



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE MEDICIONES DE MAGNITUDES FÍSICAS UTILIZANDO EL
EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO DE MEDICIONES TÉCNICAS.**

Autor: Javier Omar Campillo López

Tutor: MsC. Rogelio Hernández Peña

Cienfuegos 2023

“Año 65 de la Revolución”



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Cienfuegos, autorizando a que el mismo sea utilizado por el Centro de Estudio Superior para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.

Firma del Tutor

Nombre y Apellidos. Firma.

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellido. Firma.

PENSAMIENTO

“La imaginación, es más importante que el conocimiento.

El conocimiento es limitado. La imaginación rodea al mundo.”

Albert Einstein.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a un ser maravilloso que fue lo más importante para mí en la vida (mi abuela Aida), a mis padres que con gran esfuerzo y sacrificio ayudaron a lograr mis sueños y es por ellos que hoy estoy aquí, a mi hermano que siempre estuvo con su mano extendida para lo que me hiciera falta, a mi esposa la cual amo con la vida ya que todo este tiempo de sacrificio me apoyo y aguanto mis malcriadeces, a mis compañeros de aula que son unos guerreros que han sabido levantarse cuando los ánimos estaban bajo cero, en general a todas esas personas que aportaron su granito de arena.

AGRADECIMIENTOS

A mi abuela por su incondicionalidad amor hacia mí.

A toda mi familia que de una forma u otra me apoyaron en este transcurso.

A mi tutor MsC. Rogelio Hernández Peña por el tiempo dedicado en el desarrollo de este trabajo.

Al claustro de profesores que me han acompañado a lo largo de estos 6 años contribuyendo a mi formación profesional.

A mi esposa, mis amigos por estar conmigo apoyándome y soportando mis estados de ánimo.

A todos Muchas Gracias

RESUMEN

En el trabajo se muestra una recopilación bibliográfica de algunos temas relacionados con la metrología dimensional, como conceptos fundamentales, dentro de los que están algunos medios de medición que emplea el ingeniero mecánico. Se refleja también la relación de las habilidades entre la carrera de ingeniería mecánica, la disciplina procesos tecnológicos y la asignatura mediciones técnicas. Fundamentalmente se realizaron un grupo de mediciones a parámetros de las uniones roscadas para elaborar el resultado final, utilizando herramientas estadísticas y con estos resultados calcular magnitudes de ajustes, todo esto con el objetivo de dejar plasmado un material de consulta para los estudiantes y profesores que sirva en su preparación y adquisición de habilidades desde la asignatura mediciones técnicas que tributen a la carrera de ingeniería mecánica.

SUMMARY

The work shows a bibliographic compilation of some topics related to dimensional metrology, as fundamental concepts, among which are some measurement means used by the mechanical engineer. The relationship of skills between the mechanical engineering career, the technological processes discipline and the technical measurements subject is also reflected. Fundamentally, a group of measurements were carried out on the parameters of the threaded joints to prepare the final result, using statistical tools and with these results calculating magnitudes of adjustments, all of this with the objective of leaving a reference material for students and teachers that can be used. in their preparation and acquisition of skills from the subject technical measurements that contribute to the mechanical engineering career.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN:.....	1
CAPITULO I: Conceptos fundamentales sobre metrología.....	4
INTRODUCCIÓN.....	4
1. Metrología. Origen y Evolución. Concepto. Importancia.....	4
1.1 Origen y Evolución.....	4
1.1.2 Concepto de Metrología.	7
1.1.3 Otros conceptos asociados a la Metrología.	8
1.1.4 Importancia.	10
1.2 Clases de metrología	10
1.2.1 Metrología Científica.....	10
1.2.2 Metrología Legal.....	11
1.2.3 Metrología Industrial.....	11
1.2.3.1 Metrología Eléctrica	12
1.2.3.2 Metrología física.....	12
1.2.3.3 Metrología de materiales.....	12
1.2.3.4 Metrología mecánica.....	13
1.3 Factor Dimensional en la Metrología Mecánica.	13
1.3.1 Factor dimensional, objetivos, alcance y aplicaciones.....	14
1.3.1.1 Objetivo.	14
1.3.1.2 Aplicaciones.....	14
1.3.1.3 Alcance	16
1.4. Tipos de instrumentos de medición dimensional.	17
1.5. Instrumentos de medición directa existentes en el laboratorio.....	18
1.5.1 Calibrador tipo vernier o pie de rey.	18
1.5.1.1 Partes de un vernier o pie de rey	20
1.5.1.2 Tipos de Vernier o Pie de Rey.....	21
1.5.2 Micrómetro	22
1.5.2.1 Partes de un micrómetro	23
1.5.2.2 Algunos tipos de micrómetros	24
1.5.3 Proyector de Perfiles.....	26
1.5.3.1 APLICACIONES:	27

1.5.3.2 Cómo funciona un Proyector de Perfil	27
Conclusiones parciales.	28
CAPITULO 2: Habilidades a obtener con el empleo del equipamiento existente en el laboratorio de Mediciones Técnicas. Ejemplo de utilización de algunos medios.....	29
INTRODUCCIÓN	29
2.1 La formación y desarrollo de habilidades.	29
2.1.1 La formación y desarrollo de habilidades en el proceso docente educativo.	29
2.1.2 La formación y desarrollo de habilidades en el laboratorio de Metrología dimensional.	30
2.1.3 Habilidades de la carrera Ingeniería Mecánica.	31
2.1.4 Habilidades de la Disciplina procesos tecnológicos.	33
2.1.5 Habilidades a lograr en la asignatura Mediciones Técnicas.....	35
2.2 Interrelación entre las habilidades de la carrera de Ingeniería Mecánica, las disciplina. Procesos tecnológicos y la asignatura, mediciones técnicas.	36
2.3 Ecuaciones Matemáticas.....	41
2.3.1 Media Muestral	41
2.3.2 Desviación Estándar	43
2.3.3 Resultado Elaborado	44
2.3.4 El diámetro interior y el diámetro medio.....	46
Conclusiones Parciales.	48
CAPITULO 3: Análisis de los resultados y selección del método correcto..	48
Introducción	48
3. Requisitos para realizar una correcta medición.....	49
3.1 Comparación de los métodos de medición.....	52
3.2 Ecuaciones Matemáticas.....	52
3.2.1 la incertidumbre de la media o error estándar de la media	52
3.2.2 Cálculo de S_r dif (desviación típica diferencial).....	53
3.2.3 Comprobar si se cumple la condición.	54
3.2.4 Cálculo de las tolerancias	57
3.2.5 Cálculo de los ajustes de las uniones roscadas.	59
Conclusiones parciales	60
CONCLUSIONES GENERALES.	61
RECOMENDACIONES.	62

Bibliografía	63
Anexos	65

INTRODUCCIÓN:

El perfeccionamiento del sistema de Educación en Cuba, tiene como prioridad la introducción y desarrollo de aplicaciones de los conocimientos que permitan nuevas formas de mejoramientos de la calidad de la preparación del estudiante. Sobre todo, la formación de ingenieros mecánicos debe caracterizarse por su formación básica y que sea capaz de resolver en la base, de modo activo, independiente y creador los problemas más generales y frecuentes que se les presenten en su esfera de actuación (García-Argüelles, L. Á., Escobar-Lorenzo, R., & López-Medina, F. L., 2016)

Desde esta premisa se explica que el ingeniero mecánico se vincule desde su formación a las tareas de diagnosticar y evaluar el estado técnico-económico de máquinas, equipos e instalaciones mecánicas; así como planificar, organizar y controlar el mantenimiento y las reparaciones de las máquinas, equipos e instalaciones mecánicas y en particular se vincule a la solución de problemas de cálculos asociados la elaboración de nuevas piezas. (Mejías Navarro, et al., 2002)

La carrera de Ingeniería Mecánica en Cuba, presenta como parte de plan de estudios, que los estudiantes adquieran un grupo de habilidades a medida que van recibiendo los contenidos de las diferentes asignaturas. Dentro de estas asignaturas se encuentra la de Mediciones Técnicas la que tiene como propósito fundamental es la obtención de información cuantitativa y precisa sobre las características físicas, dimensiones, propiedades y desempeño de componentes, sistemas, materiales o fenómenos técnicos, de ahí que se propone realizar una guía de estudio para las prácticas de laboratorio

En particular, la carrera Mecánica en la Universidad de Cienfuegos trabaja en este propósito y para lograr el desarrollo de las habilidades necesarias que deben alcanzar los estudiantes, se ha creado, un laboratorio para realizar prácticas docentes con los diferentes equipamientos. Sin embargo, en la actualidad, no se está explotando al máximo todas las potencialidades que puede ofrecer el mismo.

En este sentido, se precisa responder al **Problema Científico** planteado

Como conformar un manual guía para el uso de los medios de medición y su empleo en la determinación de las magnitudes físicas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de la carrera mecánica en la universidad de Cienfuegos

Hipótesis:

El uso de un manual guía de enfoque tecnológico podría permitir que los estudiantes de la carrera de mecánica de la universidad de Cienfuegos empleen adecuadamente los medios de medición para la determinación de magnitudes físicas en diferentes tipos de piezas.

Objetivos Generales:

Proponer un manual guía para que los estudiantes de la carrera de mecánica de la universidad de Cienfuegos puedan determinar el valor de magnitudes físicas con el empleo de instrumentos y máquinas de medición en el laboratorio de Mediciones Técnicas para su posterior análisis.

Objetivos Específicos:

- Describir las exigencias técnicas, de la metrología y su importancia en la carrera Mecánica.
- Caracterizar algunos medios y máquinas de medición del laboratorio de Mediciones Técnica para conocer sus características y posibilidades.
- Realizar mediciones de ciertas magnitudes físicas en piezas de configuraciones diferentes, utilizando el equipamiento existente para obtener un resultado elaborado estadísticamente.
- Comparar las mediciones de una magnitud física con el empleo de diferentes medios de medición para conocer el valor de la misma, seleccionando el método más adecuado.
- Utilizar los valores obtenidos en las mediciones para realizar cálculos de ajuste y tolerancia en los acoplamientos.

- Implementar el material obtenido en el trabajo como la bibliografía principal para la ejecución de la práctica de laboratorio relacionada con la medición de roscas.

Tareas:

- Estudiar cómo funcionan los medios de mediciones así como la máquina de medición del laboratorio de mediciones Técnicas.
- Realizar mediciones de dimensiones exteriores, interiores, paso de roscas para comparar resultados con diferentes métodos de medición.
- Expresar el resultado de estas mediciones a través de su elaboración con el empleo de conceptos de estadísticas.
- Calcular ajustes y tolerancias en piezas que hayan sido medidas y que acoplen entre sí utilizando los resultados elaborados.
- Elaborar el documento con los principales resultados.

CAPITULO I: Conceptos fundamentales sobre metrología

INTRODUCCIÓN

Dentro del ámbito del Ingeniero Mecánico, la metrología representa la base del diseño mecánico, investigación y desarrollo de productos tecnológicos, así como su fabricación, evaluación de calidad y monitoreo de parámetros en los procesos de manufactura y ensamble como son presión, temperatura, etc.

Si bien, existe una gran cantidad de conceptos dentro de la metrología, en el presente documento solo se presentan los conceptos más importantes para iniciar su estudio y aplicación, mediante la conformación de un manual guía el cual se encargara de dar al usuario la información necesaria para realizar las acciones requeridas y obtener el máximo beneficio de un producto, servicio o proceso en particular.

1. Metrología. Origen y Evolución. Concepto. Importancia.

1.1 Origen y Evolución.

En la antigüedad el hecho desconcertante de que los ciclos del Sol no tienen relación con los de la Luna fue un estímulo para el pensamiento. Si hubiese sido posible calcular la duración del año y la sucesión de las estaciones mediante la mera multiplicación de los ciclos de la Luna, la humanidad se hubiese ahorrado muchísimos esfuerzos, pero con ello tal vez hubiese faltado el estímulo necesario para estudiar los cielos y llegar a formar matemáticos.

Mientras la humanidad vivió cultivando la tierra y apacentando sus rebaños, no hizo mucha falta medir el tiempo en unidades pequeñas. Las estaciones eran lo realmente importante. Mediante ellas se sabía cuándo había que esperar las lluvias, la nieve, el sol, el frío. ¿Para qué molestarse con las horas y los minutos? El tiempo de la luz diurna era el único importante, el único tiempo en que los hombres podían trabajar. Medir el tiempo útil era, pues, medir las horas de Sol.

Cuenta la tradición que en 1583, cuando Galileo Galilei (1564-1642) tenía diecinueve años de edad y asistía a los oficios religiosos que se celebraban en el baptisterio de la catedral de Pisa, se distrajo mirando el balanceo de la lámpara del altar. Fuera cual fuese la amplitud de la oscilación de la lámpara, parecía que el periodo que tardaba en ir de un extremo del arco al otro era siempre el mismo. Galileo, desde luego, no tenía reloj, pero comprobaba los intervalos de las oscilaciones mediante su propio pulso. Este raro acertijo de la vida cotidiana hizo que Galileo abandonara el estudio de la medicina, que había emprendido obligado por su padre, y se dedicara al estudio de las matemáticas y la física. El joven había descubierto en el baptisterio lo que los físicos llamarían luego isocronismo, o igualdad de la oscilación del péndulo, es decir, que el período de oscilación de un péndulo no varía según la amplitud de la oscilación, sino en razón de la longitud del péndulo.

Esta historia de cómo se desarrollaron los instrumentos para medir el tiempo, los relojes, nos da una idea de las dificultades con las que nos podemos enfrentar si deseamos medir otras magnitudes, sobre todo si necesitamos realizar mediciones cada vez más exactas (pensemos simplemente en que la humanidad tardó aproximadamente 5 000 años en desarrollar los relojes de cuarzo que actualmente utilizamos en nuestra muñeca).

Durante siglos, el día solar medio sirvió como unidad de tiempo, pero el periodo de rotación es irregular y crece lentamente. En 1956, la Unión Astronómica Internacional y el Comité Internacional de Pesas y Medidas recomendaron adoptar el Tiempo Efemeris basado en el movimiento orbital de la Tierra alrededor del Sol— como una base más estable y exacta para la definición del tiempo. Cuatro años más tarde, la recomendación de las dos organizaciones fuera certificada formalmente por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

Esta historia de cómo se desarrollaron los instrumentos para medir el tiempo, los relojes, nos da una idea de las dificultades con las que nos podemos enfrentar si deseamos medir otras magnitudes, sobre todo si necesitamos realizar mediciones cada vez más exactas (pensemos simplemente en que la humanidad

tardó aproximadamente 5 000 años en desarrollar los relojes de cuarzo que actualmente utilizamos en nuestra muñeca).

