

DISEÑO DE UN LABORATORIO DE METROLOGIA Y CALIDAD.

SARA SUSANA GOEZ

FREDY GAVIRIA BERRIO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SECCIONAL BELLO

ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE PROYECTOS

MEDELLIN

2017

DISEÑO DE UN LABORATORIO DE METROLOGIA Y CALIDAD

SARA SUSANA GOEZ

FREDY GAVIRIA BERRIO

Trabajo de grado para optar al título de:

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS

Asesores

María Nela Galeano

José Eucario Parra

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS – SECCIONAL BELLO

POSGRADOS A DISTANCIA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

MEDELLIN

2017

RESUMEN

El presente trabajo de grado consiste en el diseño de una propuesta que reúne los requerimientos respecto al cumplimiento de la normatividad, instrumentación e infraestructura, para la implementación de un laboratorio de metrología y calidad. Como parte de la metodología utilizada, se resalta la investigación de necesidades en un grupo de empresas seleccionadas del sector metalmecánico del Valle de Aburrá; además de la indagación en instituciones académicas de nivel superior prestadoras de este servicio; como también en laboratorios acreditados en la región a estudiar, identificando así el conjunto de variables a medir en este tipo de laboratorio y en general, los requerimientos mínimos a tener en cuenta.

Adicional a lo anterior se establecen los posibles servicios que se pueden asociar con la creación de este laboratorio, con el objetivo de elaborar una matriz con las buenas prácticas y los respectivos requerimientos que se demanden en cuanto a la utilización de equipos, insumos, normas y recurso de personal.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo General.....	4
3.2. Objetivos Específicos.....	4
4. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. Normatividad.....	8
4.2. Calidad en los laboratorios	9
4.3. Trazabilidad.	11
4.4. Normas para el laboratorio	12
4.5. Estado del Arte	13
5. METODOLOGÍA.....	17
5.1. Descripción general del proceso de investigación	17
5.2. Tipo de Investigación	17
5.3. Alcance	17
5.4. Fuentes de investigación	18
5.5. Técnica de investigación.....	20
5.6. Cronograma.....	21
6. RESULTADOS Y HALLAZGOS	22

7. CONCLUSIONES.....	33
8. BIBIOGRAFIA	35

INTRODUCCIÓN

El diseño de un laboratorio de metrología y calidad, se fundamenta en las necesidades del entorno como principal estrategia de desarrollo; ya que la exactitud en la medición de cada parámetro equivale a ganancias en recursos económicos; puesto que, en la vida actual la totalidad de productos consumibles son medidos para asignar un costo monetario y ofrecerlo finalmente al consumidor. Es por eso, que la importancia de la precisión en las mediciones ha tomado gran valor en la vida cotidiana, no solo en mediciones equivalentes a peso, volumen, longitud y otras; sino también en la medición de caudales, amperios, voltaje y un sinfín de opciones para realizar una medición específica, que requieren de laboratorios con equipos calibrados para la fabricación y comprobación en la precisión los equipos diseñados.

En este trabajo en particular se realiza un enfoque a la optimización de un laboratorio de metrología y calidad para la academia, que logre prestar servicios a empresas dedicadas a la metalurgia en el Valle del Aburra. on el cual se logre realizar calibraciones a los equipos utilizados en este tipo de industrias, de una manera óptima y cercana a la mayor precisión en cuanto a sus mediciones.

Por lo tanto, se lleva a cabo una revisión a la normatividad nacional e internacional, dentro de las cuales se encuentra la Organización Internacional de Normalización (ISO), ASTM, NTC y la Norma de calidad 17025, que tiene base en la serie de normas ISO. Éstas son las principales normas a seguir; con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, realizando los ajustes requeridos, dentro de los procedimientos encontrados.

Se plantea entonces el posible diseño de una infraestructura que agrupe las herramientas necesarias para realizar las diferentes prácticas académicas y la posible prestación de servicios al medio industrial. Como parte de la metodología,

se realizó un análisis de las necesidades del sector metalmecánico del valle de Aburrá, mediante el cual se detectaron las principales necesidades metrológicas dentro de sus procesos.

1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los laboratorios de metrología y calidad nacen de prácticas asociadas a la Calidad y Competitividad que exige el medio empresarial, en el cual los profesionales se esfuerzan por sobresalir dentro de sus organizaciones, y éstas a su vez dentro del nicho de mercado. Para lo cual existe una relación entre los productos o servicios ofrecidos y un requerimiento de calidad, el cual obliga a una formación académica, que logre generar criterios frente a la realización de procedimientos y generación de productos.

Con base en esto, algunas organizaciones requieren una fuente de generación de conocimiento que los guíe frente a las metodologías a seguir dentro de sus quehaceres diarios. Con lo cual se les permita resolver de manera práctica los pormenores que se presenten frente a la calibración de sus equipos, y al reconocimiento de la importancia y consecuencias que conlleva un fallo técnico de los equipos y herramientas de trabajo, bien sea por no cumplir con los estándares de calidad o por caer en errores de calibraciones y mediciones.

Es, por tanto, el mismo desconocimiento en temas referentes a la precisión de las medidas, la metrología y calidad que se incurre a la generación de productos o prestación de servicios que generaran incertidumbre frente al usuario o cliente y a su vez a sí mismos, respecto a la exactitud de los productos medibles, los cuales pueden provocar pérdidas económicas.

Lo anterior puede conllevar a una pérdida en la credibilidad de la marca y la calidad de los productos o servicios, generando una pérdida de credibilidad al nombre de la organización.

Por lo tanto, es necesario la implementación en el diseño de un laboratorio de metrología y calidad, que logre, mediante la institución educativa de nivel superior, generar el conocimiento que apoye al sector industrial en la caracterización de las variables a medir según el tipo de actividad económica, dentro de un grupo de empresas seleccionadas.

Adicional, es de gran importancia la indagación en otras instituciones educativas que cuentan con este tipo de servicios, y que sirvan como modelo o punto de referencia para la construcción de un laboratorio de metrología y calidad para un conjunto específico de aparatos, equipos y herramientas. Además de brindar apoyo en los insumos y personal requerido para su formación.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se generan algunas inquietudes respecto al manejo que se da dentro de las empresas en la Ciudad de Medellín, relacionado con la medición y calibración de los equipos, incluidos entre estos la calidad de los productos finales. Por lo cual se constituye el presente estudio:

¿Cuáles son las mayores dificultades en la implementación de un laboratorio de metrología y calidad?

¿Cuáles son las principales modificaciones que se deben realizar a los laboratorios existentes?

¿Cuáles son las industrias que más utilizan la calibración de sus herramientas de trabajo?

2. JUSTIFICACIÓN

La metrología y la calidad, son elementos diferenciadores que han sido buscados en las instituciones de nivel superior, mediante la implementación de prácticas de laboratorio, practicas lúdicas y prácticas en las diferentes asignaturas, con el fin de generar conocimientos más efectivos el del aula de clase; además, se implementan trabajos dirigidos con aplicación a la industria, generando conocimiento a los estudiantes y permitiendo nuevas relaciones entre universidad y empresa. De este modo, las organizaciones a través de su sistema de gestión de calidad, se han venido ligando más constantemente con las entidades académicas en busca de refinar cada uno de sus procesos productivos.

De igual manera, en los sistemas de calidad de las organizaciones, la metrología se convierte en una herramienta importante, ya que, ha venido incrementado la necesidad de obtener mediciones sustentables, trazables y confiables que garanticen una prestación del servicio en cumplimiento con los criterios exigidos por el cliente. Lo cual indica la ciencia de la medición (Terrés, 2009), para establecer mejores controles de propiedades y/o características de calidad en los procesos Industriales.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Diseñar un laboratorio de Calidad y Metrología con la documentación, protocolos, instrumentación y normatividad requeridos, que pueda ser utilizada como base para una futura implementación.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de viabilidad y factibilidad para la implementación de un laboratorio de metrología y calidad con fines académicos.

- Proponer un diseño de laboratorio de metrología y calidad con base en protocolos técnicos y normatividad internacional.
- Diseñar algunos procedimientos para la calibración de los equipos más utilizados en los laboratorios.

4. MARCO TEÓRICO

El ser humano desde sus principios ha tenido la necesidad de medir lo que se encuentra en su entorno, y con base en esta necesidad, nació la metrología, la cual se encuentra definida como la ciencia de las medidas.

Desde el periodo de la revolución industrial, la metrología se ha relacionado directamente con la producción y lo que ésta contiene, convirtiéndose así en un apoyo fundamental en la evaluación y revisión de la calidad. En la actualidad, este componente ha tomado fuerza y es de vital importancia, dado que es indispensable en cuanto a la conformidad de los productos y servicios que se relacionan directamente con la satisfacción de los clientes, que son el corazón de toda empresa (Díaz, 2007). “La Metrología es la Ciencia de las medidas, de las dimensiones. Se ocupa de los sistemas de unidades (SI) y de los Instrumentos usados para interpretarlas y efectuarlas” (Martorelli, 2011). En el siglo XX, nace una revolución económica-Industrial a nivel mundial y nace el término calidad, conociéndose como una revolución cultural, social y económica que abarca todos los estamentos de una empresa, de una organización o de un grupo social, generando una filosofía integradora de todas las partes de la compañía, convirtiéndose el cliente en la mayor prioridad.

El entorno de la calidad se basa en mediciones, las cuales deben apoyarse en procedimientos normativos. Partiendo de la unión de la calidad y la metrología, se encuentra la siguiente definición: “la Metrología es la ciencia de las medidas y de

las dimensiones que otorga un salto cualitativo y cuantitativo en todo proceso de investigación, producción o evaluación (Martorelli, 2011).

La Metrología entendida como la ciencia de la medición aplicada a los procesos de Investigación y Desarrollo, a los métodos científicos, legales e Industriales, requiere de personal idóneo y competente para atender su demanda, de tal manera que la formación en las diferentes ramas del conocimiento deberá incluir fundamentos básicos de la Metrología. (Villamizar, 2011), asegura que, de una u otra manera, mediante la manera de seleccionar el personal, los procedimientos de medición específicos, las buenas técnicas de calibración experimental y la trazabilidad instrumental para la generación de certificaciones, se logra cumplir con la calidad requerida por el cliente, lo cual genera beneficios para los productores.

En Argentina, en el año 1970 se empezó a trabajar con un laboratorio de metrología mecánica, en la facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional del Rosario (Sismondi, 2011), donde se empezaron a prestar servicios a las empresas y se lograron 200 órdenes de trabajo para universidades públicas, privadas, como también para diferentes empresas en todo el país.

Dentro de los servicios prestados, se encuentran calibraciones volumétricas y microvolumétricas, de balanzas, de pesa, de instrumental de mano y mármol, verificación de tamices, calibración de manómetros y de termómetros, entre otros.

Actualmente en la ciudad de Medellín, solo el Instituto Tecnológico Metropolitano ITM y la Universidad EAFIT cuentan con laboratorio de metrología que, mediante un portafolio, prestan sus servicios a la industria basados en las necesidades detectadas, ya que han realizado estudios en los cuales han logrado definir las pruebas que requieren las empresas, y con base en esto han logrado estructurar los laboratorios que hoy son reconocidos como elementos clave en los aspectos relacionados con metrología dentro del área metropolitana.

Internacionalmente, los procesos de estandarización de las actividades desarrolladas por los laboratorios dedicados a realizar ensayos de calibración y calidad, tuvieron inicio en 1978 con la presentación de la guía 25 por parte de la Organización Internacional de Normalización (ISO). A la par, se presentó la norma **EN 45001** en Europa ya que en este continente no se aceptó la guía 25 como norma fundamental; ambos documentos contenían aspectos bien especificados para la aplicación e interpretación de las actividades relacionadas con la competencia de los ensayos y las calibraciones efectuadas por los laboratorios.

Después de una revisión a la guía 25 y a la norma **EN 45001** hecha en 1999 por la ISO, surge la norma ISO/IEC17025 denominada "**Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración**"; debido al cambio que presentó la Organización Internacional de Normalización en sus normas 9001:1994 y 9002:1994, las cuales fueron remplazadas por la 9001:2000.

Fue entonces necesario efectuar transformaciones en algunos aspectos de la 17025:1999 con el objetivo de conseguir ajustarla a la 9001:2000. Esta nueva edición contiene todos los criterios para demostrar el nivel de competencias requeridas que deben tener los laboratorios que buscan consolidar un sistema de calidad capaz de producir los mejores resultados (ICONTEC, 2005). Además, esta norma establece que, si un laboratorio de ensayos y calibración cumplen correctamente los criterios de la ISO/IEC 17025, funcionarían también bajo la 9001.

