTPROCESO-2.png

Topoequipos. Estación Total [Ilustración] Fuente: http://topoequipos.com/dem/topoequipos/topcon/es%20series.jpg

Topoequipos. Teodolito [Ilustración]. Fuente: https://geodesical.com/es/productos/teodolito-electronico-nivel-system-dt-5/@@images/image

Torres, Á., & Villate, E. (2001). Topografía. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Vázquez, G., Paús, P., Romano, R. J., Aldasoro, R., & Bergamini, J. (2019). Evaluación de estaciones totales según norma ISO 17.123-5. In V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2019).

Gómez Rueda, L. M., & Pinzón Olarte, J. C. (2014). Documento de procedimientos para optar a la acreditación de la variable temperatura en un laboratorio de metrología.

Suárez Saboyá, A. M. (2019). Caracterización topográfica de la Laguna Sagrada de Siecha (PNN Chingaza), utilizando nubes de puntos de alta densidad.

Hilario Tacca, Q. (2015). Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional.

UNIVERSITARIO, R., & DARÍO, R. (2015). Introducción a la Física.

Choque Conde, A. (2016). *Control horizontal y vertical pavimento rígido avenida Pucarani distrito 6 El Alto departamento La Paz* (Doctoral dissertation).

CARDENAS, A. (2011). " Elaboración de la documentación necesaria establecida en la norma 17025 para el laboratorio de topografía del departamento de ciencias de la tierra y construcción en ensayos de calibración para estaciones totales y teodolitos.

Wolf, P., & Ghilani, C. (2015). *Topografía*. Alpha Editorial.

Huerta, E., Mangiaterra, A., & Noguera, G. (2005). GPS. *Posicionamiento Satelital*.