Aun cuando la estandarización de pesas y medidas ha sido una meta del avance social y económico desde hace mucho tiempo, no fue sino hasta el siglo XVIII que se desarrolló un sistema unificado de mediciones. Los primeros sistemas de pesas y medidas estaban basados en la morfología humana. Frecuentemente, los nombres de las unidades se referían a partes del cuerpo: la pulgada, la mano, el pie y la yarda corresponden a las dimensiones del cuerpo humano. Consecuentemente, esas unidades de medición no eran fijas, variaban de una ciudad a otra, de una ocupación a otra, y en el tipo de objeto a ser medido.

La falta de un sistema de mediciones estandarizado fue una fuente de errores y fraudes en transacciones sociales y comerciales, poniendo freno al comercio internacional y evitando el desarrollo de la ciencia como compromiso internacional. Con la expansión de la industria y el comercio, hubo una creciente necesidad entre países de armonizar las pesas y medidas. Los políticos y científicos resolvieron esta situación adoptando un estándar de medida (distancia o peso) por comparación con un estándar tomado de la naturaleza.

Una de tales medidas fue el metro, el cual se definió en un decreto de la Asamblea Nacional Francesa¹, el kilogramo se definió originalmente como el peso de un cierto volumen de agua, un líquido fácil de obtener y purificar.

Tal sistema de múltiplos simples de unidades base se extendió muy fácil. Inicialmente el sistema métrico decimal se introdujo en Francia el 7 de abril de 1795 por la “Ley sobre pesas y medidas”. Esta ley produjo un cambio mayor en la vida cotidiana, facilitando los cálculos, por ejemplo, de áreas y volúmenes. La conversión de un submúltiplo a un múltiplo de la unidad de longitud consiste en mover la coma decimal dos o tres lugares para área o volumen, respectivamente.

¹7 de abril de 1795

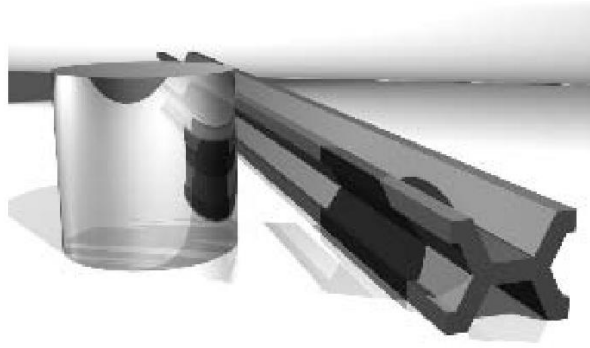


Fig.1 Los primeros estándares (etalones) del metro y el kilogramo

Tiempo después se fundó el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) con los términos del tratado diplomático conocido como la Convención del Metro el 20 de mayo de 1875. Para celebrar la firma de la Convención del Metro, se instituyó la fecha del 20 de mayo como el Día Mundial de la Metrología. (Esquivel, 2015).

1.1.2 Concepto de Metrología.

El concepto de metrología a lo largo de los años ha tenido diferentes definiciones por diferentes autores aunque a veces no coincidiendo entre ellos, pero cabe destacar que no existen diferencias significativas entre una u otra. Por ejemplo

- En el libro metrología y mecánica de banco protocolo de de 2007 primera edición la definen como la ciencia de las medidas; la cual en su generalidad, trata del estudio y aplicación de todos los medios propios para la medida de magnitudes.
- En 2013 fue definida como la ciencia que estudia las propiedades medibles, las escalas de medidas los sistemas de unidades, métodos y sistemas de medición a todo nivel bien sean, longitud, tiempo, temperatura, volumen y presión entre otros. Así mismo, logra determinar las magnitudes físicas.
- En 2017 se hace referencia a esta como la ciencia que trata, de las mediciones, de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas.

- Richard González, (2023), plantea que es un conjunto de técnicas relacionadas con la medición y la calibración de magnitudes físicas. Su objetivo es establecer y mantener estándares de medición precisos y confiables que sean aplicables en campos como la industria, la investigación científica, la salud y el comercio. La metrología busca asegurar que nuestras mediciones sean consistentes, reproducibles y comparables en todo momento.

Se puede ver claramente que la metrología es una ciencia la cual estudia de manera sistemática y rigurosa los principios, teorías, métodos y aplicaciones relacionados con las mediciones. A través de la metrología, se investiga, se desarrollan estándares y se establecen las bases para garantizar mediciones precisas, confiables y consistentes en una amplia gama de campos.

1.1.3 Otros conceptos asociados a la Metrología.

- **Exactitud**

El Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) define exactitud como la proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando (valor de una magnitud compatible con la definición de la magnitud). Es decir, podríamos asociar este concepto al de error, podemos decir que una medida es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida. (ACTUALIDAD CALTEX, 2019)

- **Calibración de instrumentos**

Es el proceso de comparación periódica entre uno o varios instrumentos de exactitud no verificada, con un instrumento de medida patrón o un sistema de exactitud conocida, con el objeto de asegurar una exactitud especificada trazable según normas internacionales.

Por tanto. Calibración de instrumento es la operación a realizar en un instrumento para que sus indicaciones vuelvan a estar dentro de los valores límites dados por el fabricante. (Solé, 2009)

- **Instrumento de medición**

Es aquel que permite medir la longitud, volumen, extensión o capacidad por comparación de un elemento estandarizado el cual es tomado como referencia para posteriormente asignarle un valor número mediante algún instrumento graduado con dicha unidad. (MecatrónicaLATAM, 2021)

- **Precisión**

Se define precisión de medida como la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas. (ACTUALIDAD CALTEX, 2019)

- **Patrón**

Un patrón de medidas es una representación física que sirve como fundamento para crear una unidad de medición. (Estefania, 2014)

Un patrón de medición es una representación física de una unidad de medición. Una unidad se realiza con referencia a un patrón físico arbitrario o a un fenómeno natural que incluye constantes físicas y atómicas. Hay diferentes tipos de patrones de medición, clasificados por su función y aplicación en las siguientes categorías:

A) Patrones Internacionales

Se definen por acuerdos internacionales. Representan ciertas unidades de medida con la mayor exactitud que permite la tecnología de producción y medición. Los patrones internacionales se evalúan y verifican periódicamente con mediciones absolutas en términos de unidades fundamentales.

B) Patrones Primarios (básicos)

Se encuentran en los laboratorios de patrones nacionales en diferentes partes del mundo. Los patrones primarios representan unidades fundamentales y algunas de las unidades mecánicas y eléctricas derivadas, se calibran independientemente por medio de mediciones absolutas en cada uno de los laboratorios nacionales.

C) Patrones Secundarios

Son los patrones básicos de referencia que se usan en los laboratorios industriales de medición. Estos patrones se conservan en la industria particular interesada y se verifican localmente con otros patrones de referencia en el área. La responsabilidad del mantenimiento y calibración de los patrones secundarios depende del laboratorio industrial.

D) Patrones de Trabajo

Son las herramientas principales en un laboratorio de mediciones. Se utilizan para verificar y calibrar la exactitud y comportamiento de las mediciones efectuadas en las aplicaciones industriales. (Blog Académico de Metrología, 2011)

1.1.4 Importancia.

Hay muchos aspectos en cuanto al uso de estas mediciones. Las mediciones son una parte tan integral de nuestras vidas que casi siempre nos apoyamos en ellas casi sin darnos cuenta. Sin embargo, debido a la función que desempeñan las tecnologías modernas en nuestra cotidianidad, la exactitud y confiabilidad de estas mediciones exigen su mejora continua. Pero para la medición estemos conscientes del grado en que nuestro mundo moderno altamente tecnológico depende del sistema internacional que, a su vez, garantiza que podamos realizar de manera confiable las mediciones que necesitamos. (Importancia tiene la Metrología , 2019).

1.2 Clases de metrología

Dependiendo de su aplicación y el sector en el que se vea abordada, así como el uso que se le fuere a conferir, la metrología puede clasificarse de la siguiente manera:

1.2.1 Metrología Científica

Esta rama se encarga de la investigación, del descubrimiento y desarrollo de técnicas de medición, así como de la definición de los patrones primarios,

también es la encargada de custodiar, mantener y garantizar la trazabilidad de los patrones.

Es aquí donde nace la parte teórica de la metrología y la parte práctica que sustenta dichas teorías; en este punto es donde se crean los fundamentos que posteriormente permitirán la estandarización. El ejemplo más claro de metrología científica es la oficina internacional de pesas y medidas - BIPM. (Carvajal, 2023)

1.2.2 Metrología Legal

Esta rama es la encargada de la estandarización y de velar por el cumplimiento de las normas y requisitos técnicos aplicables a las unidades de medida, los equipos de medición y métodos de medición. (Carvajal, 2023)

Es aquí donde se involucran las leyes y normas técnicas. Como ejemplo de metrología legal podemos citar al organismo nacional de acreditación de Colombia, - ONAC, que mediante auditorías de acreditación, garantiza que los laboratorios de calibración y ensayo (entre otros tipos de entidades) cumplen a cabalidad con los requisitos técnicos que les son aplicables según los servicios que brindan, demostrando así su competencia técnica. (Carvajal, 2023)

1.2.3 Metrología Industrial

Esta es la parte práctica de la metrología, aquí es donde las empresas manufactureras cumplen el papel más importante.

Toda empresa fabricante de partes utiliza equipos de medición, algunos de estos se usan para control del proceso de fabricación y otros para verificar el cumplimiento de las especificaciones en el producto final; en este orden de ideas, es de vital importancia que estos equipos de medición sean utilizados por personal capacitado y que dichos equipos sean idóneos para su uso previsto; en este punto los términos: calibración, tolerancia, error, incertidumbre etc. juegan un rol de suma importancia para la toma de decisiones basadas en hechos y datos. (Carvajal, 2023)

La metrología se clasifica de acuerdo a la técnica de medición que se use ya que tiene un amplio campo de uso y algunos ejemplos son:

1.2.3.1 Metrología Eléctrica

En la metrología eléctrica podemos encontrar las **Mediciones Electromagnéticas** las cuales tienen como función el desarrollo, establecimiento, mantenimiento y mejora de los patrones nacionales de las magnitudes eléctricas y magnéticas. Se encuentran también las de **Tiempo y Frecuencia** teniendo estas como función establecer, mantener y mejorar los patrones nacionales de tiempo y frecuencia. Por último, tenemos también las **Termometría** que está en todos los sectores industriales que realizan mediciones de temperatura por diversos medios, ya que el control y la medición de temperatura son actividades fundamentales para la determinación de la calidad de los productos de las industrias electrónica, química, farmacéutica, bioquímica, metalúrgica, alimentos y otras.(Esquivel, 2015)

1.2.3.2 Metrología física

En esta metrología, es la que se encarga de establecer y mantener los patrones nacionales en los campos de fotometría (la candela), radiometría, espectrofotometría, polarimetría, refractometría, optoelectrónica y fibras ópticas se denomina **Óptica y radiometría**, así como la que se encarga de los patrones nacionales de aceleración y acústica que, a través de las diferentes cadenas de diseminación, tienen impacto en mediciones que repercuten en la productividad de la planta industrial y en otros campos de actividad, como el comercio, la salud, la seguridad y la higiene en la sociedad es la de **Vibraciones y acústica**.(Esquivel, 2015)

1.2.3.3 Metrología de materiales

Dentro de esta metrología se encuentra la de medición de **materiales metálicos** la que tiene entre sus principales actividades el desarrollo, establecimiento y mantenimiento de los sistemas primarios para la certificación de materiales, también encontramos la de **Materiales Cerámicos y Materiales Orgánicos**. La primera en las dos últimas décadas ha atestiguado marcados avances en la tecnología de materiales duros no metálicos, por medio del refinamiento de productos existentes, la segunda mencionada realiza y certifica materiales de

referencia relacionados con aplicaciones en salud higiene industrial, ambiente, alimentos y agricultura, materias primas y productos industriales, combustibles y gases. (Esquivel, 2015)

1.2.3.4 Metrología mecánica

Esta metrología cuenta con cuatro factores fundamentales **Masa y Densidad, Fuerza y Presión, Flujo y Volumen, Dimensional**. La primera mantiene los patrones nacionales correspondientes a las magnitudes de masa y densidad, la segunda es responsable de los patrones de las magnitudes de fuerza, par torsional, dureza, tenacidad, presión absoluta, presión relativa y vacío, la tercera tiene importantes repercusiones económicas en muchos sectores de la sociedad. Para satisfacer los requerimientos de exactitud en esta magnitud física, en la división de Metrología de flujo y volumen del CENAM se mantienen los patrones nacionales de flujo de gas, flujo de líquidos, volumen y viscosidad. La cuarta es básica para la producción en serie y la intercambiabilidad de partes. Con tal propósito esta división tiene a su cargo los patrones nacionales de longitud y ángulo plano. (Esquivel, 2015)

1.3 Factor Dimensional en la Metrología Mecánica.

En la asignatura Mediciones Técnicas la metrología que más está presente es la dimensional ya que es la ciencia que trata de medidas de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para efectuarlas. Abarca varios campos, tales como metrología térmica, eléctrica, acústica, dimensional.

La metrología dimensional se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares (longitudes y ángulos). Se aplica en la medición de longitudes (exteriores, interiores, profundidades, alturas) y ángulos a si como de la evaluación del acabado superficial.

Gran parte de la industria y la tecnología se basa en la medición de longitud, desde el hilo de rosca en una tuerca y el tornillo de precisión de piezas mecanizadas en los motores de automóviles hasta las diminutas estructuras de los microchip.

La unidad de magnitud de longitud, es el metro (m), una de siete unidades base del sistema internacionalmente de unidades (SI).