La norma ISO/IEC 17025, fue creada con la intención de facilitar los trabajos desarrollados en conjunto por los laboratorios acreditados. Esto hace más fácil el manejo de información e incrementa la confiabilidad en los procesos utilizados. La norma tiene como objetivos:

1. Establecer los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos y/o calibraciones; de este modo se puedan tener esquemas únicos que permitan la interacción entre los distintos laboratorios.

2. Servir de guía a los laboratorios que aplican un sistema de gestión en las actividades de calidad, administrativas y técnicas, así se puede hacer una mejor aplicación de los requisitos, mejorando todos los procesos, pasando desde la documentación hasta la operación del mismo laboratorio.
3. Demostrar a los clientes del laboratorio y a las autoridades reglamentarias que las actividades que se realizan se desempeñan bajo estrictos estándares de calidad, sin dar espacio a conflictos legales y de funcionamiento. (ICONTEC, 2005).

4.1. Normatividad

Aspectos relacionados con la inspección, medición y pruebas.

Con el fin de verificar que los diferentes productos analizados en un laboratorio de metrología y calidad cumplan con los requerimientos especificados por quien solicita el servicio, es necesario mantener los equipos utilizados en las pruebas, previamente medidos, inspeccionados, calibrados, controlados y ajustados a los patrones estándares, asegurando siempre la incertidumbre y confirmando que se encuentren en la capacidad de realizar la medición requerida.

Según la Guía 25 se debe:

- Precisar las mediciones a efectuar, con la exactitud requerida y además seleccionar el equipo adecuado de inspección y pruebas.
- Identificar, calibrar y ajustar, a intervalos definidos, todo el equipo de inspección, medición y pruebas, y los elementos que afectan la calidad del producto. Esta calibración se efectúa contra equipo certificado que tenga una relación con patrones internacionales. Cuando no exista norma o patrón, la base utilizada para la calibración deberá ser documentada.

- Establecer, documentar y mantener los procedimientos de calibración que incluyan detalles del equipo en cuanto a tipo, identificación, número, ubicación, frecuencia de verificación, método de verificación, criterios de aceptación y las acciones a tomar cuando los resultados no sean satisfactorios.
- Asegurar que el equipo de inspección, medición y pruebas registra la exactitud, el error y la precisión requeridos.
- Identificar el equipo de inspección, medición y pruebas con un indicador que muestre el status de calibración de equipo.
- Mantener registros de calibración del equipo de inspección, medición y pruebas.
- Auditar y documentar la validez de los resultados de las inspecciones y pruebas cuando los equipos de inspección, medición y pruebas sean encontrados in calibración. (“SENA”., 1998).

Los productos y pruebas que han sido realizadas se deben identificar de aquellos que aún no han sido inspeccionados, para esto es importante realizar procesos de etiquetado y rotulación, con el fin de clasificar correctamente los materiales y elementos dentro del laboratorio. De igual forma, los elementos utilizados para identificar el estado de los productos, deben dar información respecto a la conformidad de las pruebas realizadas, de esta manera se puede prestar un correcto servicio al cliente, ya que se asegura que los productos han sido inspeccionados y que cumplen con la conformidad requerida.

4.2. Calidad en los laboratorios

Para lograr la calidad en los diferentes procesos de una empresa, se deben realizar medidas a los productos, siempre buscando que éstas sean realizadas de una manera confiable, mediante equipos de medición con un alto grado de precisión. Para cerciorarse que estas mediciones sean confiables, deben ser realizadas por equipos que se encuentren calibrados, es decir, mediante patrones establecidos. Esto puede ser realizado en un laboratorio interno o externo a la empresa.

La norma ISO 9000 y sus recomendaciones internacionales, son un punto de partida para la implementación de sistemas de calidad. Existe un comité técnico el ISO/TC 176, manejado por expertos en los sectores industriales, comerciales y técnicos, que se encarga de realizar y mantener este conjunto de normas, con el fin de procurar la estabilidad de una tecnología o servicio determinado.

En la Unión Europea, para promover la calidad en los laboratorios se estableció la norma EN45001, que como ya se ha mencionado, se unió con la Guía 25 y se generó la ISO 17025, donde se detallan criterios determinantes de la capacidad técnica de los laboratorios y sus actividades. La norma ISO 17025 significa, para los encargados de la evaluación de la conformidad, acreditación, calibración o ensayos, lo que la norma ISO 9000 significa para las empresas. Existen entidades encargadas de la acreditación, como EAL-Calibration (European-co-operation-for-Accreditation of Laboratories-Calibration), que actualmente se conoce como EA, la cual busca lograr el cumplimiento de las normas mencionadas, las cuales fueron anteriormente referenciadas.

Tabla 1. Comparación entre las normas ISO 9001 y 17025.

Norma 9001	Norma 17025
Se enfoca más en la competencia técnica para verificación y calibración	Posee requerimientos más prescriptivos
Conocimiento de incertidumbre y trazabilidad de la medida	Protección de la propiedad intelectual
Organización y estructura de actividades de laboratorio	Agentes que buscan independencia en la medida
Competencia y calificación del personal	Personal técnico y gerencia con conocimientos en temas de calidad
Manejo de firmas y esquema de aprobación	Requisitos con alto alcance específico, asegurando consistencia de la calibración por medio de la evaluación, identificación y definición de la metodología
Equipos de medida, calibración y prueba	Aspectos de limpieza, ambiente y sanidad en el lugar que se realizaran las medidas

Norma 9001	Norma 17025
Informe de resultados	Metodología estable para pruebas, ensayos y calibración
	Exigencias para separar, conservar, utilizar y guardar
	Intervenciones estrictas sobre procesos y actividades, teniendo en cuenta la contratación de estas

Fuente: Elaboración propia

La norma ISO 17025 es aplicable para todo tipo de laboratorio, independientemente de si es interno o externo, ya que con esta se busca desarrollar sistemas de gestión para las actividades técnicas, administrativas y de calidad. Con el cumplimiento de esta norma también se cumplirán los principios de la norma ISO 9001.

Para la creación de un laboratorio de calibración y ensayo es importante tener en cuenta todos los numerales descritos en la norma ISO 17025.

4.3. Trazabilidad.

Por definición tomada del Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) la trazabilidad es la *“Propiedad del resultado de una medida o de un patrón que le permite relacionarlo con referencias determinadas, generalmente nacionales o internacionales, a través de una cadena interrumpida de comparaciones todas ellas con incertidumbres determinadas”*. Realizar una adecuada trazabilidad es garantía de los resultados que esta brinda y de las incertidumbres que determina.

La trazabilidad se adquiere mediante el mantenimiento de un plan de calibración constante, además de una habitual contribución en interoperaciones de medidas. El Instituto Nacional de Metrología de cada país posee el patrón de referencia más exacto de cada magnitud. Todo material que sea utilizado como referencia debe contar con una carta de trazabilidad, donde se encuentre escrito lo que ha sido comparado con un patrón más exacto, el cual también ha sido comparado con otro de mayor precisión y así repetidamente hasta alcanzar el patrón nacional.

4.4. Normas para el laboratorio

Las actividades desarrolladas por el laboratorio de metrología planteado, implicaran la selección y aplicación de normas que permitan alcanzar la conformidad en las dimensiones, funcionamiento de herramientas, uso de materiales, y procedimientos de trabajo entre otros aspectos. Como ya se ha dicho es necesario basarse en la norma principal ISO 17025, con la que actualmente se da la certificación a los laboratorios de ensayo y calibración.

A lo largo de este capítulo se han mencionado los diferentes requisitos y normas para un laboratorio de calibración y ensayos de metrología. Sin embargo, es importante diferenciar dichas normas de aquellas requeridas específicamente para la calibración de los instrumentos. Puntualmente se describirá la normatividad para los tres instrumentos seleccionados para éste estudio, que, según el análisis realizado, son las herramientas a las que más se realiza procesos de calibración en el sector metalmeccánico y son instrumentos con los que cuenta actualmente la universidad en diferentes laboratorios.

Los instrumentos con los que cuenta la universidad son pie de rey, manómetro y micrómetro, cada una de estas herramientas cuenta con una norma NTC, donde se encuentran diferentes especificaciones. A continuación, se enuncia en la tabla 2 un breve resumen de la normatividad asociada a cada una de las herramientas definidas para el laboratorio de metrología y calidad.

Tabla 2. Normas de las herramientas

Norma	PIE DE REY NTC 4303	MICROMETRO NTC 4352	MANOMETRO NTC 2263
Objeto	Esta norma se aplica tanto a pie de rey análogos con un intervalo de medición máximo de 0 mm a 2000 mm y a escala nonio o escala circular en 0,1 mm, 0,05 mm ó 0,02 mm y a pie de rey con salida digital en	Esta norma se aplica a micrómetros para medidas exteriores en ejecución normal (N), para medidas hasta 500 mm con una resolución de 0,01 mm y un rango de medición máximo de 25 mm. También	Esta norma especifica las principales características metrológicas que deben poseer los manómetros indicadores de presión, manómetros de vacío y manómetros de

Norma	PIE DE REY NTC 4303	MICROMETRO NTC 4352	MANOMETRO NTC 2263
	intervalos de 0 mm hasta un máximo de 1000 mm en incrementos de 0,01 mm	determina las principales propiedades cualitativas, funcionales y dimensiones de micrómetros para medidas exteriores y su respectivo ensayo	presión-vacío, con elementos sensores elásticos e indicación directa, utilizados en la medición de presiones manométricas y/o presiones vacuométricas de líquidos, vapores y gases

Fuente: Elaboración propia

4.5. Estado del Arte

Con el fin de definir cuáles serían las posibles actividades a desarrollar en un laboratorio de metrología y calidad, en el portal virtual de la ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia), se determinan cuáles instituciones de nivel superior, ubicadas en el Valle de Aburrá, contienen, dentro de sus instalaciones laboratorios afines o similares con el requerido en este trabajo, las cuales pueden estar o no acreditadas.

Al realizar esta actividad, se identificaron dos instituciones que se tomaron como referentes para los trabajos posteriores, estas son:

4.5.1 Identificación de laboratorios académicos

4.5.1.1 Universidad EAFIT

Tabla 3. Ficha descriptiva Universidad EAFIT.

Razón social:	Universidad EAFIT
Dirección:	Carrera 49 No. 7 Sur - 50 Bloque 19 Piso 3
Ciudad:	Medellín – Antioquia
Teléfono - Fax:	2619379 – 2619381

Web:	www.eafit.edu.co
Correo electrónico:	worozco@eafit.edu.co

Fuente: <http://www.onac.org.co/modulos/contenido/default.asp?idmodulo=230&idmoduloreferer=231&objid=192>

La universidad EAFIT, cuenta con un Centro de Laboratorios, el cual se comporta como un departamento de servicios, que sirve de apoyo a las actividades académicas desarrolladas por las Escuelas de Ingenierías y Ciencias y humanidades, suministrando los recursos de infraestructura, personal y equipos para cumplir los objetivos de esas actividades.

El Centro de Laboratorios está situado al extremo sur de la Ciudadela Universitaria, con un área construida de aproximadamente 10.000 m², distribuidos en los bloques 13, 14, 15, 19, 20, 21 y 22; cuenta actualmente con 44 espacios de trabajo; entre laboratorios y talleres, y administra los equipos, dispositivos, instrumentación, herramientas y colecciones. Este laboratorio se encuentra acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio en algunos de sus servicios.

Servicios ofrecidos por la Universidad EAFIT

Los laboratorios académicos analizados, dividen sus servicios de acuerdo a las variables de medición, y con base en esta segmentación presentan un portafolio de servicios, el cual contempla desde la realización de calibraciones y verificaciones, hasta la presentación de cursos referentes a actividades metrológicas y de calidad.

4.5.1.2 Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)

La otra institución que presta los servicios de calibración es la que se enseña en la tabla 4, la cual muestra información de contacto de la institución:

Tabla 4. Instituto Tecnológico Metropolitano.

Razón social:	Instituto Tecnológico Metropolitano
Dirección:	Calle 73 No 76A -354 Vía al Volador
Ciudad:	Medellín – Antioquia
Teléfono - Fax:	440 5100 -440 5103
Web:	http://www.itm.edu.co/
Correo electrónico:	itm@itm.edu.co

Fuente:<http://www.onac.org.co/modulos/contenido/default.asp?idmodulo=230&idmoduloreferer=231&objid=192>

El Instituto Tecnológico Metropolitano ITM, cuenta con un Centro Metrológico, el cual surgió como resultado de un vínculo entre la Institución Universitaria y Medidores Técnica de Equipos S.A. Esta unión estratégica dio pie a la creación de un Centro Metrológico, capaz de apoyar a las actividades académicas desarrolladas por la institución y dar solución a las problemáticas del sector empresarial cubierto por la organización, este centro está conformado por laboratorios de calibración de Medidores de Agua, Gas y Energía, y laboratorios para la calibración de Instrumentos Industriales y Equipos Biomédicos. Además, cuentan con la acreditación del Organismo de Acreditación Nacional de Colombia (ONAC), desde el año 2011.