Cuando hablamos de la magnitud de dimensional, hablamos de una magnitud que mantiene un alto impacto en la industria de la manufactura, ya que las dimensiones y la geometría son las características esenciales del producto de este tipo de industria. (Buenas Tareas, 2014)

1.3.1 Factor dimensional, objetivos, alcance y aplicaciones.

1.3.1.1 Objetivo.

El objetivo principal es asegurar la precisión y la exactitud en las mediciones es de las dimensiones de objetos, piezas o componentes, ya que cuando hablamos de “dimensional” nos referimos a medidas que abarcan longitudes, alturas, espesores, diámetros u otras características lineales de un objeto. El propósito fundamental de la metrología dimensional es garantizar que las mediciones sean confiables, consistentes y cumplan con las especificaciones requeridas.

1.3.1.2 Aplicaciones.

Esta tiene una amplia gama de aplicaciones en diversos campos. Su capacidad para garantizar mediciones precisas y confiables hace que sea fundamental en numerosas industrias y disciplinas. A continuación, se mencionan algunas de las aplicaciones más relevantes.

Aplicaciones	
Fabricación y control de la calidad	En el ámbito de la fabricación, la metrología dimensional desempeña un papel crucial en el control de calidad. Esto incluye la inspección de piezas mecanizadas, estampadas, moldeadas por inyección y fabricadas por aditivos para verificar que cumplan con las tolerancias y especificaciones requeridas.
Industria Aeroespacial y	En esta aplicación es esencial, donde la precisión y la

Automotriz	fiabilidad son fundamentales. Se utiliza para verificar componentes críticos, como turbinas de avión, motores, piezas de chasis y sistemas de propulsión.
Tecnologías Médicas	Aquí se utiliza para garantizar la precisión y la calidad de productos como prótesis, implantes quirúrgicos y dispositivos médicos. Estas aplicaciones requieren mediciones precisas para garantizar la seguridad y la eficiencia de los productos médicos.
Investigación y Desarrollo	En entornos de investigación y desarrollo, la metrología dimensional se utiliza para caracterizar y medir componentes y materiales en una variedad de campos científicos y tecnológicos, como la física, la ingeniería de materiales y la nanotecnología.
Industria Electrónica	Se aplica para garantizar la precisión en la fabricación de circuitos impresos, microchip y otros componentes de alta tecnología.
Arquitectura y construcción	Es fundamental en la fabricación de componentes estructurales y para el control de calidad en proyectos de gran escala garantizando su precisión.
Industria de Energía y Petroquímica	Se utiliza para la inspección de componentes críticos en turbinas, estructuras de plataformas petroleras, así como para el control de calidad en la fabricación de equipos y maquinaria.

Tabla 1: Aplicaciones de la metrología

Estas aplicaciones de la metrología dimensional, ilustra su importancia en una amplia variedad de campos, ya que esta tiene la capacidad de realizar

mediciones precisas y confiables que es fundamental en la calidad, seguridad y fiabilidad en la fabricación y la ingeniería en general.

1.3.1.3 Alcance

El alcance de la metrología dimensional es amplio pues abarca múltiples aspectos en diversas industrias y disciplinas.

- **Control de Calidad**

Se utiliza en la fabricación de evidenciado en las diferentes mediciones precisas que se efectúan de dimensiones claves para verificar que las piezas o componentes cumplan con las especificaciones requeridas.

- **Tolerancia y ajustes de componentes**

En la ingeniería de diseño y fabricación el papel que desempeña la metrología dimensional es en la gestión de tolerancias y el ajuste preciso de componentes para garantizar la funcionalidad de los conjuntos y subconjuntos.

- **Verificación de Piezas Producidas**

En este caso es utilizada esta rama para verificar la precisión de de piezas producidas, desde pequeños componentes hasta estructuras de gran escala, asegurando que cumplan con los estándares de calidad y de diseño.

- **Interoperabilidad y ensambles**

Es esencial para garantizar la intercambiabilidad y el ensamblaje preciso de componentes, incluidas piezas producidas por diferentes fabricantes.

- **Desarrollo de Estándares y Normativas**

Contribuye al desarrollo y mantenimiento de estándares de calidad y normativas relacionadas con tolerancias, mediciones dimensionales y prácticas de metrología en diferentes industrias y sectores.

- **Innovación y Avances tecnológicos**

Impulsa la innovación y los avances tecnológicos al proporcionar mediciones precisas que son fundamentales para el desarrollo de nuevas tecnologías y productos.

- **Investigación y Caracterización**

En este ámbito de la investigación se utiliza para caracterizar materiales, componentes y estructuras en una amplia gama de campos científicos y tecnológicos.

- **Mejora Continua**

Ayuda en la mejora continua de los procesos de fabricación al permitir la identificación de desviaciones, tendencias y áreas de mejora a través de análisis dimensional.

En resumen, el alcance de la metrología dimensional es integral en la fabricación, el diseño, la investigación y el aseguramiento de la calidad en una amplia variedad de industrias, ya que garantiza la calidad y funcionalidad de los productos y componentes en el mundo moderno.

1.4. Tipos de instrumentos de medición dimensional.

Los instrumentos de medición en la metrología dimensional se pueden clasificar de las siguientes formas: (Esquivel, 2015)

Por el tipo de medición que realizan:



Figura 1: Clasificación de instrumentos de medición dimensional.



Figura 2: Clasificación de instrumentos de medición dimensional.

1.5. Instrumentos de medición directa existentes en el laboratorio

El laboratorio de la universidad de Cienfuegos cuenta con un equipamiento de instrumentos de medición directa los cuales se utilizarán para las prácticas de laboratorio de los estudiantes, a continuación se mencionan algunas características de algunos instrumentos de medición.

1.5.1 Calibrador tipo vernier o pie de rey.

El calibrador tipo vernier, también conocido como vernier ó pie de rey, es un instrumento muy difundido en la industria, con él se miden características de longitud: exteriores, interiores o de profundidad. Esto lo hace un instrumento muy empleado para mediciones preliminares y, si las tolerancias lo permiten, para el control de ciertas longitudes. (Muñoz, 2001)



Figura 3: Calibrador de vernier de “modelo de mauser o pie de rey”.

El principio de Vernier puede aplicarse para aumentar la aproximación y consta de una escala principal y una de vernier. El calibrador de vernier de “modelo de mauser o pie de rey” tiene capacidad para tomar medidas interiores, exteriores y de profundidad.

El calibrador tiene generalmente tres secciones de medición (**Figura 4**).

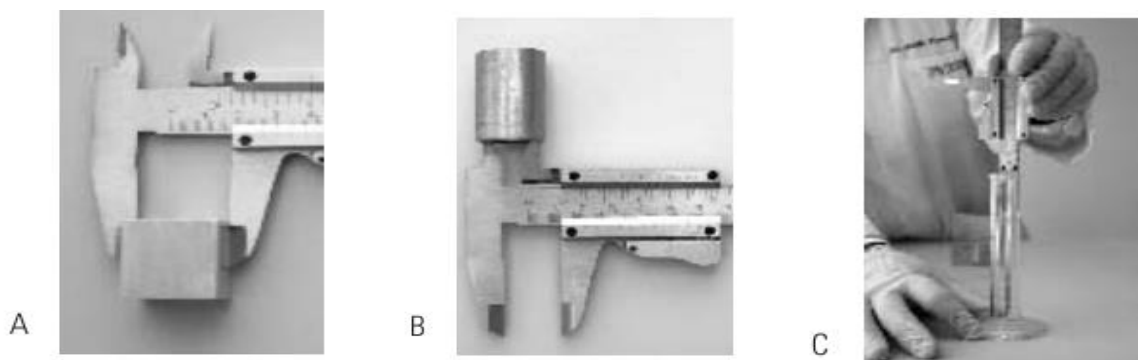


Figura 4: Secciones de medición de un calibrador con vernier.

A = para medir dimensiones exteriores.

B = para medir dimensiones interiores.

C = para medir profundidad.

Las siguientes longitudes de calibradores se usan ampliamente:

Sistema métrico: 150 mm, 200 mm, 300 mm

Sistema inglés: 6 in, 8 in, 12 in (Esquivel, 2015)

1.5.1.1 Partes de un vernier o pie de rey

Las principales partes de un pie de rey son las siguientes:

1. Regla principal

Es la parte del pie de rey larga y plana del calibrador que contiene la escala métrica y/o imperial. La regla principal suele tener marcas cada centímetro o pulgada para facilitar las mediciones. (Guzmán, 2023)

2. Mordazas superiores

Son las dos mandíbulas ubicadas en la parte superior del calibrador. Estas mordazas del pie de rey se utilizan para medir el diámetro exterior de objetos como tornillos o tubos. (Guzmán, 2023)

3. Mordazas inferiores

Son las dos mandíbulas ubicadas en la parte inferior del pie de rey. Estas mordazas se utilizan para medir el diámetro interior de objetos como tuercas o agujeros. (Guzmán, 2023)

4. Vernier

Es una escala deslizante que se mueve a lo largo de la regla principal. El vernier tiene marcas adicionales más pequeñas que permiten mediciones más precisas. (Guzmán, 2023)

5. Cursor

Es la parte móvil que sostiene el vernier y se desliza a lo largo de la regla principal. El cursor se utiliza para ajustar la posición del vernier y alinear las mordazas del pie de rey correctamente con el objeto que se va a medir. (Guzmán, 2023)

6. Tornillo de bloqueo

Es un tornillo ubicado en el extremo del calibrador que se utiliza para fijar el cursor en su lugar una vez que se ha realizado una medición. (Guzmán, 2023)

7. Nonio

Es una escala adicional que se encuentra en el vernier y permite leer mediciones aún más precisas. El nonio proporciona una fracción de medida que se suma a la escala principal. (Guzmán, 2023)

8. Aguja de interiores

Sirve para medir profundidades. Es una varilla de acero que se alarga cuando se abren las mordazas. La medida se toma desde la parte baja de la regla hasta la punta de la aguja. (Guzmán, 2023)

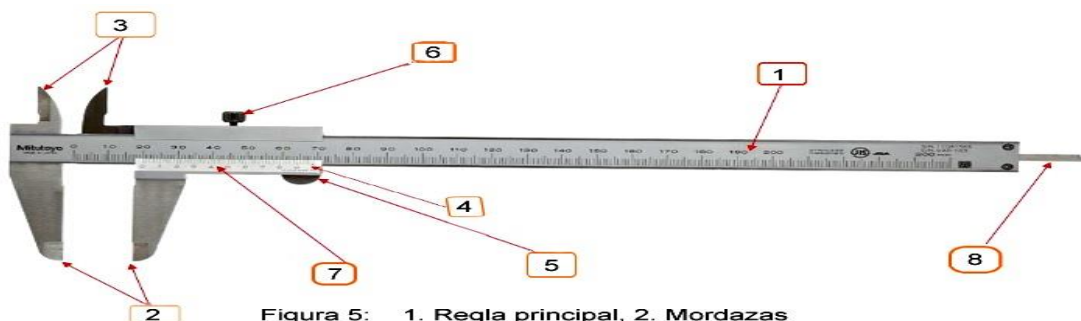


Figura 5: 1. Regla principal, 2. Mordazas superiores, 3. Mordazas inferiores, 4. Vernier, 5. Cursor, 6. Tornillo de bloqueo, 7. Nonio, 8. Aguja de interiores

1.5.1.2 Tipos de Vernier o Pie de Rey

Mencionaremos algunos tipos de Vernier que existen

Vernier de botón

En lugar de contar con un tornillo de fijación, cuenta con un botón que facilita el manejo del cursor. Se desliza suavemente cuando el usuario presiona el botón y se ajusta con firmeza cuando lo suelta. (Diferentes tipos de Vernier, 2017)



Figura 6: Calibrador con vernier con botón.

Vernier de carátula

Es aquel que determina la lectura mediante una aguja ubicada en una escala circular. Esto agiliza la medición. Son más costosos que el modelo estándar y

solo refleja la medida en un tipo de escala, milímetros o pulgadas. (Diferentes tipos de Vernier, 2017)



Figura 7: Calibrador con vernier de carátula.

Vernier con tornillo de ajuste

Está equipado con un tornillo de ajuste que se utiliza para mover el cursor lentamente cuando se usa como un calibrador fijo y permite el ajuste fácil del cursor. (Esquivel, 2015)



Figura.8: Calibrador con vernier con tornillo de ajuste.

1.5.2 Micrómetro

Un micrómetro también conocido como tornillo de palmer es un instrumento de medida de longitud en el sistema métrico que equivale a una millonésima parte de un metro, es decir, 0.000001 metros. También se le conoce como micra o micrón. El símbolo para el micrómetro es « μm », donde el símbolo « μ » se llama «mu» y representa el prefijo «micro,» que denota una escala de un millón.

El micrómetro se utiliza comúnmente en la ciencia, la tecnología y la industria para medir distancias extremadamente pequeñas, especialmente en el ámbito de la microscopía, la nanotecnología y la metrología. Por ejemplo, el tamaño de las células individuales, partículas microscópicas y características de dispositivos electrónicos se mide a menudo en micrómetros.

Es importante destacar que el micrómetro es una de las unidades de medida más pequeñas en el sistema métrico y se utiliza para describir longitudes a una escala microscópica. En resumen, un micrómetro es una unidad de medida de longitud que se utiliza para describir distancias extremadamente pequeñas,

siendo una millonésima parte de un metro o 0.000001 metros. (Revista Española de Electrónica, 2022)



Figura: 9 Micrómetro

1.5.2.1 Partes de un micrómetro

El micrómetro tiene siete partes muy diferenciadas. A continuación nos referiremos ha ellas:

1. Cuerpo

Forma la estructura del micrómetro y suele estar recubierto de un aislante térmico que evita la dilatación del material. (Villanueva, 2022)

2. Tope

Es el punto de apoyo fijo para las piezas que vas a medir. Para asegurarte de que el micrómetro está bien calibrado, pon la espiga (3) tocando el tope, la medida que debe dar el micrómetro en ese punto debe ser cero. (Villanueva, 2022)

3. Espiga

Es la parte móvil que, junto al tope (2), indica la medida en el micrómetro. Tanto el tope como la espiga son de acero templado para evitar desgastes o torsiones que falseen la medición. (Villanueva, 2022)

4. Fijador

Esta palanca fija la espiga para asegurar la medida tomada. Se utiliza cuando no se puede ver la medida con el micrómetro situado en la pieza, antes de retirar el micrómetro de la zona a medir debemos fijar la espiga. (Villanueva, 2022)

5. Trinquete

El trinquete limita la fuerza que ejerces en la medición. Es muy útil si el micrómetro se encuentra en manos inexpertas con falta de tacto. (Villanueva, 2022)

6. Tambor móvil

Se desplaza en consonancia con la espiga (3). En el tambor se encuentra una escala de 50 divisiones. Cada división es una centésima de milímetro, con lo que con cada vuelta del tambor móvil la espiga se desplaza 0,5 mm. (Villanueva, 2022)

7. Tambor fijo

El tambor fijo está unido al cuerpo (1) y es donde se encuentra una escala de 25 mm. Esta escala puede variar dependiendo del tamaño del micrómetro, de 0 a 25, de 25 a 50, y así hasta la medida que necesitemos. (Villanueva, 2022)

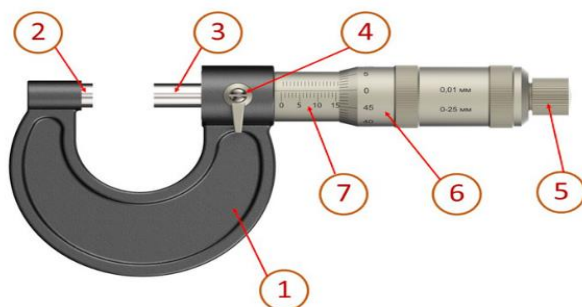


Figura: 10

1. Cuerpo, 2. Tope, 3. Espiga, 4. Fijador, 5. Trinquete, 6. Tambor móvil, 7. Tambor fijo

1.5.2.2 Algunos tipos de micrómetros

Podemos encontrar diferentes tipos de micrómetros cada uno tiene algunas variaciones en la estructura principal. Es decir que dependiendo de la aplicación para la que utilicemos este instrumento también tiene una variación en cuanto a

su nombre, por ejemplo micrómetro para exteriores, o micrómetro para interiores. (Ingeniería Mecafenix, 2022)

Exteriores

Sirven para medir cualquier objeto que tenga caras planas en su exterior. (Ingeniería Mecafenix, 2022)



Figura: 11 Micrómetro Exterior

Interiores

Con este podemos hacer mediciones en los interiores de las piezas. (Ingeniería Mecafenix, 2022)



Figura:12 Micrómetro Interior

Profundidades

Como su nombre lo indica sirve para medir las profundidades de agujeros, ranuras, chavetas, etc. (Ingeniería Mecafenix, 2022)



Figura: 13 Micrómetro de Profundidad

1.5.3 Proyector de Perfiles

Los proyectores de perfil son herramientas de medición óptica que se encargan de aumentar las características de la superficie de una muestra para permitirnos su medición en una escala lineal y/o circular. (demaquinasyherramientas, 2011)

Es un instrumento de medición auxiliar básico, cuya función es medir dimensiones y formas, por amplificación óptica. Se utiliza cuando debemos realizar mediciones o ver detalles de elementos pequeños, no pudiendo utilizar los elementos de medición habituales. Este instrumento puede ampliar en 50, 100 ó 200 veces el tamaño de la pieza. Se realizan medidas directas por proyección del perfil. (demaquinasyherramientas, 2011)

Además de las cabezas micrométricas para tomar medidas longitudinales, se pueden obtener también medidas angulares mediante una pantalla giratoria.

Posee dos sistemas de iluminación:

1. Sistema de Proyección: en el cual el haz luminoso cae sobre la pieza, proyectando su contorno en la pantalla.
2. Sistema de Reflexión: en el cual el haz luminoso cae sobre una cara plana y pulida de la pieza, reflejando su imagen en la pantalla.

En un proyector de perfil es más común utilizar el Sistema de Proyección, al ser de mayor precisión que el Sistema de Reflexión (éste es usado generalmente en los microscopios). (demaquinasyherramientas, 2011)



Figura: 13 Proyector de perfiles

1.5.3.1 APLICACIONES:

Los proyectores de perfil son robustas herramientas de medición usadas comúnmente en los talleres de torno, departamentos de control de calidad y ocasionalmente en las áreas de ensamblado. Ellos son apropiados para medición y control de calidad para un amplio rango de tamaños y pesos de objetos. El uso más básico de un proyector de perfiles es identificar un punto o borde en la sombra y desde este punto calcular una longitud. (Técnica En Laboratorios, S.A., 2023)

Aumentando la imagen, el operador tiene a cometer menos errores cuando debe decidir dónde empieza un punto o un borde. Las imágenes de perfil también se pueden usar para hacer una decisión sencilla alto/adelante, por ejemplo, empatando una imagen contra un estándar para determinar si la parte se ha hecho correctamente. (Técnica En Laboratorios, S.A., 2023)

1.5.3.2 Cómo funciona un Proyector de Perfil

Hay tres formas de realizar una medición con el proyector de perfil.

1. Medir la pieza sobre la pantalla, con una escala graduada. Al dividir la lectura por la amplificación de la lente, el resultado será la dimensión «real» de la pieza medida.
2. Comprobar la imagen de la pieza en la pantalla con una plantilla estándar y comprobar si cumple con las tolerancias.
3. Nivelar un eje de la pantalla con un lado de la pieza y desplazar la mesa con una de las cabezas micrométricas, hasta nivelar el mismo eje con la otra cara de la pieza a medir. La lectura nos da el desplazamiento realizado con la cabeza micrométrica.

Para medir ángulos se alinea un vértice del ángulo a medir con uno de los ejes de la pantalla y se gira la pantalla hasta que el eje se alinee con el otro vértice del ángulo. La lectura se realiza sobre la escala graduada en grados de la pantalla giratoria. (demaquinasyherramientas, 2011)

Debemos asegurarnos que hemos seleccionado la lente correcta para cada amplificación en función de la precisión requerida.

En la actualidad existen proyectores de perfil que se conectan a dispositivos electrónicos de toma de datos, esto permite la medición exacta sin la necesidad de usar la tradicional cabeza micrométrica. Además, accesorios como los sensores ópticos y las cámaras de alta resolución pueden adaptarse para lograr una mayor precisión eliminando la necesidad de toma de datos visual, dejando el trabajo duro en manos de estos dispositivos. (demaquinasyherramientas, 2011)

Conclusiones parciales.

1. Se realizó búsqueda bibliográfica encontrándose abundante información sobre los principales conceptos de Metrología Dimensional. Existen disímiles conceptos que definen la metrología dimensional y la herramienta adecuada para hacer mediciones depende de los requisitos de precisión, el tipo de medición y las características de la pieza que se va a inspeccionar, entre otros aspectos.
2. Se reflejan los aspectos más generales de los medios de medición que serán empleados en las mediciones, donde se incluyen instrumentos y máquinas de medición.

CAPITULO 2: Habilidades a obtener con el empleo del equipamiento existente en el laboratorio de Mediciones Técnicas. Ejemplo de utilización de algunos medios.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se muestra la relación entre las habilidades de la carrera de ingeniería mecánica, la disciplina procesos tecnológicos y la asignatura mediciones técnicas y como a través de la utilización de parte del equipamiento existente en el laboratorio de Mediciones Técnicas, se pueden cumplir algunas de estas habilidades relacionadas Para ello se realizaron un conjunto de mediciones empleando algunos medios de medición existentes como son el pie de rey digital, el micrómetro mecánico de 0-25 mm, calibres para la medición de roscas y el proyector de perfiles.

2.1 La formación y desarrollo de habilidades.

2.1.1 La formación y desarrollo de habilidades en el proceso docente educativo.

En una línea de pensamiento similar a la desarrollada entre el concepto y la convicción, podemos plantear que el dominio por el estudiante, va conformando en este sus capacidades, es decir, el complejo de cualidades de la personalidad que posibilitan al ser humano el dominio de las acciones; sin embargo, tanto la convicción como la capacidad son complejas de la personalidad que se van conformando en un todo único de interinfluencias.

La formación de habilidades constituye uno de los objetivos fundamentales del proceso docente – educativo, siendo estas las que permiten al hombre poder realizar una determinada tarea y su éxito depende del grado de desarrollo que se posea.

Las habilidades forman parte del contenido de una asignatura. Ellas caracterizan las acciones que el estudiante realiza al interactuar con el objeto de estudio, los desarrollos de las mismas permiten la asimilación del conocimiento, a la vez que con el aprendizaje y la aplicación de lo aprendido se desarrollan habilidades, es

decir, gracias a ella el estudiante se pone en contacto con el objeto que estudia, lo va asimilando.

Las habilidades constituyen la relación del hombre y su elemento rector es el motivo, o sea, la necesidad de realizar algo, por lo que es el dominio de las técnicas de la actividad tanto cognitivas como prácticas (Felipe & Fernández 2004).

2.1.2 La formación y desarrollo de habilidades en el laboratorio de Metrología dimensional.

“Aprender a aprender” es una frase que en los últimos años ha sido tomada como premisa básica para el diseño de los planes y programas de estudio de las instituciones educativas; es obvio que esto realmente es importante e interesante para mejorar la calidad educativa, pero cabe preguntar ¿Qué es lo que el estudiante debe aprender en un laboratorio de Metrología dimensional y cuáles son las habilidades que debe desarrollar? (Reguera, 2019)

La formación y desarrollo de habilidades en el laboratorio de Metrología dimensional consiste en proporcionar a los usuarios un desarrollo de habilidades con un aprendizaje cognoscitivo entre las que se destacan:

- Saber seleccionar las mediciones necesarias a realizar para asegurarse de la calidad de la pieza.
- Saber utilizar los métodos de medición más correctos según las condiciones presentes en la magnitud a medir.
- Saber seleccionar el equipamiento adecuado en dependencia del tipo de medición a realizar y la precisión esperada.
- Saber comprobar la calibración de los instrumentos, que se ajuste a los requerimientos técnicos.
- Saber realizar análisis de qué tipo de calificación debe tener el operario que realizará las mediciones y si este satisface los requerimientos para la misma.

- Saber verificar las condiciones medio ambientales relacionadas con presencia de polvo, iluminación correcta, humedad dentro de los parámetros permisibles, así como trabajar con valores de temperatura dentro de los límites de la temperatura de referencia.
- Adquirir habilidades en el manejo o manipulación de los instrumentos.
- Adquirir habilidades en la utilización del sistema internacional de unidades al expresar los valores de las mediciones.
- Saber realizar lecturas en gráficos, curvas, etc. en instrumentos que den esa posibilidad, así como en tablas cuando sea necesario.
- Adquirir habilidades en el análisis de los resultados de las mediciones, con el objetivo de poder determinar que errores están presentes y si son del tipo sistemático tratar de controlarlos.
- Lograr habilidades en el cumplimiento de las medidas de protección e higiene del trabajo.
- Adquirir habilidades en la culminación de las prácticas, en la limpieza de superficies tanto de los instrumentos como de las piezas y aplicar capas protectoras. Tener presente indicaciones del fabricante para algunas superficies de instrumentos sensibles.

2.1.3 Habilidades de la carrera Ingeniería Mecánica.

1. Realizar cálculos mecánicos, hidráulicos, térmicos, eléctricos básicos, y económicos de instalaciones industriales y de servicios.
2. Planificar, organizar y controlar la explotación, mantenimiento y reparación de máquinas e instalaciones industriales y de servicios.
3. Evaluar técnica y económicamente los principales indicadores de explotación y la gestión de mantenimiento de las máquinas, equipos e instalaciones tanto del sector industrial como en el de los servicios.
4. Diseñar y/o proyectar partes y piezas de máquinas, redes técnicas y procesos tecnológicos para la fabricación y reacondicionamiento de piezas y sistemas de

mantenimiento que permitan la utilización adecuada de las máquinas, equipos e instalaciones a cargo del Ingeniero Mecánico.

5. Seleccionar máquinas, equipos y componentes comercialmente apropiados para el diseño, mantenimiento, fabricación y/o reacondicionamiento de sistemas afines a la profesión en el sector industrial y de servicios.
6. Diagnosticar y evaluar el estado técnico de los equipos y máquinas utilizando los sentidos y/o el equipamiento especializado, con el apoyo de los medios informáticos, determinando los principales fallos y dando las formas de solución.
7. Seleccionar motores de combustión interna, eléctricos, elementos de transmisión y transportadores, así como accesorios para redes técnicas.
8. Seleccionar dispositivos universales para máquinas herramientas de corte.
9. Planificar, organizar y controlar el trabajo de las máquinas, equipos e instalaciones.
10. Utilizar manuales, catálogos y normas.
11. Confeccionar e interpretar croquis, planos y esquemas.
12. Emplear las técnicas modernas de computación como herramientas de trabajo.
13. Utilizar los servicios de ICT que se ofrecen en los centros especializados y las TIC como nuevas vías de accesos, procesamiento, comunicación y uso de la información como medios para la transformación en la relación conocimiento proceso de aprendizaje.
14. Investigar, usando métodos científicos y técnicas experimentales, en las ramas de la ingeniería mecánica.
15. Utilizar y aplicar los medios y normas de P.H.T. al hombre y al medio ambiente en el marco del desarrollo sostenible.
16. Interpretar el desarrollo científico tecnológico desde una visión humanista en la que la racionalidad en el uso de los recursos humanos y materiales, el cuidado al medio ambiente y la preservación de los principios éticos de la sociedad.

- 17.Desarrollar una elevada capacidad de comunicación en su lengua materna y en idioma inglés que le permita insertarse adecuadamente en el mundo contemporáneo.
- 18.Utilizar las técnicas de dirección, de trabajo en grupo y de cálculo económico.
- 19.Emplear las leyes sobre la protección y defensa de las instalaciones industriales y de servicios y objetivos económicos en general.
- 20.Dominar los métodos y técnicas deportivas que le permitan al estudiante preservar su salud física y mental.
- 21.Establecer relaciones humanas que le permitan desenvolverse en el ámbito profesional del ingeniero mecánico, acorde a las normas y principios del proyecto social cubano.
- 22.Desarrollar una formación pedagógica básica que lo capacite para desarrollar actividades en los programas de la batalla de ideas.
- 23.Aplicar elementos jurídicos esenciales relacionados con los modos de actuación del profesional de la ingeniería mecánica.
- 24.Aplicar las normas básicas de instalación y operación de las principales máquinas, aparatos y equipos relacionados con la profesión.