Servicios ofrecidos por ITM

El ITM, posee un centro conformado por laboratorios de calibración de Medidores de Agua, Gas y Energía, y laboratorios para la calibración de Instrumentos Industriales y Equipos Biomédicos, con base en esta segmentación ofrecen al público diferentes servicios.

4.5.2 Entidades Acreditadoras

Organismo Nacional de Acreditación ONAC

“... Es una corporación sin ánimo de lucro, de naturaleza y participación mixta, regida por el derecho privado, constituida en 2007 de acuerdo con las normas del Código Civil y las normas de ciencia y tecnología, bajo la modalidad de asociación entre el Estado colombiano y los particulares.

El ONAC tiene como objeto principal acreditar la competencia técnica de Organismos de Evaluación de la Conformidad con las normas y criterios señalados en estos Estatutos y desempeñar las funciones de Organismo Nacional de Acreditación de Colombia conforme con la designación contenida en el artículo 3 del Decreto 4738 de 2008 y las demás normas que la modifiquen, sustituyan o complementen” (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, 2007).

Sus principales funciones son:

- *“Realizar actividades de acreditación de los organismos de evaluación de la conformidad de acuerdo con la normatividad internacional y nacional aplicable.*
- *Representar los intereses del país ante organismos regionales e internacionales relacionados con actividades de acreditación y participar en foros nacionales, regionales e internacionales de interés.*
- *Mantener un registro público actualizado de los organismos acreditados, cuyo contenido y condiciones serán definidos de acuerdo con el reglamento que para el efecto se expida” (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, 2007)*

La acción de acreditación que realiza la ONAC, son conforme a la norma NTC ISO/IEC 17011. Para el cumplimiento de esta norma, deben contar con expertos técnicos y evaluadores calificados con una amplia experiencia en el área a acreditar, mecanismos de control que aseguren la rectitud y transparencia, entre los cuales

se encuentran evaluaciones de pares, revisiones por la dirección, auditorías internas, y por último herramientas para solucionar apelaciones y reclamos.

5. METODOLOGÍA.

5.1. Descripción general del proceso de investigación

Como factor fundamental en el diseño de un laboratorio de metrología y calidad, es necesario definir cuál será el mercado objetivo, por esto es necesario realizar un análisis de la demanda de servicios metrológicos en el sector manufacturero en el Valle de Aburrá, con el fin de indagar no sólo cuál será el sector con más demanda, sino también identificar cuáles son las necesidades metrológicas en ese sector.

5.2. Tipo de Investigación

El propósito de esta investigación es describir y analizar la situación actual de la demanda de servicios metrológicos con el fin de establecer una propuesta de diseño de un laboratorio de metrología, para esto se decidió desarrollar un estudio descriptivo que busque especificar los procesos y herramientas más importantes por las empresas del sector metalmeccánico, y de esta manera poder medir y evaluar diversos aspectos relacionados con dimensiones, componentes estructurales, desarrollo de prácticas de metrología e investigar cuál es el comportamiento del sector. Desde el punto de vista científico, este tipo de investigación no será enfocada exclusivamente en la obtención y la acumulación de datos, sino que relaciona las condiciones y conexiones existentes, las prácticas que tienen validez en el sector metalmeccánico.

5.3. Alcance

Año tras año, las investigaciones sobre la industria colombiana desarrolladas por el DANE, permiten establecer de forma previa la situación industrial del sector manufacturero. Debido a que el alcance de este proyecto está delimitado para el Valle de Aburrá, se analizó información de la participación de los diferentes sectores

industriales de acuerdo al mayor número de establecimientos, esto puede verse en la figura 1, extraída de la encuesta anual manufacturera, la cual muestra que el sector con el mayor porcentaje de establecimientos es el textil, seguido por el agroindustrial y el metalmecánico.

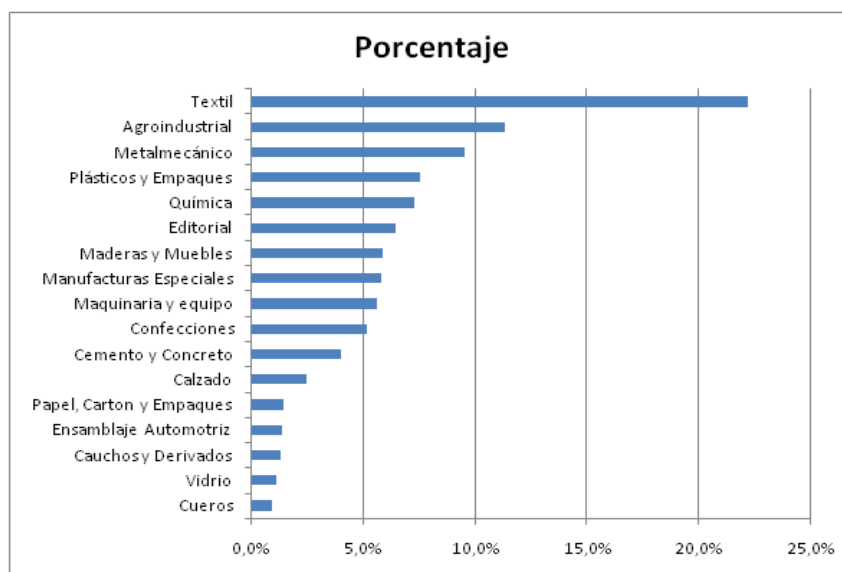


Figura 1. Porcentaje de número de establecimientos por sector

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Fuentes de investigación

De acuerdo a la información suministrada por el DANE en la EAM (Encuesta Anual Manufacturera), se definió que los posibles sectores a estudiar serían los de mayor participación con número de establecimientos. En ese caso, serían el sector textil y agroindustrial; sin embargo, una vez analizados los sectores que más demandan servicios metrológicos, se estableció que el sector que mayor demanda estos servicios es el metalmecánico.

Una vez definido el sector industrial para el diseño, fue necesario encontrar los procesos claves desarrollados en él. Esto permite contemplar en el diseño las

necesidades puntuales y específicas que requieren servicios de carácter metrológico y de calidad, en las actividades de sus procesos.

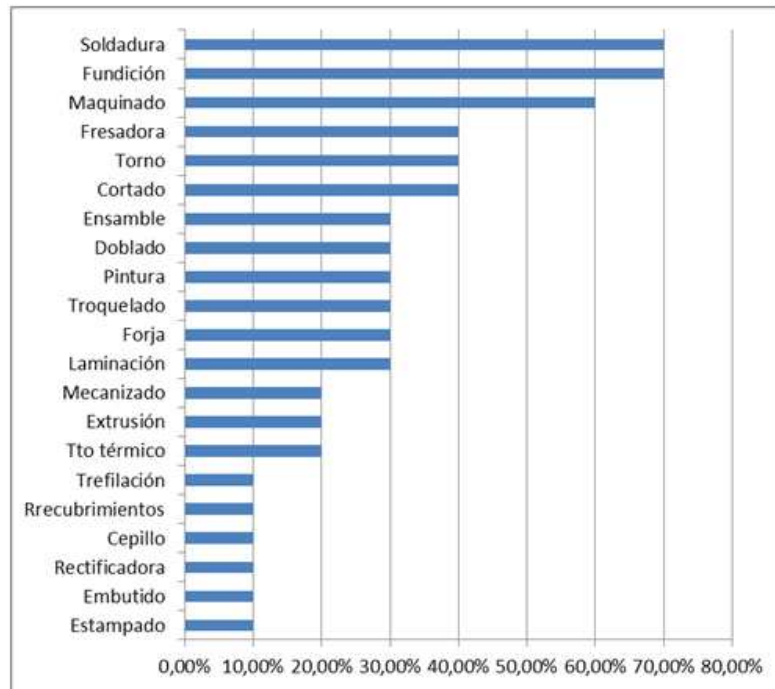


Figura 2. Procesos que requieren servicios de calibración en metalmecánica

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 2, los procesos de soldadura, fundición y maquinado son los procesos que más requieren servicios de calibración.

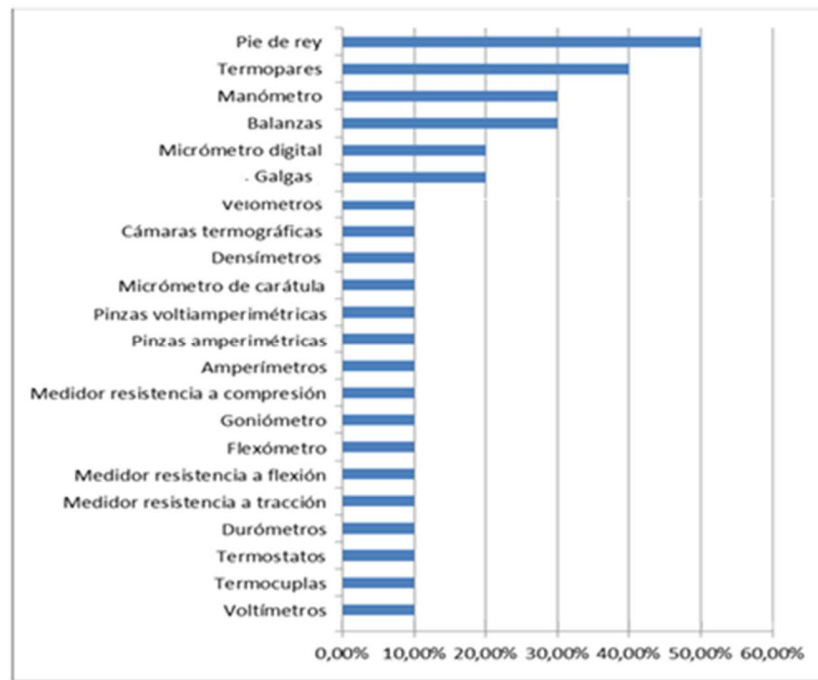


Figura 3. Instrumentos de metrología más utilizados.

Fuente: Elaboración propia.

En los procesos de soldadura, fundición y maquinado que son los más críticos y susceptibles metrológicamente, se definió entonces que los instrumentos más utilizados son: El pie de rey, los termopares, el manómetro; las balanzas, el micrómetro digital y las galgas, esto genera entonces una alerta de los posibles instrumentos a incluir para el diseño propuesto

5.5. Técnica de investigación

Con los análisis previos, se construyó un modelo de encuesta, la cual contempla los principales procesos llevados a cabo en empresas del sector metalmecánico (ver Anexo 1). El total de empresas para el sector Metalmecánico, según la encuesta anual manufacturera (EAM), sin considerar el sector automotriz o manufacturas especiales, es de 154 en Antioquia, con un 94% de confianza. Se realizó una encuesta a 25 empresas y los resultados de éstas fueron procesados, alcanzando un margen de error del 8% en el estudio realizado. Lo anterior, permitió reconocer

una necesidad frecuente de las empresas por calibrar instrumentos tales como: pie de rey, micrómetros, y en algunos casos balanzas y durómetros, los cuales son requeridos para dar continuidad con la medición metrológica de sus productos, acorde con los parámetros de calidad.

5.6. Cronograma

OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDAD	RECURSOS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
Mediante un análisis del entorno empresarial, identificar cuáles son las necesidades de las empresas que solicitan estudios metrológicos y de calidad, con el fin de determinar las posibles variables a medir en el laboratorio a diseñar.	Diseñar un modelo de encuesta para identificar las necesidades de la empresa.	Modelos de encuestas	■					
	Identificar las empresas a encuestar.	Base de datos de empresas	■					
	Aplicar el modelo de encuesta a las empresas seleccionadas.	Contactos con empresas		■	■			
	Recopilar las encuestas y digitar la información.	Software			■	■	■	
	Realizar el análisis de la información e identificar las necesidades, y las posibles variables a medir.	Software					■	■
Mediante un proceso de vigilancia tecnológica, reconocer que actividades académicas son desarrolladas en los laboratorios de metrología y calidad de la ciudad.	Identificar instituciones que posean laboratorios de carácter metrológico	Base de datos de instituciones			■			
	Indagar sobre las actividades académicas desarrolladas en los laboratorios en las instituciones seleccionadas	Transporte				■	■	
	Realizar un informe sobre las actividades encontradas	Software					■	■
Determinar qué servicios pueden prestarse en el laboratorio a partir de las necesidades detectadas en el análisis del entorno, y generar proyectos de académicos alrededor de estos servicios.	Realizar una matriz con las necesidades y actividades encontradas.	Software						■
	Realizar un inventario de las herramientas con las que cuenta la facultad relacionadas con metrología y calidad, y cotizaciones de las herramientas asociadas a las variables	Fichas técnicas de laboratorios y datos de empresas						
	Según la matriz y el inventario hacer un informe de los posibles servicios que se puedan prestar en el laboratorio	Software						
	Asociar los servicios prestados en el laboratorio con cursos de la facultad	Contenidos temáticos de las asignaturas.						
	Definir posibles proyectos que se puedan desarrollar en los cursos	Contenidos temáticos de las asignaturas.						
Determinar cuál es la normatividad para las practicas desarrolladas dentro de un laboratorio de metrología y calidad, haciendo énfasis en la normatividad internacional.	Investigar sobre todos los requisitos necesarios para la implementación de un laboratorio metrológico y calidad	Norma de laboratorio (Norma 17025)						
	Indagar sobre la normatividad en el desarrollo de prácticas de laboratorio en la facultad	Norma de laboratorio de la facultad						
	Recopilar la información en un informe señalando la normatividad específica del laboratorio de metrología y calidad.	Software						
Elaborar un diseño de la infraestructura del laboratorio de metrología y calidad, teniendo en cuenta los espacios necesarios para la prestación de servicios.	Realizar un inventario de las herramientas utilizadas en el laboratorio con sus respectivas fichas técnicas.	Software						
	Diseñar un plano con el espacio requerido para el laboratorio, señalando la aéreas utilizadas y la ubicación de las herramientas.	Software						

6. RESULTADOS Y HALLAZGOS

Este trabajo pretende presentar un diseño de un laboratorio de Calidad y Metrología con la documentación, protocolos, instrumentación y normatividad requeridos, que pueda ser utilizada como base para una futura implementación.

En consecuencia, de lo anterior, estos son los resultados y los hallazgos en concordancia con los objetivos:

- **Objetivo 1:** Realizar un análisis de viabilidad y factibilidad para la implementación de un laboratorio de metrología y calidad con fines académicos.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del muestreo realizado, acerca de los servicios más utilizados.

El 80% de las empresas encuestadas realizan principalmente maquinado, seguido de corte – troquelado, soldadura y ensambles, sólo el 8% realiza procesos de fundición.

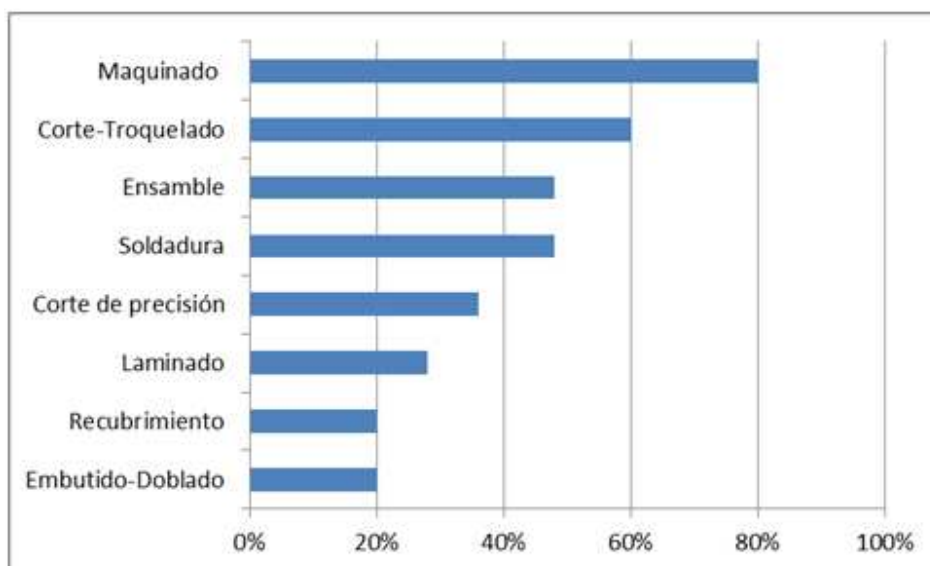


Figura 4. Procesos susceptibles a actividades metrológicas

Fuente: Elaboración propia.

Un 76% de éstas afirman requerir servicios de calibración, y el 24% afirma comprar los equipos malos, o calibrar ellos mismos.

Es importante resaltar, cómo desde un resultado indirecto de las encuestas, se pudo establecer que no existe mucho conocimiento sobre la verdadera definición de calibración o sobre patrones de calibración en las empresas en general.

Las herramientas que más envían a calibrar externamente, en su orden de frecuencia son: Pie de rey en un 82%, flexómetro en un 62%, micrómetro de carátula en un 57%, balanzas y micrómetro digital en un 40%, manómetro en un 33%. (Figura 5)

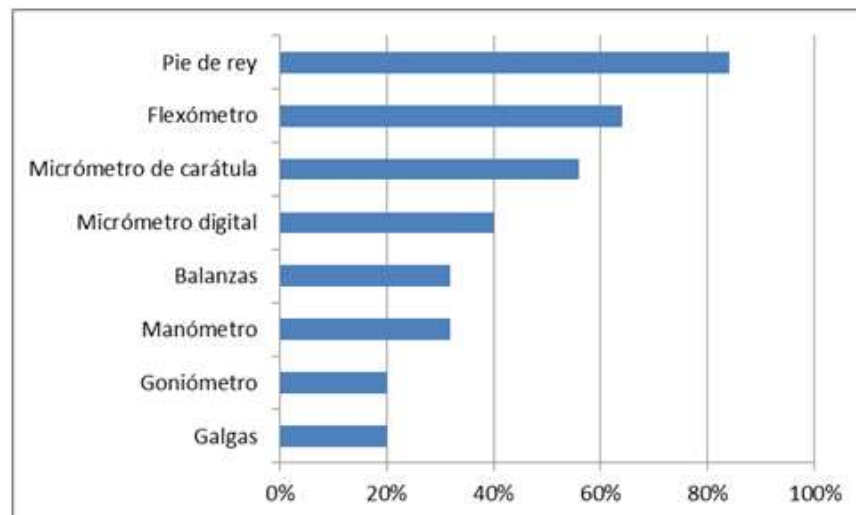


Figura 5. Instrumentos enviados para calibración, o calibración propia.

Fuente: Elaboración propia.

A parte de la calibración de equipos, dentro de las variables más medidas se encuentra la longitud, seguido de diámetros, masa y presión como se aprecia en la figura 6.

El 32% señaló medir dureza; sin embargo, alrededor del 28% afirmó que ésta es una variable no medida al interior de la empresa, más sí externamente, enviándola a laboratorios como EAFIT o la Universidad de Antioquia.

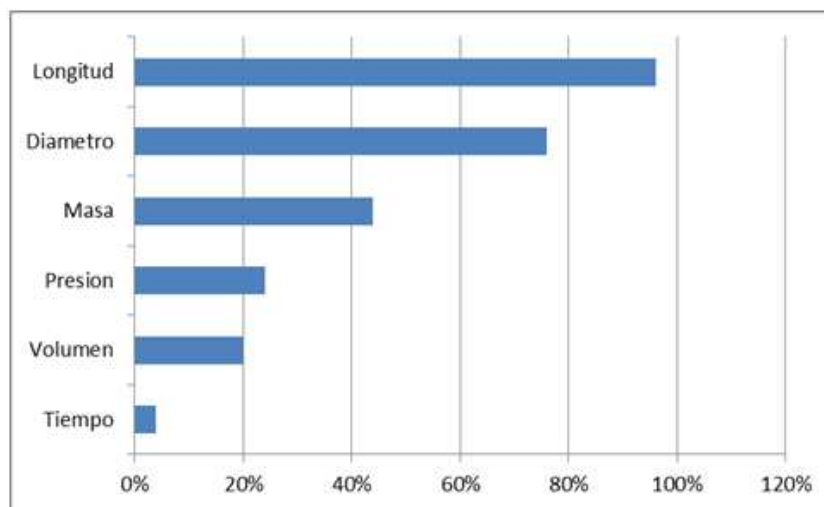


Figura 6. Variables medidas con instrumentos previamente calibrados.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidas las herramientas a utilizar, los protocolos para su uso, los muebles y el espacio requerido, es necesario establecer los requerimientos en la dotación de herramientas, y personal capacitado para desarrollar las actividades de medición y calibración. Dichas actividades se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Personal a Contratar.

PERSONAL DEL PROYECTO AREA TÉCNICA											
Nombre del cargo	Función	Cantidad	Básico	Prestaciones	Total cargo	Factor minutos			Total factor	Valor costo minuto	Total Proyecto
						Días/ mes	Horas / Día	Minutos / Hora			
Personal directo											
Ing. Coordinador	Tiempo Completo	1	1.789.944	1.035.125	2.825.069	24	9,0	60	12.960	217,984	2.825.069
Auxiliar de laboratorio	Tiempo completo	1	1.274.670	737.142	2.011.812	24	9,0	60	12.960	155,232	2.011.812
Total persona Directo		2	3.064.614	275.815	3.340.429	24	9	60	12.960	257,75	4.836.880

PERSONAL DEL PROYECTO AREA TÉCNICA											
Personal Indirecto											
Almacenista	Tiempo Completo	1	830.524	480.292	1.310.816	24	9,0	60	12.960	101,143	1.310.816
Herramientero	Tiempo Completo	0,5	830.524	480.292	1.310.816	24	9,0	60	12.960	101,143	655.408
Total persona indirecto		3,5									

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra el personal sugerido para la operación del laboratorio, con la asignación de salarios básicos, las prestaciones, y la segmentación entre personal directo e indirecto que facilitará más adelante el cálculo de los costos del servicio de calibración ofrecido.

Tabla 6. Factor prestacional desagregado.

LABORALES	CESANTIAS	8,33%
	INTERESES A LAS CESANTIAS	1,00%
	PRIMA DE SERVICIOS	8,33%
	VACACIONES	4,17%
PARAFISCAL	CAJA DE COMPENSACIÓN	4,00%
	SENA	3,00%
	ICBF	2,00%
SALUD	SALUD	8,00%
	PENSION	11,25%
	A.R.L	2,75%
OTROS	Dotación del personal	5,00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Tipo de personal a contratar.

Directo	4.836.880	71,1%
Indirecto	1.966.224	28,9%
Total	6.803.104	

Fuente: Elaboración propia

Los anteriores valores, se incluirán para las variaciones de los costos directos e indirectos en la prestación del servicio. Como se mencionó en el cuerpo del trabajo, las herramientas a utilizar en el laboratorio serán pie de rey, micrómetro y manómetro. Por esta razón se elaboró una cotización de estos instrumentos y se definió que la marca más económica para adquirir las herramientas es SOMET. En la siguiente tabla no solo se incluyen los precios de las herramientas, sino también los elementos de equipamiento.

Tabla 8. Inversiones.

Descripción	cantidad	Precio unitario	Total	A	Valor amortización
Caja de bloques de galgas rectangulares, Mitutoyo	1,00	6.343.083,00	6.343.083,00	si	6.343.083,00
Pie de rey 0-8 Somet	2,00	129.050,00	258.100,00		0,00
Micrómetro 0-25 Somet	1,00	137.750,00	137.750,00		0,00
Micrómetro 25-50 Somet	1,00	174.000,00	174.000,00		0,00
Micrómetro 50-75 Somet	1,00	232.000,00	232.000,00		0,00
Mesas de marmolFanmei para Laboratorio, 900mm*600mm*800mm	2,00	1.814.000,00	3.628.000,00	si	3.628.000,00
Armario para Laboratorio	4,00	683.704,64	2.734.818,56	si	2.734.818,56
Mesas de trabajo 120cm*60cm	5,00	744.810,80	3.724.054,00	si	3.724.054,00
Total			17.231.805,56		16.429.955,56

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que la adquisición de la dotación para el laboratorio refleja un costo considerable, se propone realizar una amortización de ciertos elementos, como son las mesas y los armarios, para el cual su valor de amortización es de \$16.429.955,56 (Pesos), con un interés mensual de 0,91%, asociado a los beneficios que ofrece el municipio de Medellín a través de la línea de crédito del Banco de Oportunidades, con créditos entre 48-60 cuotas mensuales. (Cultura E, Medellín 2016).

Tabla 9. Resumen de la amortización.