2.1.4 Habilidades de la Disciplina procesos tecnológicos.

1. Identificar los tipos de intercambiabilidad y aplicar los sistemas normalizados de ajuste.
2. Determinar los errores cometidos en las mediciones, aplicando métodos estadísticos para su control.
3. Identificar los métodos y medios de medición utilizados para el control de las dimensiones y posiciones relativas de las principales uniones mecánicas.
4. Seleccionar los métodos de medición para el control de la calidad de las principales uniones mecánicas.

5. Calcular los elementos de las cadenas dimensionales para garantizar los niveles de intercambiabilidad necesarios.
6. Identificar conceptos básicos sobre los sistemas de control de calidad de las piezas.
7. Identificar las estructuras que caracterizan cada grupo de materiales empleadas en la Ingeniería estableciendo la relación que existe entre estructura, composición química y propiedades.
8. Clasificación de materiales con las tendencias actuales de uso más frecuente en las Industrias Mecánicas.
9. Seleccionar el material y sus mecanismos de fortalecimiento según las condiciones de explotación y los requerimientos tecnológicos dados, teniendo en cuenta la efectividad económica.
10. Utilizar los métodos de control de estructura y propiedades mecánicas, estáticas y dinámicas.
11. Identificar las fallas y rotura que ocurren en los materiales, relacionándolas con sus causas y proponiendo medidas para evitarlas.
12. Identificar los mecanismos de fortalecimiento aplicados a los materiales.
13. Identificar el tipo de reacción mediante métodos de análisis visual y metalográfico.
14. Utilizar programas de computación en la construcción y ejercitación de diagramas de fases, en la aleación de materiales y sus tratamientos a someter.
15. Seleccionar las herramientas y parámetros del régimen de corte en las máquinas herramientas.
16. Determinar la secuencia de elaboración en la producción de piezas por torneado.
17. Elaborar programas de CNC para el torneado de piezas en máquinas del tipo torno.

18. Identificar el proceso de conformación y sus características. Forja libre, piezas que se producen, características, dimensiones y herramientas que se emplean. Forja en estampas, tipos de procesos, características de las piezas estampadas, formas iniciales, distribución de masas, máquinas para la forja estampado y corte de la chapa, troquelado, punzonado, procesos de enrollado, rebordeado, perfilado y engrapado.
19. Seleccionar los materiales de aportación para uniones o rellenos en la soldadura.
20. Seleccionar el tipo de soldadura a ejecutar y calcular el régimen de trabajo de los procesos.
21. Identificar las máquinas y equipos de soldar y sus aplicaciones.
22. Determinar el método de control de la soldadura en función del tipo de defecto y medidas a aplicar para evitarlo.
23. Identificar los procesos de fundición y su aplicación.
24. Identificar los procedimientos de moldeo y su aplicación.
25. Ejecutar el proceso de moldeo manual de piezas simples.
26. Identificar pasos y acciones relacionadas con el proceso de colada.
27. Identificar los defectos más frecuentes en la soldadura y las causas que lo producen.
28. Identificar los medios y medidas de protección e higiene vinculadas a los procesos de soldadura.
29. Identificar los elementos de estos procesos que pueden ser agresivos al medio ambiente

2.1.5 Habilidades a lograr en la asignatura Mediciones Técnicas.

1. Identificar los tipos de intercambiabilidad y aplicar los sistemas normalizados de ajuste.

2. Determinar los errores cometidos en las mediciones, aplicando métodos estadísticos para su control.
3. Identificar los métodos y medios de medición utilizados para el control de las dimensiones y posiciones relativas de las principales uniones mecánicas.
4. Seleccionar los métodos de medición para el control de la calidad de las principales uniones mecánicas.
5. Calcular los elementos de las cadenas dimensionales para garantizar los niveles de intercambiabilidad necesarios.
6. Identificar conceptos básicos sobre los sistemas de control de calidad de las piezas.
7. Identificar los elementos de estos procesos que pueden ser agresivos al medio ambiente.

2.2 Interrelación entre las habilidades de la carrera de Ingeniería Mecánica, las disciplina. Procesos tecnológicos y la asignatura, mediciones técnicas.

Para ver con más claridad la relación entre las habilidades, se confeccionó un gráfico de líneas donde se puede apreciar su vinculación.

Es de destacar que de las habilidades de la carrera 15 están relacionadas con 25 de la disciplina y de esta última hay 7 relacionadas con la asignatura mediciones técnicas que coinciden con el número total de habilidades de la misma. La habilidad 13 de la carrera se encuentra relacionada con las 29 habilidades del sistema de la disciplina.

Este gráfico no es absoluto, tiene muchas aristas por donde se pueden buscar más interrelaciones entre las habilidades en los diferentes niveles, esto se podría lograr con un estudio profundo a nivel de disciplina. (Reguera, 2019)

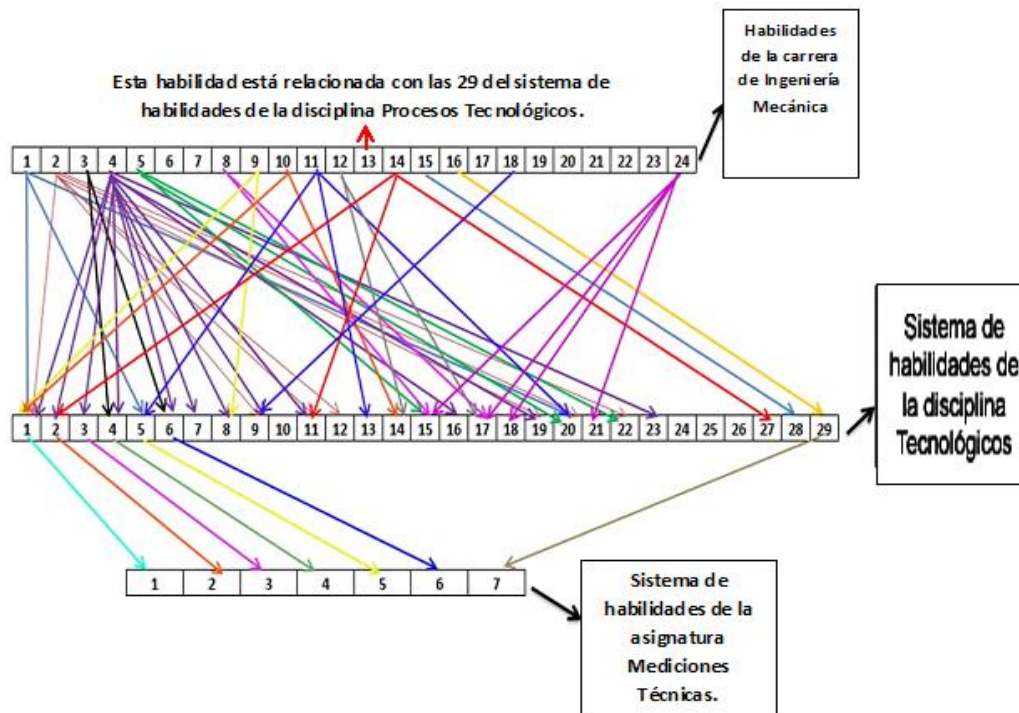


Figura: 14 Interrelación entre habilidades.

Al estudiar las habilidades declaradas para la carrera, se puede deducir que la asignatura mediciones técnicas tributa a un conjunto de estas habilidades y sobre todo a través del empleo de medios de medición que se utilizan en las prácticas de laboratorio.

A continuación, a modo de ejemplo se muestra como se procede para el caso de la medición de algunos parámetros en una unión roscada y que está relacionado con una práctica de laboratorio sobre esta temática utilizando instrumentos de medición y una máquina de medición. Los instrumentos fueron el micrómetro para exteriores de rango 0 a 25 con precisión 0,01 mm, el pie de rey digital con precisión 0,01 mm y la máquina de medición fue un proyector de perfiles con precisión superior a la milésima de mm.

Primeramente, se seleccionaron las piezas a medir, para ello, se tomó un lote de seis (6) uniones roscadas, conformadas por un tornillo con rosca exterior y una tuerca con rosca interior, a los cuales se les realizó una muestra de veinticinco (25) mediciones tanto como con los instrumentos de medición como con la

máquina de medición, con esta última se cogió también veinticinco (25) mediciones al paso de la rosca.

De las mediciones realizadas a las seis uniones roscadas se obtuvieron los resultados que aparecen en las (Tablas 2; 3 y 4) correspondientes a la medición del diámetro exterior, realizadas con el pie de rey, el micrómetro y el proyector de perfiles respectivamente, con este ultimo también se realizaron mediciones al paso de la rosca, para ello se utilizó un calibre plano (Tabla 5).

PIE REY Método A						
No,	Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
1	5.79	7.77	9.72	15.92	11.67	9.86
2	5.62	7.55	9.63	15.98	11.69	9.84
3	5.68	7.78	9.71	15.83	11.55	9.86
4	5.70	7.59	9.69	15.9	11.65	9.88
5	5.75	7.66	9.75	15.87	11.62	9.82
6	5.67	7.7	9.66	15.85	11.59	9.87
7	5.80	7.73	9.64	15.92	11.57	9.85
8	5.78	7.68	9.72	15.87	11.6	9.82
9	5.69	7.59	9.7	15.91	11.65	9.86
10	5.71	7.64	9.64	15.89	11.63	9.88
11	5.68	7.74	9.68	15.84	11.59	9.87
12	5.74	7.69	9.71	15.87	11.56	9.86
13	5.70	7	9.67	15.88	11.71	9.85
14	5.69	7.72	9.68	15.93	11.69	9.81
15	5.80	7.68	9.62	15.86	11.59	9.89
16	5.64	7.58	9.74	15.94	11.58	9.82
17	5.78	7.77	9.65	15.83	11.61	9.87
18	5.69	7.63	9.72	15.92	11.68	9.85
19	5.63	7.71	9.69	15.84	11.71	9.89
20	5.75	7.75	9.67	15.87	11.69	9.9
21	5.67	7.68	9.72	15.83	11.7	9.87
22	5.66	7.63	9.65	15.88	11.67	9.86
23	5.78	7.71	9.73	15.86	11.58	9.88
24	5.80	7.69	9.68	15.93	11.59	9.83
25	5.69	7.76	9.63	15.94	11.61	9.87

Tabla 2: Mediciones del diámetro exterior con el pie de rey

MICROMETRO Método B						
No,	Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6

1	5,83	7,8	9,75	15,87	11,64	9,87
2	5,82	7,78	9,77	15,84	11,58	9,84
3	5,79	7,84	9,78	15,9	11,67	9,89
4	5,81	7,81	9,76	15,95	11,71	9,92
5	5,8	7,83	9,66	15,93	11,66	9,9
6	5,78	7,79	9,77	15,88	11,59	9,84
7	5,81	7,81	9,73	15,86	11,7	9,89
8	5,8	7,78	9,75	15,95	11,57	9,92
9	5,84	7,83	9,67	15,89	11,63	9,85
10	5,82	7,82	9,76	15,83	11,71	9,91
11	5,83	7,8	9,65	15,91	11,69	9,88
12	5,81	7,79	9,8	15,87	11,64	9,86
13	5,79	7,84	9,81	15,85	11,7	9,9
14	5,82	7,77	9,72	15,92	11,65	9,85
15	5,84	7,82	9,68	15,88	11,69	9,87
16	5,83	7,83	9,71	15,86	11,71	9,9
17	5,82	7,79	9,66	15,93	11,66	9,86
18	5,8	7,82	9,74	15,85	11,64	9,84
19	5,83	7,8	9,78	15,94	11,67	9,92
20	5,81	7,81	9,79	15,9	11,7	9,89
21	5,79	7,77	9,76	15,87	11,68	9,86
22	5,83	7,82	9,66	15,91	11,69	9,91
23	5,78	7,83	9,69	15,89	11,71	9,85
24	5,82	7,8	9,78	15,92	11,65	9,88
25	5,81	7,79	9,72	15,85	11,7	9,87

Tabla 3: Mediciones del diámetro exterior con el micrómetro

PROYECTOR DE PERFIL Método C						
No,	Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
1	5,801	7,24	9,453	15,839	11,693	9,968
2	5,67	7,792	9,813	15,822	11,046	9,428
3	5,754	7,687	9,754	15,819	11,686	9,868
4	5,691	7,485	9,763	15,845	11,576	9,839
5	5,712	7,169	9,805	15,911	11,612	9,825
6	5,77	7,81	9,692	15,883	11,653	9,907
7	5,712	7,753	9,769	15,925	11,682	9,887
8	5,693	7,695	9,735	15,916	11,579	9,902
9	5,793	7,793	9,815	15,893	11,664	9,873
10	5,661	7,684	9,689	15,81	11,64	9,835
11	5,683	7,803	9,707	15,737	11,581	9,85
12	5,531	7,819	9,743	15,783	11,653	9,901

13	5,497	7,79	9,67	15,881	11,689	9,884
14	5,768	7,663	9,725	15,906	11,664	9,853
15	5,699	7,694	9,793	15,793	11,595	9,876
16	5,545	7,718	9,689	15,765	11,623	9,858
17	5,683	7,704	9,787	15,789	11,649	9,903
18	5,824	7,775	9,699	15,887	11,625	9,867
19	5,815	7,809	9,708	15,759	11,679	9,878
20	5,763	7,804	9,764	15,798	11,681	9,891
21	5,714	7,793	9,527	15,821	11,65	9,876
22	5,653	7,685	9,658	15,859	11,671	9,877
23	5,735	7,784	9,754	15,781	11,638	9,891
24	5,806	7,753	9,798	15,795	11,592	9,887
25	5,845	7,728	9,802	15,932	11,636	9,89