Año	1	2	3	4	5
Interés	1.629.687	1.270.857	912.027	553.197	194.366
Capital	3.285.991	3.285.991	3.285.991	3.285.991	3.285.991
TOTAL	4.915.678	4.556.848	4.198.018	3.839.188	3.480.357

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resumen Pago de la deuda.

Total intereses	4.560.134
Total Capital	16.429.956
Total Pago Deuda	20.990.090

Fuente: Elaboración propia.

- **Objetivo 2:** Proponer un diseño de laboratorio de metrología y calidad con base en protocolos técnicos y normatividad internacional.

Se realizó una propuesta para el diseño del espacio y la distribución de los muebles que se requieren instalar en el laboratorio; dentro de éste se tuvo en cuenta la instalación de dos mesas de mármol, cinco mesas de trabajo y cuatro armarios para el almacenamiento de las herramientas metrológicas, determinando un espacio para herramientas ya existentes que se trabajen en la asignatura “gestión de la

calidad". Se propone un diseño para quince puestos de trabajo, en los cuales se logren ubicar tres personas por mesa, sin contar las personas que se encuentren trabajando en las mesas de mármol; que cuente además con buen espacio alrededor de las mesas de mármol, para las prácticas donde los estudiantes en determinados momentos deban ver más de cerca el procedimiento que se estén explicando. En esta propuesta, se presentan algunas medidas en cuanto a la dimensión del espacio requerido; sin embargo, no se hace referencia al espacio entre los muebles del laboratorio, como se observa a continuación:

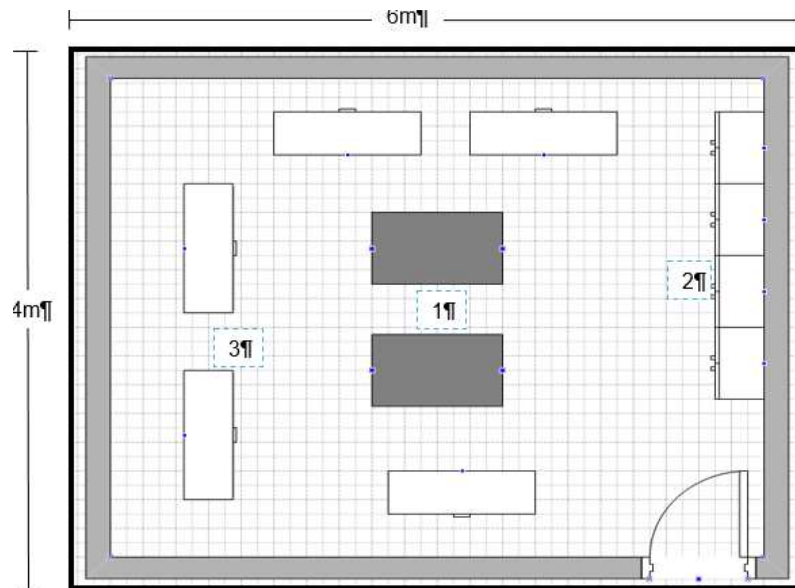


Figura 7. Plano del laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

Mesas para procesos metrológicos. 1

Estanterías para equipos de mediciones metrológicas. 2

Mesas para realizar prácticas. 3

Las especificaciones para los muebles de dotación son los siguientes.

- Estanterías o armarios para laboratorios con 80cms de alto x 83cms de ancho x 40cms de profundidad.
- Mesas de trabajo de 120cms x 60cms
- Mesas de mármol de 90cms x 80cms x 60cms.

En un laboratorio se deben mantener monitoreadas y controladas las condiciones ambientales, con el fin de evitar que los resultados de los procedimientos que se hacen, sean afectados por dichas condiciones. Para la obtención de un nivel de precisión en sus mediciones, se debe estar al tanto de las condiciones que se enuncian a continuación:

- Mantener la humedad relativa entre 40% y 60%
- Poseer un nivel de iluminación entre 500 y 1000 lux
- En las áreas donde se efectúe calibración o medición la temperatura debe estar entre 18 y 22°C.

La ejecución de estas actividades, se realizaron con el fin de brindar una propuesta completa, donde se logrará observar diferentes beneficios y requerimientos que se necesitan para la implementación del laboratorio de metrología y calidad. Es importante aclarar que no se tuvieron en cuenta costos fijos como arrendamiento, servicios públicos, papelería, ni se realizó una estimación del costo para la construcción de la infraestructura necesaria en cuanto al espacio requerido.

- **Objetivo 3:** Diseñar algunos procedimientos para la calibración de los equipos más utilizados en los laboratorios.

Una vez identificadas las necesidades del sector a través de las encuestas realizadas, y de acuerdo a los resultados, se definieron como variables objetivo, las mediciones referentes a longitud y presión. Si bien, la medida de masa como variable obtuvo mayor porcentaje frente a la variable presión, el uso de los manómetros para la medida de presión resulta ser un poco más complejo y de

requerir mayor atención por parte de los laboratorios metrológicos. En ese sentido, se estableció que los instrumentos más utilizados son: el pie de rey y micrómetro frente a la variable longitud, y por parte de la variable presión, la herramienta a utilizar es el manómetro. A continuación, se proponen los protocolos para calibración con estas herramientas.

- Protocolo para medición y calibración de pie de rey (Anexo 2)
- Protocolo para calibración de un micrómetro (Anexo 3)
- Protocolo para calibración de un manómetro (Anexo 4)

Para definir los servicios a ofrecer en el laboratorio de metrología, se partió de las necesidades encontradas en el estudio de demanda realizado en las empresas del sector metalmecánico. Con base en dichas encuestas; se generó la propuesta de un portafolio de servicios para el laboratorio bajo diseño.

Necesidades detectadas

- Tercerización del proceso de calibración
- Muchas empresas no tienen el conocimiento sobre la verdadera definición de calibración o patrones de calibración
- En la mayoría de empresas no se realizan capacitaciones
- Realizan los procesos con laboratorios no acreditados

Servicios de calibración

La única manera de saber si la indicación de la herramienta es correcta, es si se encuentra calibrada, así la persona que use la herramienta podrá corregir sus indicaciones al revisar los datos que posee el certificado de calibración del instrumento, obteniendo mediciones confiables y con la capacidad de realizar los controles que sean necesarios.

En Colombia el organismo encargado de la acreditación es la ONAC. De acuerdo a lo reportado, los laboratorios que se encuentran acreditados por esta entidad son

pocos. Para la propuesta, contar con la acreditación del laboratorio según la norma ISO 17025, brindaría la posibilidad de prestar un servicio de alta calidad y confiabilidad, con el fin de obtener un valor agregado, ser reconocidos y diferenciados frente a otros laboratorios.

Por otra parte, la trazabilidad es parte fundamental en el servicio de calibración. Esta se define como la propiedad de un resultado de medida, por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada uno de los cuales contribuye a la incertidumbre de medida, según el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología, 2008). La trazabilidad no se vence, ni tampoco se garantiza con certificados, se conserva mediante controles periódicos. Garantizando la trazabilidad de los patrones nacionales e internacionales de medición y calibración, se logra obtener un impacto significativo en el informe de resultados y las respectivas incertidumbres.

De acuerdo al diseño, la demanda y elementos disponibles en la universidad, el servicio de calibración podría prestarse para tres herramientas: pie de rey, manómetro y micrómetro. En los resultados encontrados, el flexómetro también es uno de los más calibrados, sin embargo, calibrar este tipo de instrumento resulta más costoso que la compra de uno nuevo.

Al detectar la gran cantidad de empresas que realizan el proceso de calibración mediante terceros, se encuentra un amplio mercado con posibilidad de explotación, ofreciendo un servicio diferenciador al ser oportunos, brindar apoyo para generar nuevo conocimiento y garantizando un servicio de calidad, cumpliendo con las normas y requisitos exigidos para un laboratorio de metrología y calidad.

Por otro lado, existe la posibilidad de crear convenios con laboratorios que se encuentren acreditados actualmente o que estén en búsqueda de la acreditación, para realizar este proceso en conjunto, generando así alianzas estratégicas, y de esta manera obtener beneficios para ambas partes.

Capacitaciones

Con el paso del tiempo la capacitación ha cobrado mayor importancia en las organizaciones. Anteriormente, se trataba de un tema de rutina, hoy en día se ve como la oportunidad de mejorar el compromiso del empleado. De hecho, en muchas empresas se convierte en un proceso fundamental, con el fin de generar nuevos conocimientos, aptitudes y habilidades que sean necesarios para lograr un desempeño satisfactorio y un adecuado proceso de metrología, al definir tolerancias, equipos críticos, errores máximos permitidos, una adecuada interpretación de los informes de calibración, y para dar un uso adecuado a los resultados que se obtienen.

En el campo de la metrología existe un gran desconocimiento respecto al tema, por lo que se ve plasmada la necesidad de fomentar o aclarar conceptos a los empleados. Con el fin de contribuir a la formación del personal de las empresas en la temática de metrología (tanto medición como calibración), toda institución académica, tiene la capacidad de realizar cursos, talleres, capacitaciones diplomados, seminarios, etc. Generando espacios de conocimiento y fortalecimiento a cada uno de los componentes que hacen parte del componente de calidad y metrología de las organizaciones.

Entre las capacitaciones respecto a metrología se encuentran:

- Manejo y cuidados de instrumentos
- Calibración de equipos e instrumentos
- Incertidumbre de la medición
- Criterios de aceptación de equipos e instrumentos

Otra manera de brindar conocimiento a los estudiantes en formación, dentro de las universidades es mediante cursos, que pueden darse por diferentes programas

como formación continua, electivas, cursos vacacionales, entre otros. En cuanto a cursos se encuentran:

- Metrología básica y sus conceptos
- Patrones, instrumentos de medición y verificación
- Cálculo de incertidumbres de calibración
- Control metrológico
- Metrología específica

Además de estos servicios, pueden tenerse en cuenta asesorías por parte de la universidad a empresas que cuenten con elementos de calibración, y deseen tener su propio laboratorio para realizar las pruebas. Todo esto conlleva a un aumento en los ingresos de las universidades, extendiendo el portafolio de servicios que prestan, y así lograr alcanzar una mayor competitividad tanto a nivel local como nacional.

7. CONCLUSIONES

Es muy importante al momento de realizar alguna propuesta, bien se de diseño, o plan de negocio, efectuar un estudio que permita identificar el segmento de mercado al cual irá orientada la propuesta, en este caso, el diseño del laboratorio de metrología se enfocó puntualmente al sector metalmecánico del Valle de Aburrá, lo cual permitió realizar una identificación oportuna de las necesidades.

El trabajo de investigación mediante el sondeo realizado definió entonces, que las empresas encuestadas tenían una necesidad crítica orientada a la calibración de instrumentos usados para la medición de longitudes y presiones; por lo tanto, el diseño se concentró en esta necesidad, y esta actividad de investigación se convirtió en el insumo principal del trabajo propuesto; en conjunto con esta investigación, las técnicas estadísticas que determinan el tamaño de la muestra más confiable, estableció una proporción de interés estimada, teniendo claridad de un error máximo

admisible y un nivel de confianza. Con estos criterios se determinó la muestra para realizar la investigación.

El proceso de identificar la necesidad crítica del sector metalmecánico, se convirtió en el elemento disparador del resto del cuerpo del trabajo, esto permitió determinar cuáles serían las herramientas a utilizar en las actividades de calibración. La variable longitud, según el sondeo realizado es medida a través del micrómetro y del pie de rey en la mayoría de los procesos del sector metalmecánico, mientras que la variable presión es trabajada con la herramienta denominada manómetro; para estas herramientas se establecieron entonces los protocolos para calibración, con un objetivo cada una de ellas, un alcance, y unos procedimientos a nivel de detalle que permiten realizar una manipulación en el laboratorio, estableciendo los niveles de incertidumbre, la forma indicada para leer el instrumento, los componentes y su funcionamiento.

Por otro lado, es de vital importancia indagar a cerca de los posibles competidores, en este caso instituciones de nivel superior que se encuentren en el Valle de Aburra, que presten diferentes servicios metrológicos y que además se encuentren acreditadas. Todo ello con el fin de definir las actividades académicas que se podrían desarrollar en el laboratorio de metrología y calidad a diseñar. No obstante, también deben tenerse en cuenta los laboratorios que se encuentren acreditados por la ONAC, entidad encargada de todo el proceso, y que evalúa tres aspectos fundamentales: competencia técnica, organización y sistema de gestión.

La acreditación se conoce como una forma de regulación que garantiza la calidad de un servicio prestado, mediante la cual se espera proteger al cliente, y poder determinar la veracidad en cuanto a la calidad de los servicios ofrecidos. Para este laboratorio, la entidad encargada de esta acreditación es la Organización Nacional de Acreditación (ONAC), la cual realiza el debido proceso de evaluación a ciertos criterios específicos. Es por esto que se debe realizar un acercamiento o requerir

asesoramiento frente al proceso y los aspectos con los cuales se debe contar al momento de requerir la acreditación.

8. BIBIOGRAFIA

- Díaz, J. R. (2007). *Aseguramiento metrológico industrial*. Medellín: Fondo editorial ITM.
- Martorelli, L. (2011). *La metrología en la investigación e innovación y su relación con los sistemas de calidad. La metrología en la investigación y la innovación*. Medellín. PORRAS, C. P. (2011).
- Sistema metrológico colombiano. *La Metrología en la Investigación e innovación y su relación con los Sistemas de Calidad*.
- Medellín. Sismondi, P. M. (2011). *La metrología en la investigación e innovación y su relación con los sistemas de calidad*.
- Terrés, A. M. (2009). *Desempeño de las universidades en asesorías y prestación de servicios metrológicos al sector productivo*. Medellín.
- Villamizar, G. O. (2011). *Trazabilidad metrológica, validación analítica y consenso de resultados en la confiabilidad del laboratorio clínico*. Disponible en. *Revista Mexicana de Patología Clínica*.
- La metrología en la investigación e innovación y su relación con los sistemas de calidad. La importancia de la Metrología en la investigación e innovación. Medellín

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre las normas ISO 9001 y 17025.	10
Tabla 2. Normas de las herramientas	12
Tabla 3. Ficha descriptiva Universidad EAFIT.	13
Tabla 4. Instituto Tecnológico Metropolitano.....	15
Tabla 5. Personal a Contratar.	24
Tabla 6. Factor prestacional desagregado.....	25
Tabla 7. Tipo de personal a contratar.	26
Tabla 8. Inversiones.....	26
Tabla 9. Resumen de la amortización.....	27
Tabla 10. Resumen Pago de la deuda.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de número de establecimientos por sector	18
Figura 2. Procesos que requieren servicios de calibración en metalmecánica.....	19
Figura 3. Instrumentos de metrología más utilizados.....	20
Figura 4. Procesos susceptibles a actividades metrológicas	22
Figura 5. Instrumentos enviados para calibración, o calibración propia.....	23
Figura 6. Variables medidas con instrumentos previamente calibrados.	24
Figura 7. Plano del laboratorio.	28

LISTA DE ANEXOS

1. Encuesta sobre valoración metrológica industrial
2. Protocolo para medición y calibración de pie de rey
3. Protocolo para calibración de un micrómetro
4. Protocolo para calibración de un manómetro

ANEXOS

ANEXO 1

Encuesta sobre valoración metrológica industrial

La siguiente encuesta es realizada con intereses académicos, siendo el insumo de un trabajo de grado para obtener el título de especialistas en gerencia de proyectos. La información brindada no podrá ser usada para otros fines, y es totalmente confidencial.

Objetivo: Identificar las necesidades de las empresas del sector que realizan actividades de metrología y de control de calidad en el desarrollo de sus productos.

Datos opcionales

Fecha		Nombre de la empresa	
Diligenciado por		Cargo	
E-mail		Teléfono	

1. ¿Quién es el responsable de los procesos metrológicos en la empresa y qué cargo ocupa? Nombre _____ Cargo _____

2.Cuál es el nivel de formación del responsable de las mediciones

Bachillerato____ Técnico/tecnólogo ____ Técnico especializado
____Pregrado____ Posgrado____ Maestría_ Doctorado____

3. ¿Cuáles de los siguientes procesos dentro de su sistema de producción son susceptibles a actividades metrológicas?

Proceso		Proceso	
Fundición		Tratamiento térmico	
Inyección		Ensamble	
Laminado		Soldadura	
Extrusión		Otros, cuales	
Trefilado-Estirado			
Maquinado			
Embutido-Doblado			
Corte-Troquelado			
Corte de precisión			
Recubrimiento			

4. ¿Subcontrata servicios de calibración? Si ___ No ___

5. ¿Tiene un departamento que se encarga de este proceso? Sí___ No__

6. Con qué frecuencia se realizan los procesos de calibración en equipos/
herramientas/ máquinas/ productos.

Diario___ Semanal___ Mensual___ Anual__ Otros_____

7. ¿Qué empresa o laboratorio contrata y cuánto pagan en promedio por dichos
servicios?

8. ¿Cuáles de las siguientes variables son medidas con sus instrumentos previamente calibrados?

Masa__ Longitud__ Volumen__ Tiempo__ Dureza __ Diámetro __ Intensidad de corriente__ Temperatura__ Cantidad de sustancias__ Presión ____

Otras__ Cuales_____

9. ¿Le gustaría hacer el proceso de calibración usted mismo? Si__ No__.

10 ¿Cuáles de las siguientes herramientas son las que usualmente envía a realizar procesos de calibración? Y ¿qué unidades manejan estos instrumentos?

Instrumento	Unidades medición	Instrumento	Unidades medición	Otros, cuáles	Unidades medición
Pie de rey		Durómetros			
Termopares		Micrómetro de carátula			
Balanzas		Compases			
Manómetro		Densímetros			
Galgas		Flexómetro			
Micrómetro digital		Goniómetro			
Termostatos					

11. Las herramientas que usted calibra necesitan requerimientos especiales, en el momento de su manipulación. Sí__ No ____

Condiciones de temperatura normal____ Condiciones de temperatura específicas___, Almacenamiento normal _____, Almacenamiento en temperaturas específicas _____,

Almacenamiento con empaque especial _____ limpieza __ Aislamiento _____.

Otras,

Cuales_____

—

12. Cada cuánto recibe capacitación por cuenta de la empresa_____

13. Cada cuánto se capacita por cuenta propia
____NA_____

14. ¿Permitiría que estudiantes realizaran mediciones metrologías con los elementos de su empresa, bajo supervisión suya? Sí__ No__

Muchas gracias por su colaboración.

ANEXO 2

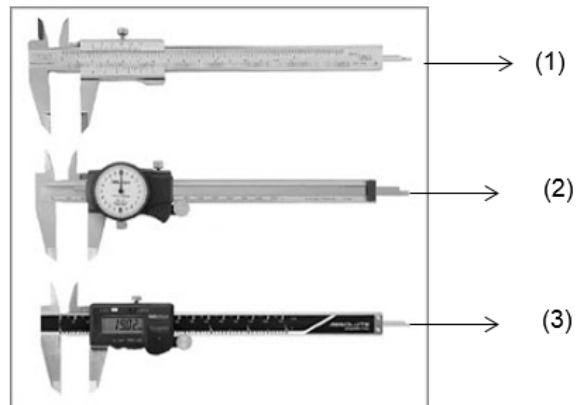
Protocolo para medición y calibración de pie de rey

Objetivo: Describir las actividades que se deben seguir en el laboratorio de metrología y calidad para la calibración de un pie de rey.

Alcance: Este protocolo es aplicable a los instrumentos que hacen parte del inventario del laboratorio. Inicia con la recepción del instrumento y su proceso de almacenamiento, y finaliza con la entrega del instrumento calibrado al cliente.

Ficha técnica:

Pie de rey: Es un instrumento utilizado para la medición de dimensiones en objetos relativamente pequeños. En la escala de las pulgadas posee divisiones equivalentes a $1/16$ de pulgada, y, en su nonio, de $1/128$ de pulgadas. La herramienta consta de una regla que tiene una escuadra en un extremo, en esta se desliza otra que se encarga de indicar la medida en una escala. Permite apreciar longitudes de $1/10$, $1/20$ y $1/50$ de milímetro utilizando el nonio. Con la parte superior del instrumento y su extremo es posible realizar medidas internas y profundidades. (En reparaciones, 2006). Existen tres tipos de pie de rey: (1) de lectura directa, (2) de lectura análoga, (3) de lectura digital.

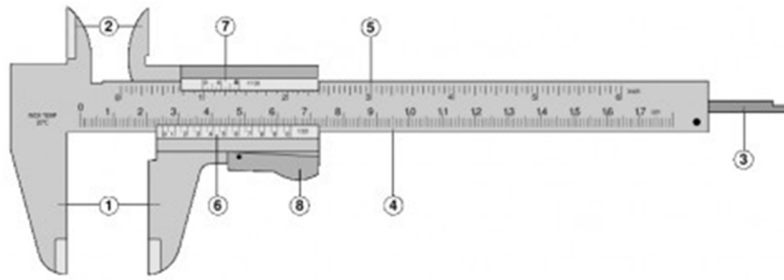


Tipos de Pie de Rey.

Fuente: <http://amerikar.blogspot.com/2009/03/calibrador-pie-de-rey.html>

Componentes

1. **Mordazas:** para medidas externas.
2. **Mordazas:** para medidas internas.
3. **Coliza:** para medida de profundidades.
4. **Escala:** con divisiones en centímetros y milímetros.
5. **Escala:** con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. **Nonio:** que es para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. **Nonio:** para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
8. **Botón:** para el deslizamiento y freno.



Componentes del Pie de Rey.

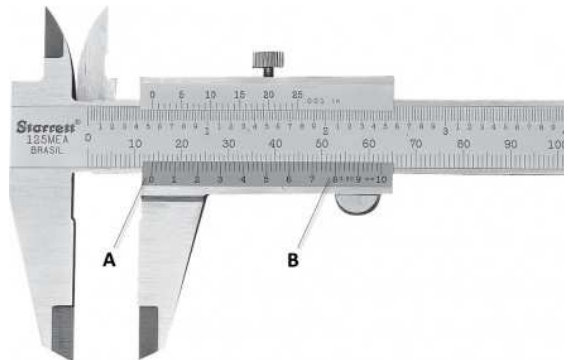
Fuente: <http://metrologia.fullblog.com.ar/calibre-pie-de-rey-711224354220.html>

Funcionamiento

Primero se deslizará la parte móvil de forma que el objeto a medir quede entre las dos patillas si es una medida de exteriores. La patilla móvil indicará los milímetros enteros que contiene la medición. Los decimales deberán averiguarse con la ayuda del nonio. Para ello se observa qué división del nonio coincide con una división (cualquiera) de las presentes en la regla fija. Esa división de la regla móvil coincidirá con los valores decimales de la medición. (Majasoft, 2009).

Lectura Del Instrumento

La regla de la herramienta es graduada en 1mm. La escala del nonio está fraccionada en 50 partes de 0,02mm y cada quinta fracción está numerada de 1 a 10, que significa decimales.

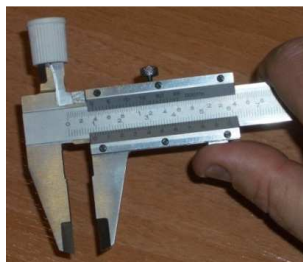


Lectura del Instrumento.

Fuente: <http://metrologia.fullblog.com.ar/calibre-pie-de-rey-711224354220.html>

Observando la imagen de arriba, se confirma que el cero de la escala móvil “pasó” de la graduación 13mm. Al realizar un recorrido con la vista por la extensión de la escala se puede ver que la graduación de la escala móvil coincide con la de la fija en 72, este valor vendría siendo el de los decimales, de esta manera la medida total sería de 13.72mm. Con un pie de rey se pueden realizar tres tipos de medidas:

Interiores:



Medición de interiores.

Fuente: <http://cadcamcae.wordpress.com/2009/01/30/%C2%BFcomo-usar-un-pie-de-rey/>

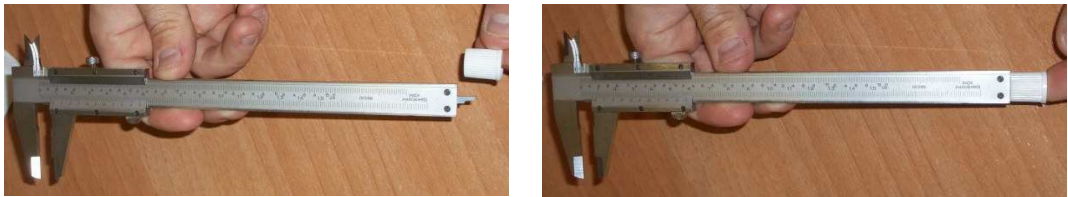
Exteriores:



Medición de exteriores.

Fuente: <http://dibujotecnico09.blogspot.com/2012/03/como-usar-el-pie-de-rey.html>

Profundidad:



Medición de profundidad.