Tabla 4: Mediciones del diámetro exterior con el Proyector de Perfil

PASO DE ROSCA						
No,	tornillo 1	tornillo 2	tornillo 3	tornillo 4	tornillo 5	tornillo 6
1	1,015	1,272	1,493	2,057	1,737	1,501
2	1,054	1,211	1,518	1,959	1,733	1,469
3	1,005	1,218	1,53	1,992	1,779	1,517
4	1,042	1,185	1,431	2,011	1,754	1,527
5	0,988	1,249	1,459	2,012	1,776	1,492
6	0,984	1,193	1,523	2,005	1,798	1,436
7	1,013	1,239	1,473	1,978	1,762	1,445
8	1,008	1,238	1,482	1,983	1,748	1,52
9	1,043	1,235	1,489	2,003	1,783	1,432
10	1,051	1,242	1,439	2,015	1,791	1,459
11	1,009	1,25	1,502	1,994	1,752	1,512
12	1,007	1,198	1,502	2,011	1,759	1,496
13	1,04	1,229	1,471	1,952	1,741	1,478
14	1,012	1,243	1,429	1,974	1,648	1,463
15	0,981	1,239	1,503	2,007	1,712	1,471
16	0,991	1,251	1,445	1,909	1,789	1,501
17	1,008	1,223	1,472	1,992	1,81	1,495
18	1,011	1,191	1,469	2,041	1,792	1,478
19	1,044	1,238	1,458	2,012	1,699	1,502
20	0,985	1,243	1,493	2,009	1,693	1,497
21	0,989	1,252	1,501	2,005	1,78	1,458
22	1,041	1,241	1,488	2,032	1,67	1,488
23	1,024	1,198	1,496	2,12	1,782	1,542
24	1,035	1,251	1,503	2	1,719	1,548

25	0,975	1,249	1,479	1,995	1,801	1,559
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 5: Mediciones del paso de rosca con el proyector de perfiles

Las uniones roscadas ofrecen una metodología flexible y confiable para unir componentes en una variedad de aplicaciones, estas son piezas de cierta complejidad constructiva, donde se pueden apreciar en sus dos elementos que la constituyen, dimensiones fundamentales como el diámetro exterior y el paso de la rosca. A partir de la medición de estas dos magnitudes se pueden determinar por ecuaciones matemáticas

2.3 Ecuaciones Matemáticas

2.3.1 Media Muestral

Para hacer una estimación del valor central de los datos obtenido en las veinticinco (25) muestra se procede a calcular la media muestral de los tres (3) medios de medición, en las seis (6) uniones roscadas incluyendo el paso de rosca, utilizando la siguiente ecuación.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

Ecuación 1

Donde:

$\bar{x}$ --- media muestral

x_i --- es cada una de las muestras

n --- total de muestra

Por otro lado en las (Tablas 6,7 y 8) aparecen los resultados del cálculo de la media muestral ($\bar{X}$) para el conjunto de mediciones realizadas al diámetro exterior, obtenidas con el pie de rey, el micrómetro y el proyector de perfiles respectivamente y en la (Tabla 9) se puede apreciar el valor de la media muestral, para las mediciones del paso de la rosca efectuadas con el proyector de perfiles.

Media Muestral					
$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
5.716	7.657	9.684	15.886	11.631	9.858

Tabla 6: Valores de la media muestral del diámetro exterior con el pie de rey

Media Muestral					
$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
5,812	7,807	9,734	15,890	11,666	9,879

Tabla 7: Valores de la media muestral del diámetro exterior con el micrómetro

Media Muestral					
$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
5,713	7,697	9,724	15,838	11,618	9,861

Tabla 8: Valores de la media muestral del diámetro exterior con el Proyector de Perfil

Media Muestral					
$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
1,014	1,231	1,482	2,003	1,752	1,491

Tabla 9: Valores de la media muestral del paso de rosca

2.3.2 Desviación Estándar

Para tener una idea de cuánto varían los valores del conjunto de datos respecto a la media muestral se procede a calcular la desviación estándar con la siguiente expresión.

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Ecuación 2

Donde

S --- desviación estándar

x_i --- es cada una de las muestras

$\bar{x}$ --- media muestral

$n-1$ --- total de muestra -1

Las (Tablas 10, 11, y 12), corresponden al valor de la desviación estándar de las mediciones realizadas al diámetro exterior, obtenidas con el pie de rey, el micrómetro y el proyector de perfiles respectivamente, así como también en la (Tabla 13) se puede observar el valor de la desviación estándar para las mediciones del paso de rosca efectuado con el proyector de perfiles.

Desviación Estándar					
$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0.057	0.151	0.037	0.041	0.051	0.024

Tabla 10: Valores de la Desviación Estándar del pie de rey

Desviación Estandar

$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,018	0,021	0,049	0,035	0,041	0,027

Tabla 11: Valores de la Desviación Estándar del micrómetro

Desviación Estándar					
$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,090	0,165	0,085	0,058	0,125	0,095

Tabla 12: Valores de la Desviación Estándar del Proyector de Perfil

Desviación Estandar					
$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,024	0,023	0,027	0,038	0,043	0,033

Tabla 13: Valores de la Desviación Estandar del paso de rosca

2.3.3 Resultado Elaborado

El valor del diámetro exterior y el paso de rosca utilizado en las expresiones de cálculo, fue el valor elaborado a partir de esas mediciones y a través de herramientas estadísticas, utilizando el método de Rait

La expresión para el resultado elaborado es la siguiente:

$$RE = \bar{X} \pm T * S \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

RE --- es el resultado elaborado.

$\bar{X}$ --- valor de la media muestral.

T --- coeficiente que tiene en cuenta el porciento de confiabilidad, en este caso T es 3.

S --- desviación estándar.

Finalmente las (Tablas 14, 15 y 16) se muestran los resultados elaborados utilizando el método de Rait con una confiabilidad de 99,73 % para cada uno de las uniones roscadas, utilizando el pie de rey, el micrómetro y el proyector de perfiles respectivamente. En la (Tabla 17) se plasma el resultado elaborado según criterio de Rait con los valores del paso de rosca medido con proyector de perfiles.

Criterio de Rait											
$RE = \bar{X} \pm TS$											
Tornillo 1		Tornillo 2		Tornillo 3		Tornillo 4		Tornillo 5		Tornillo 6	
5,716±3*0,0 57		7,657±3*0,1 51		9,684±3*0,0 37		15,886±0,041		11,631±3*0,0 51		9,858±3*0,0 24	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
5.88 6	5.545	8.110	7.20 4	9.796	9.57 2	16.00 9	15.76 4	11.78 5	11.47 7	9.93 1	9.78 6

Tabla 14: Valores según criterio de Rait en el pie de rey

Criterio de Rait											
$RE = \bar{X} \pm TS$											
Tornillo 1		Tornillo 2		Tornillo 3		Tornillo 4		Tornillo 5		Tornillo 6	
5,812±3*0,0 18		7,807±3*0,0 21		9,734±3*0,0 49		15,890±3*0,0 35		11,666±3*0,0 41		9,879±3*0,0 27	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

5,86 5	5,76 0	7,87 0	7,74 4	9,88 2	9,58 6	15,99 6	15,78 4	11,78 9	11,54 2	9,95 9	9,79 9
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------

Tabla 15: Valores según criterio de Rait en el micrómetro

Criterio de Rait											
$RE = \bar{X} \pm TS$											
Tornillo 1		Tornillo 2		Tornillo 3		Tornillo 4		Tornillo 5		Tornillo 6	
5,713±3*0,0 90		7,697±3*0,1 65		9,724±3*0,0 85		15,838±3*0,0 58		11,618±3*0,1 25		9,861±3*0,0 95	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
5,982	5,44 4	8,193	7,20 2	9,980	9,46 9	16,01 1	15,66 5	11,99 2	11,24 4	10,14 4	9,57 7

Tabla 16: Valores según criterio de Rait en el Proyector de Perfil

Criterio de Rait											
$RE = \bar{X} \pm TS$											
Tornillo 1		Tornillo 2		Tornillo 3		Tornillo 4		Tornillo 5		Tornillo 6	
1,014±3*0,0 24		1,231±3*0,0 23		1,482±3*0,0 27		1,983±0,0 43		1,752±3*0,0 43		1,491±3*0,0 33	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1,086	0,942	1,300	1,162	1,564	1,400	2,11 7	1,88 8	1,880	1,624	1,592	1,391

Tabla 17: Valores según criterio de Rait en el paso de rosca

2.3.4 El diámetro interior y el diámetro medio.

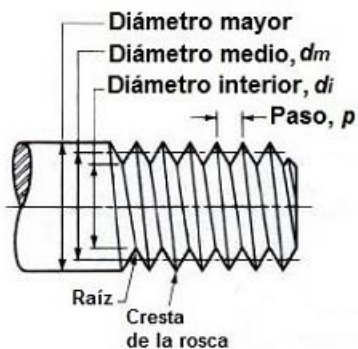


Figura: 15 Diámetro Interior y el Diámetro Medio

Para el diámetro interior:

$$d_1 = D_1 = d - (1.0825p) \quad (\text{mm}) \quad \text{Ecuación 4}$$

Y para el diámetro medio:

$$d_2 = D_2 = d - (0.6495p) \text{ (mm)} \quad \text{Ecuación 5}$$

Según las normas básicas de intercambiabilidad, para el caso de los tornillos con su rosca exterior y que constituye el eje en el ajuste, se le asignan tolerancias de fabricación al diámetro “d₁” o exterior y al diámetro medio “d₂” y para el caso de la tuerca que constituye el agujero del ajuste, se le asignan tolerancias al diámetro interior “D₁” y al diámetro medio “D₂”.

Como se puede apreciar en las ecuaciones 1 y 2

$$D_1 = d_1 \quad \text{y} \quad D_2 = d_2$$

Donde (para los dos diámetros)

d --- en este caso se toma la media muestral

p --- aquí también se toma la media muestral

Se muestra en la (Tabla 18) los resultados obtenidos tanto para el diámetro Interior como para el diámetro medio de las tres formas de medición.

Tornillos	Diámetro Interior (d ₁ ,D ₁)			Diámetro Medio (d ₂ ,D ₂)		
	Pie rey	Micró- metro	Proye- ctor digital	Pie rey	Micró- metro	Proye- ctor digital
	$d_1 = D_1 = d - (1.0825 * p)$			$d_2 = D_2 = d - (0.6495 * p)$		
1	4,618	4,715	4,615	5,057	5,154	5,054
2	6,325	6,474	6,365	6,858	7,007	6,898
3	8,080	8,130	8,120	8,721	8,771	8,762
4	13,718	13,722	13,670	14,586	14,589	14,537
5	9,734	9,769	9,721	10,493	10,527	10,480
6	8,244	8,264	8,246	8,890	8,910	8,892

Tabla 18: Diámetro Interior y Medio

Conclusiones Parciales.

1. Se muestra la relación entre las habilidades de la carrera de ingeniería mecánica, la disciplina procesos tecnológicos y la asignatura mediciones técnicas.
2. Se aplica una metodología para expresar el resultado elaborado de las mediciones de un conjunto de piezas, específicamente, los parámetros fundamentales de una unión roscada, diámetro exterior, diámetro medio, diámetro interior y el paso de rosca, con el auxilio de herramientas estadísticas.

CAPITULO 3: Análisis de los resultados y selección del método correcto..

Introducción

En el presente capítulo se realiza un análisis de forma práctica, teniendo en cuenta los postulados teóricos que se enunciaron en el capítulo anterior, referentes al diámetro exterior de las uniones roscadas. Con respecto a esto, a seis (6) uniones roscadas se les tomó una muestra de veinticinco (25) mediciones utilizando como instrumentos el pie de rey digital, el micrómetro mecánico y el proyector de perfiles. En este sentido, se recurrió al método de Rait como método de comparación.

Además con lo expuesto en el capítulo 2, se crea el manual guía para seleccionar el método más correcto, el cual se emplea en este propio capítulo para determinar el valor real del diámetro exterior. Téngase en cuenta que se habla del valor más cercano posible al valor real, pues prácticamente no es posible obtener el valor de esa magnitud física sin cometer algún tipo de error.

No obstante, siempre existe la posibilidad de que ocurran errores, sobre todo los del tipo aleatorios, por lo que es necesario cumplir una serie de requisitos al realizar un conjunto de mediciones.

3. Requisitos para realizar una correcta medición.

- 1- Utilizar un sistema único de unidades de medida (errores en las conversiones).
- 2- Seleccionar el método, tipo de medición e instrumento adecuado (cantidad de magnitud a medir, exactitud requerida, rapidez).
- 3- Asegurar la exactitud esperada del instrumento (apto).
- 4- Emplear el operario con la calificación requerida.
- 5- Practicar las mediciones en condiciones ambientales.
- 6- Análisis del resultado elaborado.

Después de realizada las 25 mediciones, a cada elemento y determinado el resultado elaborado para la dimensión exterior de cada unión roscada, así como del paso, se procedió a elaborar gráficos de barras (Anexo 1,2,3 y 4), donde pudiera observarse la variación entre cada observación individual, todo esto influenciado por la presencia de errores que se cometen a la hora de realizar la medición, que aunque parezca insignificante tiene su repercusión en el resultado final elaborado.

En estos gráficos se puede apreciar que la mayoría de los valores medidos están comprendidos dentro de los límites del intervalo que fue escogido, es decir $\bar{X} \pm 3 * S$ por el criterio de Rait, no obstante existen algunos valores fuera de ese intervalo motivado por los errores que se cometen en cada medición.

A continuación a modo de ejemplo se muestra uno de estos gráficos, que corresponde con la medición del diámetro exterior del tornillo 1, utilizando el pie de rey digital como instrumento de medición.

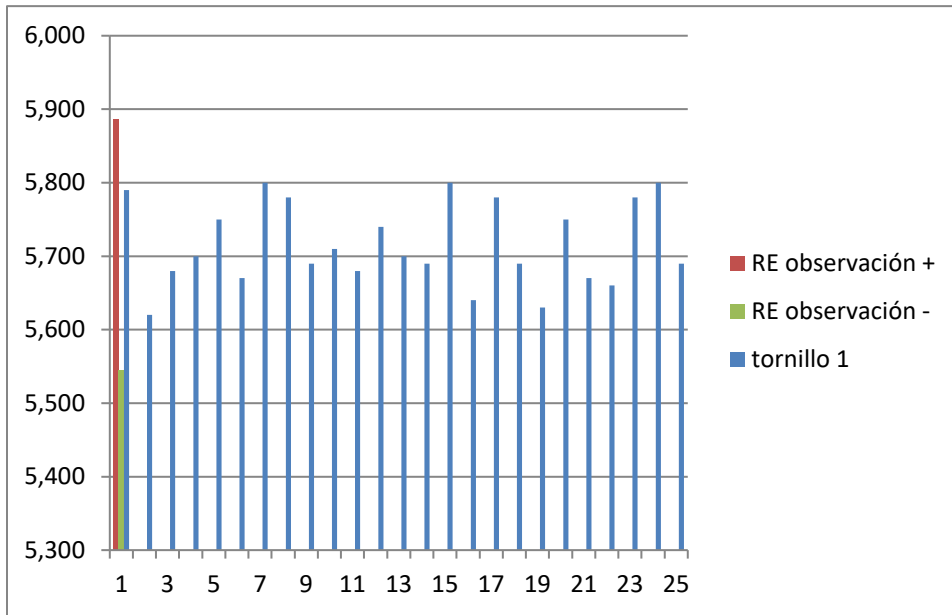


Grafico: 1 Medición del diámetro exterior del tornillo 1, en método A

Se puede apreciar la diferencia entre las mediciones, a pesar de haber sido realizadas por el mismo operario, en las mismas condiciones ambientales y con el mismo medio de medición.