Fuente: <http://cadcamcae.wordpress.com/2009/01/30/%C2%BFcomo-usar-un-pie-de-rey/>

Desarrollo de la Calibración

El instrumento entregado por el cliente debe permanecer por lo menos una hora en el lugar donde se realizará la calibración para evitar la existencia de errores relacionados a la temperatura.

Los diferentes instrumentos y patrones utilizados para la calibración se encuentren etiquetados y calibrados. Dependiendo si la calibración es en interior o exterior se utilizarán bloques patrón longitudinales y sus respectivos accesorios.

Se debe hacer una limpieza y una inspección visual del equipo, observando que sus escalas sean perfectamente legibles, probar el funcionamiento mecánico del equipo y que los contactos no enseñen anomalías, todo esto con el fin de comprobar el buen estado del equipo. En el caso de encontrar alguna anomalía, debe informarse al encargado de las calibraciones para realizar acciones oportunas e informarlo al cliente.

Procedimiento

- **Para exteriores:** se utilizan bloques patrón longitudinales cinco puntos de la escala, que deben incluir: el valor mínimo, el valor máximo y tres puntos intermedios que se encuentren espaciados uniformemente. Después en los cinco puntos se hacen seis mediciones, es importante tomar la medida en zonas distintas de los contactos, para así poder evidenciar el paralelismo de estos.
- **Para interiores:** se utiliza bloques patrón tres puntos de la escala, en estos puntos se harán seis mediciones.
- **Para profundidad:** se utiliza un bloque patrón un punto intermedio de la escala, en este punto se harán seis mediciones.

Las medidas se toman en los valores que marca el nonio, para evitar lo más que se pueda el error de paralaje. Es importante no ejercer mucha presión a la hora de la lectura, para no tener errores en este aspecto. Después de realizar las mediciones, se hacen las operaciones para encontrar la incertidumbre. Para realizar el cálculo de la incertidumbre se debe comenzar haciendo las siguientes operaciones:

Cálculo de la media (\bar{x}_{ci}):

$$\bar{x}_{ci} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{cij}}{N} \quad (3)$$

Dónde:

x_{cij} = Medidas realizadas

N = total de medidas

Cálculo de la desviación típica (S_{ci}):

$$S_{ci} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\bar{x}_{ci} - x_{cij})^2}{N-1}} \quad (4)$$

Dónde:

\bar{x}_{ci} = Promedio de las medidas realizadas

x_{cij} = Medidas realizadas

N = total de medidas

Cálculo de la correlación

$$\Delta x_{ci} = x_{oi} - \bar{x}_{ci} \quad (5)$$

Con los datos que se obtengan de estas operaciones, se calcula la incertidumbre en cada punto de calibración con la siguiente ecuación:

$$I_i = \sqrt{\left(\frac{K}{K_0}\right)^2 I_{0i}^2 + w^2 K^2 S_{ci}^2 \left(\frac{1}{n_{ci}} + \frac{1}{n}\right) + \left(\frac{K}{3}\right)^2 \Delta \bar{x}_{ci}^2} \quad (6)$$

Dónde:

I_i = incertidumbre en el punto de calibración i para un factor K

I_{0i} = incertidumbre del patrón para un factor K_0 en el punto de calibración i.

$I_{0i} \dots$

w = factor multiplicativo de corrección, cuando n_c es menor que 10. (Ver Tabla 1)

K = factor de confianza de la medida.

n_c = número de reiteraciones realizadas en la calibración sobre un punto de la escala.

n = número de reiteraciones que se realizarán cuando se realice la medida.

A continuación, se muestra la tabla de los factores de multiplicación según el número de medidas realizadas:

Factores de Multiplicación.

Nc	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W	7	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4303.

La máxima incertidumbre individual, se toma como incertidumbre total de la posibilidad de medida. Se debe calcular primero la incertidumbre para cada uno de los puntos de calibración tomados, para poder determinar la incertidumbre de cada una de las posibilidades de medida. En exteriores se toma la mayor de las cinco, en interiores se toma la mayor de las tres, en profundidades se toma el valor del único punto.

Norma

Norma Técnica Colombiana NTC 4303, Pie de Rey; Requisitos y Ensayos, 1997.

ANEXO 3

Protocolo para calibración de un micrómetro

Generalidades

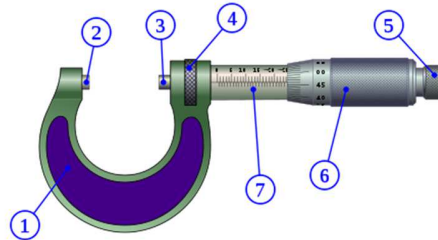
Objetivo: Describir las actividades que se deben seguir en el laboratorio de metrología y calidad para la calibración del micrómetro o tornillo micrométrico de Palmer.

Alcance: Este protocolo es aplicable a los instrumentos que hacen parte del inventario del laboratorio. Inicia con la recepción del instrumento y su proceso de almacenamiento, y finaliza con la entrega del instrumento calibrado al cliente.

Ficha técnica:

- **Micrómetro:** denominado tornillo de Palmer. Esta herramienta posee un tornillo micrométrico que sirve para indicar el tamaño del objeto a medir con buena precisión. Su funcionamiento consiste en acercar dos extremos paralelos de la herramienta, a través del tornillo, el cual posee un elemento con una escala grabada.
- **Componentes**
 1. **Cuerpo:** constituye el armazón del micrómetro. Suele tener unas placas de aislante térmico para evitar la variación de medida por dilatación.
 2. **Tope:** determina el punto cero de la medida. Suele ser de algún material duro para evitar el desgaste, así como optimizar la medida.
 3. **Espiga:** elemento móvil que determina la lectura del micrómetro. La punta suele también tener la superficie en metal duro para evitar desgaste.
 4. **Tuerca de fijación:** permite bloquear el desplazamiento de la espiga.
 5. **Trinquete:** limita la fuerza ejercida al realizar la medición.
 6. **Tambor móvil:** es solidario a la espiga, en la que está grabada la escala móvil de 50 divisiones.

7. Tambor fijo: es solidario al cuerpo, donde está grabada la escala fija de 0 a 25 mm.



Componentes del micrómetro.

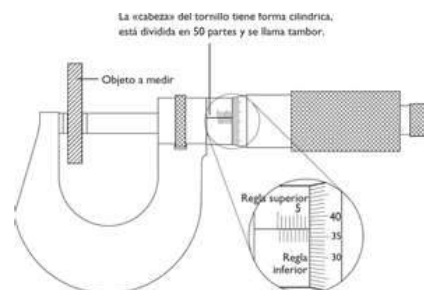
Fuente: <http://www.ingenieriaparatodos.host.org/metrologia/micrometro.html>

- **Historia:** Surge en la industrial un interés en realizar medidas de alta precisión; sin embargo, para la época del renacimiento los instrumentos existentes no permitían tener la exactitud necesitada. Fue hasta 1640 cuando William Gascoigne realiza una mejora del vernier o nonio empleado en el calibre. Luego hasta 1829 Henry Maudslay construyó un micrómetro de banco. Este elemento se componía de una base y dos mandíbulas de acero, una de ellas tenía la posibilidad de moverse con un tornillo a lo largo de la superficie. Fue diseñado con el sistema inglés, con una escala de división en décimas de pulgada. la mejora relevante sobre este instrumento fue realizada por Jean Laurent Palmer en 1848 quien elaboró el primer tornillo micrométrico de mano. Durante el desarrollo industrial, la necesidad de tener herramientas exactas y precisas, luego en el s. XX, la precisión en las medidas se vuelve fundamental en la industria, en el desarrollo de herramientas y en las actividades de la ingeniería, dando origen a la metrología y también al estudio y manejo de instrumentos de medida.

Funcionamiento.

El tornillo micrométrico usa un tornillo que recorre el instrumento y arroja una medida directa. La exactitud del instrumento, depende del tornillo en el interior de la herramienta. La rotación del tornillo depende de la cantidad de movimiento axial. Se define el paso del tornillo como la distancia recorrida axialmente con una vuelta completa (360°). Por ejemplo, si el paso del tornillo es de 1 mm y su diámetro exterior es de 10 mm, entonces la circunferencia del tornillo es de 10π o 31,4 mm aproximadamente. Con este funcionamiento se pueden establecer las pequeñas diferencias los tamaños de dos objetos de medidas similares.

Lecturas del Instrumento: En la lectura de la medición con el micrómetro primero hay que observar la escala longitudinal, que indica el tamaño con una aproximación hasta los 0,5 mm, a lo que se tendrá que añadir la medida que se aprecie con las marcas del tambor, llegando a conseguirse la medida del objeto con una precisión de 0,01 mm.



Lectura del Instrumento.

Fuente: <http://www.bing.com/images/search?q=lectura+de+un+micrometro&view=detail&id=86250765786211C9E147B5EB082BF80731F2B769&FORM=IDFRIR>

- **Según la tecnología de fabricación:**

Mecánicos: Basados en elementos exclusivamente mecánicos.

Electrónicos: Fabricados con elementos electrónicos, empleando normalmente tecnología digital.

- **Por la unidad de medida:**

Sistema decimal: según el Sistema métrico decimal, empleando el milímetro como unidad de longitud.

Sistema inglés: según el Sistema anglosajón de unidades, utilizando un divisor de la pulgada como unidad de medida.

- **Por la normalización:**

Estándar: Para un uso general, en cuanto a la apreciación y amplitud de medidas.

Especiales: de amplitud de medida o apreciación especiales, destinados a mediciones específicas, en procesos de fabricación o verificación concretos.

- **Por la horquilla de medición:**

En los micrómetros estándar métricos todos los tornillos micrométricos miden 25mm, pudiendo presentarse horquillas de medida de 0 a 25mm, 25 a 50mm, de 50 a 75 etc., hasta medidas que superan el metro. En el sistema inglés de unidades la longitud del tornillo suele ser de una pulgada, y las distintas horquillas de medición suelen ir de una en una pulgada.

- **Por las medidas a realizar:**

De exteriores: Para medir las dimensiones exteriores de una pieza.

De interiores: Para medir las dimensiones interiores de una pieza.

De profundidad: Para medir las profundidades de ranuras y huecos.

- **Por la forma de los topes:**

Paralelos planos: los más normales para medir entre superficies planas paralelas.

De puntas cónicas para roscas: para medir entre los filos de una superficie roscada.

De platillos para engranajes: con platillos para medir entre dientes de engranajes.

De topes radiales: para medir diámetros de agujeros pequeños.

- **Condiciones ambientales**

Los instrumentos entregados por el cliente deben tener una permanencia en reposo de un día (24 horas) almacenados bajo las condiciones especificadas por el cliente, a una temperatura no superior de los 25°C, con el fin que no se presente algún error por los efectos de la temperatura.

- **Patrones a realizar**

Los diferentes patrones y herramientas que se utilizan para el proceso de calibración de la herramienta deben estar previamente calibrados y bajo las condiciones especificadas por la norma, en este proceso se recomienda usar bloques longitudinales los cuales deben estar etiquetados y almacenados bajo criterios de seguridad y confiabilidad.

- **Calibración**

Previamente al proceso de calibración se debe realizar una limpieza del instrumento y un almacenamiento del mismo, de igual manera se debe inspeccionar el instrumento y establecer cuál es la condición en la que se entrega el equipo (funcionamiento mecánico, estado de las escalas que sean legibles y que el contacto entre la espiga y el tope no presente anomalías). Es necesario definir previamente cuales son las recomendaciones y requerimientos del cliente, al igual que las especificaciones dadas por el fabricante.

- **Procedimiento**

Es necesario definir con los bloques patrones longitudinales cinco puntos de escala, en los cuales deben estar incluidos: valor máximo, mínimo y tres puntos intermedios que se encuentren espaciados uniformemente.

Una vez definidos estos puntos de referencia se deben efectuar mediciones tomando la medida en zonas diferentes de los contactos para comprobar el alineamiento entre el tope y la espiga, (en la lectura de la medición con el micrómetro primero hay que observar la escala longitudinal, que indica el tamaño con una aproximación hasta los 0,5 mm, a lo que se tendrá que añadir la medida que se aprecie con las marcas del tambor, llegando a conseguirse la medida del objeto con una precisión de 0,01 mm). Se recomienda evitar hacer presión en el momento de la lectura para no generar errores, una vez tomadas las medidas en los cinco puntos de referencia se procede con el cálculo de la incertidumbre.

- **Cálculo de la incertidumbre.**

Para definir la incertidumbre del instrumento es necesario calcular cual es la media en cada uno de los puntos de referencia y la desviación correspondiente.