El rango de variación de las mediciones varía desde 5.8 mm como valor máximo en las observaciones 7, 15, 24 hasta 5.62 mm como valor mínimo en la observación 2, el resto está dentro de esos dos valores., por lo tanto todas están dentro del intervalo calculado.

Al valor del resultado elaborado corresponden las dos primeras barras, la línea verde al valor mínimo y la roja al valor máximo del intervalo, es decir 5.886 mm y 5.545 mm respectivamente.

No en todos los gráficos ocurre de forma similar, a continuación se muestra en el grafico 2, que corresponde con la medición del diámetro exterior del tornillo 2, utilizando el proyector de perfiles, como no siempre todos los valores quedan dentro del intervalo que se aplicó en el manual guía.

Nótese en la observación 5 como su barra azul que correspondiente a 7.169 mm, está por debajo de la barra verde que corresponde con el límite inferior del

intervalo 7.202 mm, es decir, en este caso ese valor hay que extraerlo del conjunto de las mediciones y hacer el re-cálculo de la media muestral y la desviación sin incluirlo; en este caso sólo existe un valor fuera del intervalo pero si existieran más, habría también que extraerlos del conjunto de mediciones y re-cálculo de la media muestral y la desviación para expresar el resultado final de la medición.

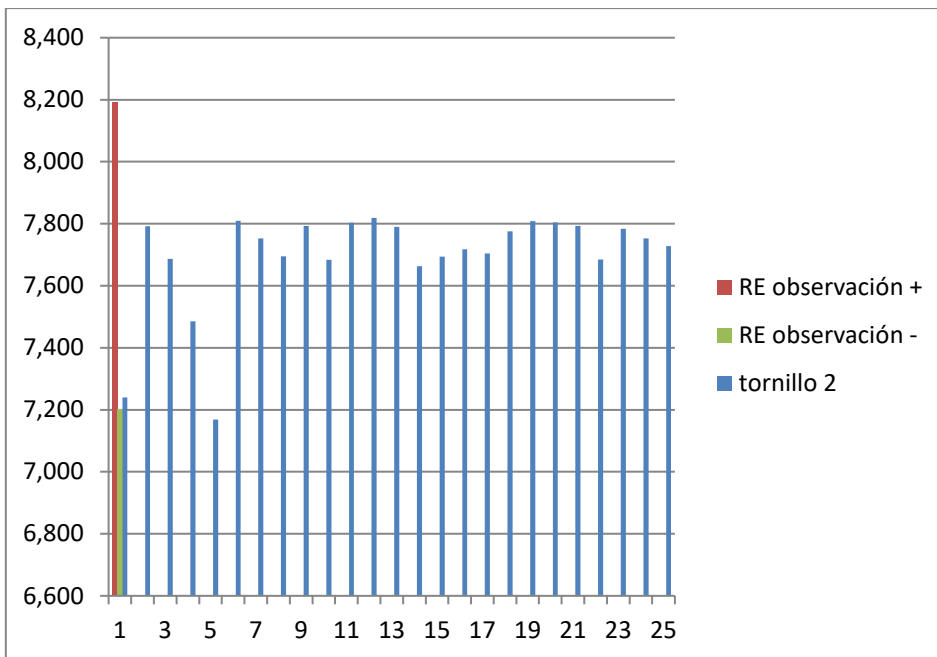


Gráfico 2: Mediciones del diámetro exterior al tornillo 2 utilizando el proyector de perfiles.

Analizando los gráficos en los anexos 1,2,3 y 4, se puede ver que algo similar ocurre para otros tres elementos.

En el tornillo dos correspondiente a la medición con el pie de rey, “anexo 1” la observación 13 dio un resultado de 7.00 mm, que es inferior al valor mínimo del intervalo que es de 7.204 mm.

En el tornillo 5 “ver anexo 3” medido con el proyector de perfiles, la segunda medición arrojó un resultado de 11.046 mm, este valor es inferior al 11.244 mm que es el valor mínimo del intervalo.

Finalmente en el tornillo 6 “ver anexo 3”, utilizando el proyector de perfiles en la medición uno se obtuvo 9.428 mm, por debajo del valor mínimo del intervalo que es 9.577 mm.

En estos tres casos es necesario hacer los re-cálculos de la media y la desviación para expresar el resultado elaborado sin incluir esos valores.

3.1 Comparación de los métodos de medición.

En el caso que se analiza para hacer la medición del diámetro exterior de los tornillos, se utilizaron tres métodos en cuanto al medio de medición empleado, el pie de rey digital, el micrómetro mecánico de rango 0-25 mm y el proyector de perfiles.

Para hacer la comparación de estos métodos y seleccionar el más adecuado se renombran los medios de medición empleado como método A para el pie de rey digital, se asigna como método B al micrómetro mecánico y por último método C a él proyector de perfiles como aparecen en los “anexos”.

3.2 Ecuaciones Matemáticas

3.2.1 la incertidumbre de la media o error estándar de la media

Para saber cuán precisamente la media de una muestra representa la verdadera media de la población, se emplea la incertidumbre de la media o error estándar de la media por la ecuación siguiente.

$$Sr = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Ecuación .6

Donde:

Sr: es la incertidumbre de la media o error estándar.

S: es la desviación estándar.

n: cantidad de observaciones.

Al comparar los resultados obtenidos por dos o más procesos de medición diferentes en la búsqueda de una misma magnitud se realiza:

Incertidumbre de la Media o Error Estándar de la Media					
$Sr_A = \frac{S}{\sqrt{n}}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,011	0,030	0,007	0,008	0,010	0,005

Tabla 19: Incertidumbre de la media o Error estándar de la media Método A

Incertidumbre de la Media o Error Estándar de la Media					
$Sr_B = \frac{S}{\sqrt{n}}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,004	0,004	0,010	0,007	0,008	0,005

Tabla 20: Incertidumbre de la media o Error estándar de la media Método B

Incertidumbre de la Media o Error Estándar de la Media					
$Sr_C = \frac{S}{\sqrt{n}}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,018	0,033	0,017	0,012	0,025	0,019

Tabla 21: Incertidumbre de la media o Error estándar de la media Método C

3.2.2 Cálculo de Sr dif (desviación típica diferencial)

$$Sr \text{ dif} = \sqrt{Sr_A^2 + Sr_B^2}$$

Ecuación 7

Donde

Sr: es el error estándar de la media diferencial.

Sr_A: es la incertidumbre de la media o error estándar por el método A.

Sr_B: es la incertidumbre de la media o error estándar por el método B

Cálculo de Sr dif (desviación típica diferencial)					
$Sr\ dif = \sqrt{Sr_A^2 + Sr_B^2}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,012	0,030	0,012	0,011	0,013	0,007

Tabla 22: Cálculo de Sr dif (desviación típica diferencial) Método A

Cálculo de Sr dif (desviación típica diferencial)					
$Sr\ dif = \sqrt{Sr_B^2 + Sr_C^2}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,018	0,033	0,020	0,014	0,026	0,020

Tabla 23: Cálculo de Sr dif (desviación típica diferencial) Método B

Cálculo de Sr dif (desviación típica diferencial)					
$Sr\ dif = \sqrt{Sr_C^2 + Sr_A^2}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,021	0,045	0,019	0,014	0,027	0,020

Tabla 24: Cálculo de Sr dif (desviación típica diferencial) Método C

3.2.3 Comprobar si se cumple la condición.

Si se cumple lo planteado en la ecuación 8, entonces existen diferencias significativas entre ambos métodos, aunque uno de los resultados es más correcto que otro

$RE = \bar{X} \pm T * S$, por tanto se toma el método que tenga la desviación estándar (S) más pequeño.

En el caso en que no se cumple, ambos resultados son confiables.

$$|\bar{X}_A - \bar{X}_B| > 2 * Sr \text{ dif} \quad \text{Ecuación 8}$$

Comprobar si se cumple la condición					
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B > 2Sr \text{ dif}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,09 7 > 0,02 4	0,15 0 > 0,06 1	0,05 0 > 0,02 5	0,00 4 < 0,02 2	0,03 4 > 0,02 6	0,02 0 > 0,01 4

Tabla 25: Comprobar si se cumple la condición Método A

Comprobar si se cumple la condición					
$ \bar{X}_B - \bar{X}_C > 2Sr \text{ dif}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,10 0 > 0,03 7	0,11 0 > 0,06 7	0,01 0 > 0,03 9	0,05 2 > 0,02 7	0,04 7 < 0,05 3	0,01 8 < 0,03 9

Tabla 26: Comprobar si se cumple la condición Método B

Comprobar si se cumple la condición					
$ \bar{X}_C - \bar{X}_A > 2Sr \text{ dif}$					
Tornillo 1	Tornillo 2	Tornillo 3	Tornillo 4	Tornillo 5	Tornillo 6
0,00 3 < 0,04 2	0,04 0 < 0,09 0	0,04 0 > 0,03 7	0,04 8 > 0,02 8	0,01 3 < 0,05 4	0,00 2 < 0,03 9

Tabla 27: Comprobar si se cumple la condición Método C

Primeramente se compara el método “A con el B” ver (Tabla 25) donde se deduce que para los tornillos 1,2 y 5 el método correcto es el B, es decir la medición que se hizo con el micrómetro y para los tornillos 3 y 6, el correcto es el A, la medición realizada con el pie de rey digital, En el caso del tornillo 4 al no cumplirse lo planteado en la ecuación 8 se puede tomar cualquiera de los dos métodos ya que los dos valores son confiables.

Luego se confronta el “B con C” ver (Tabla 26), donde se observa que los tornillos 3,5 y 6 tampoco cumple con lo planteado en la ecuación 8 por lo que se puede tomar tanto el valor del método B como el del método C, por otra parte los tornillos 1,2 y 4 si cumplen con dicha ecuación y para estos el método corecto es el B.

Por último al comparar el método “C con A” ver (Tabla 27) se puede observar que los tornillos 3 y 4 corresponden al método A y los demás al no cumplir con lo planteado cualquiera de los dos métodos es adecuado.

Con los resultados confrontados se obtuvo el método correcto de medición entre el pie de rey, micrómetro y el proyector de perfiles, para cada unión roscada.

Tornillos	Diámetro Exterior			Método Correcto		Paso Rosca
	Pie rey	Micrómetro	Proyector digital			
	$\bar{X} \pm 3s$					
1	5,716 ± 3*0,057	5,812 ± 3*0,018	5,713 ± 3*0,090	5,812±3*0,018	B	1,014 ± 3*0,024
2	7,657 ± 3*0,151	7,807 ± 3*0,021	7,697 ± 3*0,165	7,807±3*0,021	B	1,231 ± 3*0,023
3	9,684 ± 3*0,037	9,734 ± 3*0,049	9,724 ± 3*0,085	9,684±3*0,037	A	1,482 ± 3*0,027
4	15,886 ± 3*0,041	15,890 ± 3*0,035	15,838 ± 3*0,058	15,890±3*0,035	B	1,983 ± 3*0,043
5	11,631 ± 3*0,051	11,666 ± 3*0,041	11,618 ± 3*0,125	11,666±3*0,041	B	1,752 ± 3*0,043
6	9,858 ± 3*0,024	9,879 ± 3*0,027	9,861 ± 3*0,095	9,858±3*0,024	A	1,491 ± 3*0,033

Tabla 28: Método correcto obtenido

Antes de entrar al cálculo de las tolerancias se debe medir la longitud activa del paso de rosca de las tuercas en las seis uniones roscadas (Tabla 29).

Unión Roscada			
Tornillo	Longitud Activa		
	Pie rey	Micrómetro	Proyector digital
1	5,232	5,132	5,110
2	6,511	6,232	6,212
3	7,921	7,107	7,635
4	13,501	13,321	13,421
5	10,103	10,203	10,202
6	8,201	8,141	8,621

Tabla 29: Longitud Activa

Utilizando la norma cubana NC 38-01:1980 la cual establece parámetros precisos para el diámetro, el paso y la forma del filete, entre otros aspectos con el fin de garantizar la compatibilidad y la calidad de las uniones roscadas utilizadas en diferentes aplicaciones, se procede a calcular la tolerancia tanto como para la rosca exterior que como para la rosca interior.

3.2.4 Cálculo de las tolerancias

Después de tener definidos los valores ya elaborados de las magnitudes de los diámetros exteriores y haber calculado los demás diámetros, se puede realizar el cálculo de las tolerancias entre la tuerca y el tornillo para cada uno de los seis acoplamiento.

Como ya se explicó anteriormente en el capítulo 2 este cálculo se hace por el diámetro medio que es el que según la norma cubana NC 38-01:1980 esta tolerado en ambos elementos.

En el caso del cálculo de las tolerancias se procede de la siguiente forma

1. Se entra en la (Tabla 32) del (Anexo 5) en la columna **uno** con el diámetro nominal en mm, seguidamente se busca en la columna **dos** según el paso que tiene la unión roscada y se elige la longitud de acoplamiento si es corta, normal o larga.

2. Una vez elegido la longitud de acoplamiento se va a la (Tabla 33 y 34) del (Anexo 6) en la cual se elegirá la clase de precisión para zonas de tolerancias de la rosca exterior y la rosca interior.
3. Lo siguiente será en la (Tabla 35) del (Anexo7) donde se seleccionarán las desviaciones principales para las roscas exterior (es) e interior (Ei).
4. En la (Tabla 36) del (Anexo 8) se seleccionara el Tolerancias T_{d2} (μm).
5. Por último en la (Tabla 37) del (Anexo 9) se seleccionara Tolerancias del diámetro D2.