Siendo $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}...x_{in}$ las mediciones realizadas en el punto de referencia i de la pieza o patrón, entonces:

Donde $i= 1, 2, 3, 4, 5$. Y n es número de mediciones.

- **Cálculo de la media:**

$$\bar{x}_i = \sum_{j=1}^N x_{ij} \quad (7)$$

- **Cálculo de la desviación:**

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (\bar{x}_i - x_{ij})^2}{N-1}} \quad (8)$$

- **Cálculo de la corrección:**

$$\Delta x_i = x_{oi} - \bar{x}_i \quad (9)$$

Siendo x_{oi} la medición esperada entregada por el bloque patrón.

Luego, Δx_i será la corrección para cada punto de referencia, de tal forma que al instrumento se incorpora en la incertidumbre a continuación.

Teniendo estos cálculos se procede a determinar cuál es la incertidumbre del instrumento en cada uno de los puntos de referencia:

$$I_i = \sqrt{\left(\frac{K}{K_0}\right)^2 I_{0i}^2 + w^2 K^2 S_i^2 \left(\frac{1}{n_{ci}} + \frac{1}{n}\right) + \left(\frac{K}{3}\right)^2 \Delta \bar{x}_i^2} \quad (10)$$

I_i = incertidumbre en el punto de calibración i para un factor K

I_{0i} = incertidumbre del patrón para un factor K_0 en el punto de calibración i .

$I_{0i} \dots$

w = factor multiplicativo de corrección, cuando n_c es menor que 10. (Ver tabla 2.2)

K = factor de confianza de la medida.

n_c = número de reiteraciones realizadas en la calibración sobre un punto de la escala.

n = número de reiteraciones que se realizarán cuando se realice la medida.

Factores de multiplicación según el número de medidas realizadas.

nc	2	3	4	5	6	7	8	9	10
w	7	2.3	1.7	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4352

Al calcular y comparar la incertidumbre en los puntos de referencia, se toma como incertidumbre del instrumento a la mayor de los puntos de referencia (I). Se considerará apto un equipo cuando la incertidumbre encontrada no sea superior a cuatro veces su división de escala (Esto es: $4 \cdot \text{precisión}$).

De esta forma, se considera que cada medida tomada por el instrumento será $x_{oi} \pm (\text{precisión del instrumento} + I)$.

- **Norma**

Norma Técnica Colombiana NTC 4352, MICRÓMETROS PARA MEDICIONES EXTERIORES, CONSTRUCCIÓN NORMAL CONCEPTOS, REQUISITOS Y ENSAYOS.

ANEXO 4

Protocolo para calibración de un manómetro

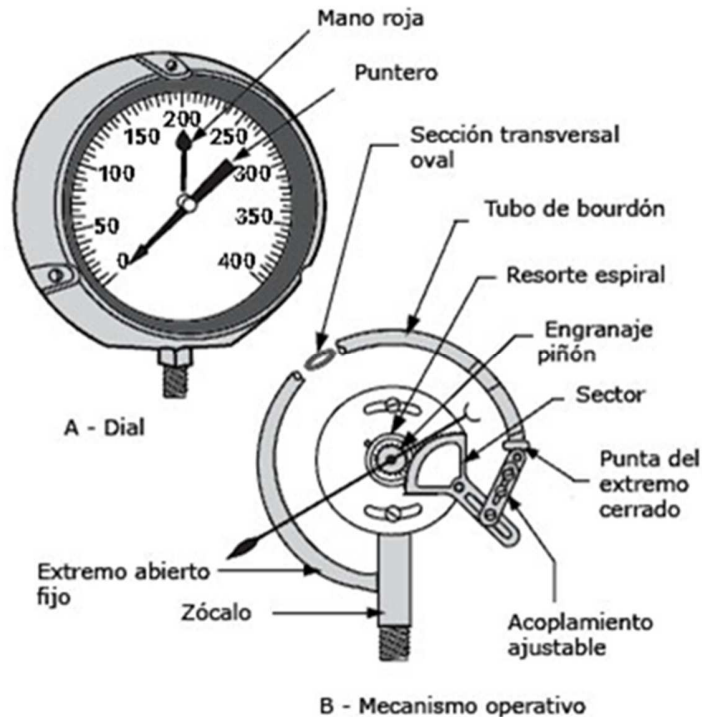
Objetivo: describir las actividades que se deben seguir en el laboratorio de metrología y calidad para la calibración de un manómetro.

Alcance: Este protocolo es aplicable a los instrumentos que hacen parte del inventario del laboratorio. Inicia con la recepción del instrumento y su proceso de almacenamiento, y finaliza con la entrega del instrumento calibrado al cliente.

Ficha Técnica:

- **Manómetro:** El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos (líquidos y gases), generalmente estableciendo la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. La presión comúnmente se mide en atmósferas (atm). En el sistema internacional de unidades la presión se expresa en pascal (Pa). También es posible encontrar medidas en psi, bar, inHg y mmHg. Es importante aclarar que los manómetros en su mayoría miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, por ende se debe realizar la suma de la atmosférica local con el valor que indica el manómetro para determinar la presión absoluta. Si se lee una medición negativa, significa que existe un vacío parcial.

- Componentes



Componentes de un manómetro.

Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica34.htm>

Historia: Hace años se había visto que si por el extremo superior de un tubo abierto y vertical se aspiraba el aire por medio de una bomba, estando el otro extremo en comunicación con un recipiente con agua, esta subiría por el tubo. Este fenómeno era atribuido al horror que manifestaban los cuerpos al vacío, según Aristóteles. Sin embargo, un constructor de bombas de Florencia se propuso elevar por este medio, agua a una altura mayor a 10 metros, sin lograr su objetivo, fue y le preguntó a Galileo la razón del hecho, y este le contestó que era que el agua había llegado a su límite de horror al vacío. Viviani (1644), uno de los discípulos de Galileo, fue el que primero se dio cuenta del fenómeno real, afirmando que era la presión atmosférica, y que la máxima altura del agua en un tubo vertical cerrado,

suficientemente largo, y en su parte superior se hiciera vacío, debía exactamente medir la presión atmosférica, ya que esta era la que mantenía la columna de agua. Después pensó que si la presión atmosférica sostenía a nivel del mar una columna de agua de 10 metros aproximadamente, lograría soportar una columna de mercurio de unos 760mm, porque el mercurio es 13.5 veces más pesado que el agua. Esta observación fue el fundamento del experimento de Torricelli, amigo de Viviani.

El experimento de Torricelli se trata de tomar un tubo de vidrio cerrado por un extremo y abierto por el otro, de 1 metro aproximadamente de largo, llenarlo de mercurio, cubrirlo con el dedo pulgar e invertirlo introduciendo el extremo abierto en una cubeta con mercurio. Luego si el tubo se ubica verticalmente, la altura de la columna de mercurio de la cubeta es aproximadamente cerca de la altura del nivel del mar de 760mm apareciendo en la parte de arriba del tubo el llamado vacío de Torricelli, que básicamente se trata de un espacio llenado por vapor de mercurio a muy baja tensión.

Funcionamiento:

Los manómetros de líquidos utilizan, comúnmente, como líquido manométrico el mercurio, que llena parcialmente un tubo en forma de U. Este tubo puede estar abierto por ambas ramas o por una sola. En los dos casos la presión se calcula conectando el tubo al recipiente que contiene el fluido por su rama inferior abierta y estableciendo el desnivel h de la columna de mercurio entre ambas ramas. En los manómetros metálicos la presión da lugar a deformaciones en un tubo metálico, llamado tubo de Bourdon (por su inventor). Estas deformaciones se transmiten a través de un procedimiento mecánico a una aguja que muestra directamente la presión sobre una escala graduada.

Lecturas del instrumento:

Tanto para los manómetros digitales como análogos, el valor observado al tomar la medición es en bar, Pa, psi. Cada manómetro tiene un rango específico.

Tipos de herramienta

- **Manómetro de columna de líquido:** Se utiliza más que todo para la medir diferencias de presiones muy bajas. Consta de dos columnas, en un lado se encuentra el líquido al que se le va a medir la presión, y por el otro lado hay mercurio. Para este tipo de manómetros existe una subdivisión en tres tipos:
- **Manómetro de tubo U:** son de vidrio, trabajan por la diferencia de presión entre los dos lados del tubo (en forma de U), en un lado la presión es baja y en el otro es alta, tienen un indicador electrónico, encargado de la medición de los cambios de presión.
- **Manómetro de Tintero:** en un lado del tubo hay un depósito y en el otro lado se encuentra una escala en atmosferas que indica la presión, esta escala contiene mercurio, que dependiendo del líquido que se mida, baja, sube o se mantiene.
- **Manómetro de tubo inclinado:** funciona igual que el de tintero, lo único que cambia es que es de menor tamaño y mide escalas más pequeñas.
- **Manómetro de Burdón:** este manómetro se basa en un tubo metálico enrollado, que se encuentra cerrado en un extremo, por el otro extremo es por donde se realiza la medición del fluido causando que el tubo se enderece o se enrolle, este movimiento se encuentra conectado con una aguja, que es la encargada de indicar el valor que se obtiene en atmosferas.

- **Manómetro de McLeon:** mide presiones de fluidos muy bajas. Consiste en un tubo vertical que habitualmente contiene mercurio, y un embolo, donde se somete a determinada presión, que entra en contacto con la presión del fluido que se va a medir, con esto el mercurio empezará a moverse por la escala.
- **Manómetro Digital:** es un instrumento dirigido por un microprocesador, donde los datos son observados en una pantalla digital.

Condiciones ambientales

Es importante tener un sitio con las condiciones adecuadas para la calibración, que se encuentre limpio, una temperatura alrededor de 18°C y 27°C y con baja humedad relativa.

Patrones a realizar

Se debe contar con una balanza manométrica certificada, una bomba de pruebas para comparación y con un juego de manómetros patrones que deben ser controlados y calibrados de una manera periódica. Además, para el proceso se debe contar con saca-agujas, destornillador y llaves fijas.

Calibración

Esta actividad debe ser controlada y planeada para realizarla eficientemente, manejando condiciones controladas y un rango de presión determinado. Se define la calibración de un manómetro, como los procedimientos que establecen, en determinadas condiciones, la relación entre el valor de una medida hecha con la herramienta y valores correspondientes de esa medida efectuados por patrones, aportando niveles de seguridad y confianza en los diferentes procesos que se utilice la herramienta.

Procedimiento

Se despresiona el manómetro y se determinan los puntos de calibración (por lo menos cinco). Con la bomba manual se genera presión hasta llegar a un valor próximo al primer punto definido de presión, después con el volumen variable se ajustará la presión con el fin de obtener la lectura del patrón o instrumento deseada. En el caso de ser un manómetro análogo, es recomendable establecer la indicación de la aguja a los trazos de la escala, si es digital establecer la indicación del patrón. Para el manómetro análogo, la lectura es realizada inmediatamente después de haber hecho vibrar el manómetro levemente, para evitar así errores producidos por fricciones mecánicas. Esta medida será válida cuando el sistema sea estable y no se vean saltos o variaciones en las indicaciones del Patrón e Instrumento. Se repite el procedimiento con los otros puntos de calibración, siempre incrementando la presión hasta alcanzar al valor máximo definido. Se realiza el mismo proceso, pero ya en sentido de presiones decrecientes con el fin de alcanzar el cero del manómetro. Se efectúa la lectura del cero, cuando es posible, y se comienza el ciclo de nuevo.

Es importante que al terminar la calibración se revisen los datos obtenidos antes de quitar el montaje, por si existe duda respecto algún dato, repetir el procedimiento.

Cálculo de la incertidumbre

Se comenzará por determinar la expresión de la magnitud de salida en función de las diferentes magnitudes de entrada, formando una ecuación, con el fin de obtener las correcciones de calibración. Se calcula un punto genérico i , y para los otros puntos se realiza el mismo procedimiento. La ecuación es la siguiente:

$$C_i = P_{Ri} - P_{xi} + \sum_j \delta_j (Pat) + \sum_k \delta_k (Ins) + \Delta_{NR} \quad (11)$$

Dónde:

C_i : corrección final de calibración

bP_{Ri} : valor de la lectura del Patrón en el punto i

P_{xi} : valor de la lectura del instrumento en el punto i

$\sum_j \delta_j(Pat)$: suma de las correcciones debidas al Patrón, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre

$\sum_k \delta_k(Ins)$: suma de las correcciones debidas al instrumento, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre

Δ_{NR} : corrección por diferencia de alturas entre los niveles de referencia

Norma: Norma Técnica Colombiana NTC 2263. Metrología. Manómetro indicadores de presión, manómetros de vacío y manómetros de presión-vacío para usos generales.