Tolerancia									
Tornillo	Rosca Exterior								
	Pie rey	es	ei	Micrómetro	es	ei	Proyector digital	es	ei
	$T_{d2} = es_{d2} - ei_{d2}$								
1	112	0	-112	112	-26	-138	112	-40	-152
2	118	0	-118	118	-28	-146	118	-42	-160
3	132	0	-132	132	-32	-164	132	-45	-177
4	160	0	-160	160	-38	-198	160	-52	-212
5	150	0	-150	150	-34	-184	150	-48	-198
6	132	0	-132	132	-32	-164	132	-45	-177

Tabla 30: Tolerancia de la Rosca Exterior

Tolerancia									
Tornillo	Rosca Interior								
	Pie rey	Es	Ei	Micrómetro	Es	Ei	Proyector digital	Es	Ei
	$T_{D2} = Es_{D2} - Ei_{D2}$								
1	150	176	26	150	150	0	150	176	26
2	160	188	28	160	160	0	160	188	28
3	180	212	32	180	180	0	180	212	32
4	212	250	38	212	212	0	212	250	38
5	200	234	34	200	200	0	200	234	34
6	180	212	32	180	180	0	180	212	32

Tabla 31: Tolerancia de la Rosca Interior

3.2.5 Cálculo de los ajustes de las uniones roscadas.

Si se analiza lo expresado en el capítulo 2 sobre las normas básicas de intercambiabilidad se concluye que, para determinar el ajuste entre uniones roscadas, solo es posible a través del diámetro medio (D_2, d_2) que es el que tiene tolerancia en común.

Es decir, las expresiones para el cálculo de los ajustes serían:

$$J_{\text{máx}} = D_{2\text{máx}} - d_{2\text{mín}} = ES_{D2} - ei_{d2} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$J_{\text{mín}} = D_{2\text{mín}} - d_{2\text{máx}} = Ei_{D2} - es_{d2} \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

$J_{\text{máx}}$ --- es el juego máximo entre el tornillo y la tuerca por el diámetro medio.

$J_{\text{mín}}$ --- es el juego mínimo entre la tuerca y el tornillo por el diámetro medio.

$D_{2\text{máx}}$ --- es el diámetro máximo de la tuerca por el diámetro medio.

$D_{2\text{mín}}$ --- es el diámetro mínimo de la tuerca por el diámetro medio.

$d_{2\text{mín}}$ --- es el diámetro mínimo del tornillo por el diámetro medio.

$d_{2\text{máx}}$ --- es el diámetro máximo del tornillo por el diámetro medio.

ES_{D2} ---- es la desviación máxima de la tuerca por el diámetro medio.

Ei_{D2} --- es la desviación mínima de la tuerca por el diámetro medio.

ei_{d2} --- es la desviación mínima del tornillo por el diámetro medio.

es_{d2} --- es la desviación máxima del tornillo por el diámetro medio.

Se puede apreciar en la tabla que los valores de los juegos (tabla 32) del juego máximo y mínimo, son diferentes para los distintos tornillos, esto hay que asociarlo con la utilización que han tenido y los desgastes que se han originado como consecuencia de la explotación a que han sido sometidos.

Tornillo	Juego Máximo			Juego Mínimo		
	Pie rey	Micrómetro	Proyector digital	Pie rey	Micrómetro	Proyector digital
	$J_{\text{máx}} = D_{2\text{máx}} - d_{2\text{mín}} = Es_{D2} - ei_{d2}$			$J_{\text{mín}} = D_{2\text{mín}} - d_{2\text{máx}} = Ei_{D2} - es_{d2}$		
1	288	288	328	26	26	66
2	306	306	348	28	28	70
3	344	344	389	32	32	77
4	410	410	462	38	38	90
5	384	384	432	34	34	82
6	344	344	389	32	32	77

Tabla 32: Juego Máximo y Juego Mínimo

Conclusiones parciales

1. Después de aplicar la el manual guía para la comparación de dos métodos de medición, se seleccionó el método correcto para expresar el resultado elaborado del diámetro exterior en las seis uniones roscadas.
2. Del análisis de los juegos calculados se deduce que hay diferencias entre los valores para los diferentes tornillos, producto a la explotación de los mismos, esto es un aspecto que hay que controlar para su posible sustitución.

CONCLUSIONES GENERALES.

1. El manual guía propuesto constituye una vía de accesoria para estudiantes y profesores de la carrera ingeniería mecánica la cual servirá para su preparación en el desarrollo de las prácticas de laboratorio de mediciones técnicas, sobre todas las relacionadas con medido universales de medición, determinación del resultado elaborado de una medición y con la de medición de roscas.
2. El estudio realizado para conformar el manual guía nos permitió describir los principales medios de medición empleados en el laboratorio de mediciones técnicas.
3. Los resultados de un total de 531 mediciones utilizando tres medios de medición, pie de rey digital, micrómetro y proyector de perfiles, de magnitudes físicas, en este caso diámetros y pasos de roscas, fueron favorables en los estudiantes y profesores de la asignatura.
4. Se obtuvieron resultados elaborados de un grupo de mediciones realizadas a parámetros principales de piezas, específicamente uniones roscadas, con el empleo de herramientas estadísticas y el auxilio de un software. Así mismo, los cálculos mecánicos de ajustes y tolerancias en las piezas medidas, están en correspondencia con las habilidades a lograr por un ingeniero mecánico durante la carrera.

RECOMENDACIONES.

1. Utilizar el manual elaborado adaptandolo a las guias para la preparacion de las prácticas de laboratorios y clases prácticas en la asignatura mediciones tecnicas.
2. Realizar el re-calculo de algunos resultados elaborados del capitulo 2, excluyendo los valores obtenidos fuera del intervalo que se asumio y repetir los calculos para otros criterios estadisticos existentes.

Bibliografía

- Blog Académico de Metrología. (2011). *Análisis Químicos Industriales*.
<https://luisestrella11.blogspot.com/2011/04/definicion-del-termino-patron-de.html>.
- Buenas Tareas. (2014). *Introducción a la metrología dimensional*.
<https://www.buenastareas.com/ensayos/Metrologia-Dimensional/60004050.html>
- Carvajal, E. (2023). *Blog*. <http://metrologiasinfronteras.blogspot.com/2016/12/tipos-de-metrologia.html>
- Curso de Procesos de metrología y mecánica de Banco Protocolo, (2015). *Manufactura. Metrología y mecánica de banco protocolo*. <https://docplayer.es/2933626-Metrologia-y-mecanica-de-banco-protocolo-curso-de-procesos-de-manufactura.html>
- Enciclopedia de Ingeniería Mecafenix. (2022). *Qué es un micrómetro y que tipos existen*.
<https://www.ingmecafenix.com/medicion/micrometro/>
- Esquivel, A. E. (2015). *Metrología y sus aplicaciones*. En A. E. Esquivel, *Metrología y sus aplicaciones* (pág. 154). Grupo Editorial Patria.
- Estefania, J. (2014). *Mindomo*. <https://www.mindomo.com/es/mindmap/patrones-de-medida-a3851cf682084aa1b0d4fe5b741b01d4>
- García Arguelles, L. A., Escobar-Lorenzo, R. & López Medina, F. L., (2016). Tareas Experimentales de la química general para contribuir a la formación inicial del ingeniero mecánico. *Revista Cubana de Química*, 28(2), 675-691.
- Grupo Casa Lima.(2017). Diferentes tipos de Vernier.
- Guzmán, D. (2023). *FM Formación*. https://www.fabricacionmecanica.es/que-es-un-pie-de-rey/#Partes_de_un_pie_de_rey
- Importancia tiene la Metrología. (2019). *De Importancia tiene la Metrología*.
<http://www.otn.vcl.cu/uFAQs/que-importancia-tiene-la-metrologia-para-la-sociedad/>
- Laboratorio de Calibración, (CALTEX). (2019). *Principal diferencia entre contratar un Laboratorio de Calibración Acreditado y No Acreditado*.
<https://www.caltex.es/exactitud-precision-y-su-relacion-con-la-incertidumbre/>
- MecatrónicaLATAM. (2021). *Mecatrónica*.
<https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/instrumentos-de-medicion/>
- Mejías Navarro, C. M., et. al., (2002). Acerca de algunos problemas profesionales que enfrenta el ingeniero mecánico. *Pedagogía Universitaria*, 7(1), 8 p.

- Muñoz, H. G. (2001). *Incertidumbre en la calibración de calibradores tipo Vernier*
- Muñoz, H. G. (2001). *Incertidumbre en la calibración de calibradores tipos Vernier*.
- Pérez Pazmiño, I., (2019). *Metrología y sus Aplicaciones*. Instituto Superior Tecnológico
http://web.instipp.edu.ec/Libreria/libro/Escamilla_A_2015_Metrologia_y_sus_aplica.pdf
- Portuondo, Paisan, Y., Lafargue Pérez, F., y Pino Tarrago, J. C., (2011). Evaluación de la calidad de un proyector de perfiles mediante la calibración. *Ingeniería Mecánica*, 23(3). demaquinasyherramientas.
<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/proyector-de-perfil>.
- Reguera, L. D. (2019). *Diseño metodológico de las prácticas de laboratorio de la asignatura Mediciones Técnicas en función del equipamiento existente*.
- Solé, A. C. (2009). *Instrumentos Industriales: Su Ajuste y Calibración*. Marcombo.
- Solé, A. C., (2008). *Instrumentos industriales: Su ajuste y calibración*. Marcombo.
- Técnica En Laboratorios, S.A. (2023). *Técnica En Laboratorios, S.A. Novedades para marcas de Nikon*.
https://www.tecnicaenlaboratorios.com/Nikon/Info_proyector_de_perfiles.htm
- Tejero, H., (2022). Seguridad nativa de la nube y la posición de seguridad de los recursos de la nube. (*Revista Española de Electrónica*).
<https://www.redeweb.com/actualidad/micrometro/>
- Villanueva, J. (2022). *FM Formación*. https://www.fabricacionmecanica.es/que-es-un-micrometro/#Que_es_un_micrometro

Anexos

Anexo 1 Método A

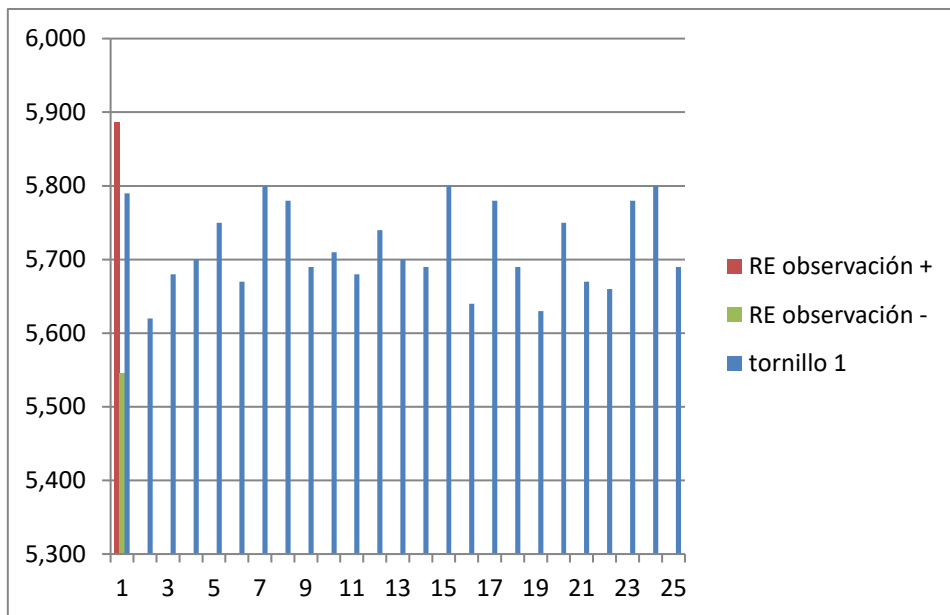


Grafico 1: Tornillo 1

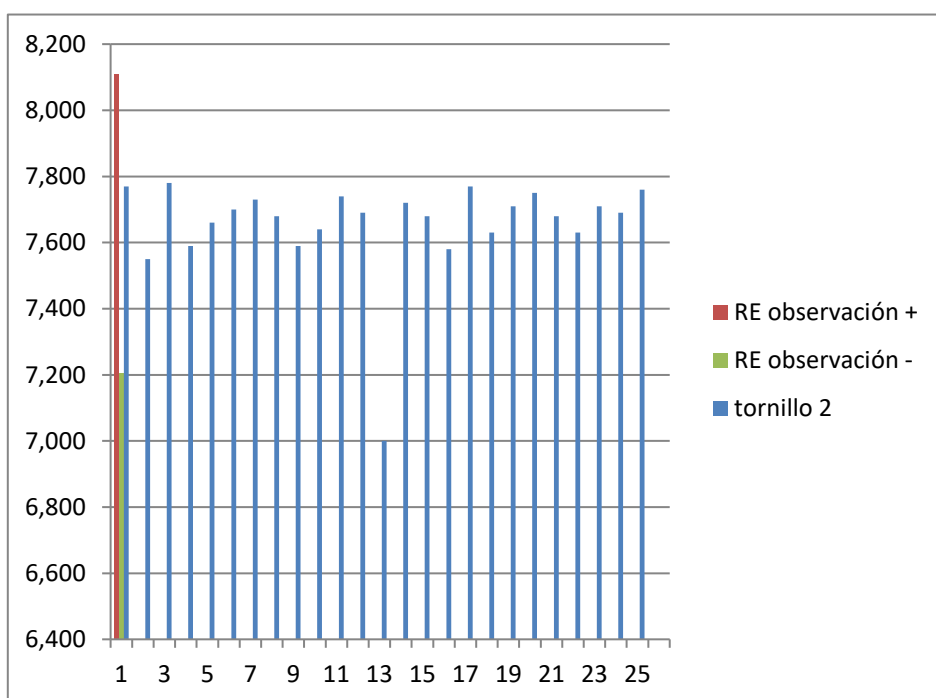


Grafico 2: Tornillo 2

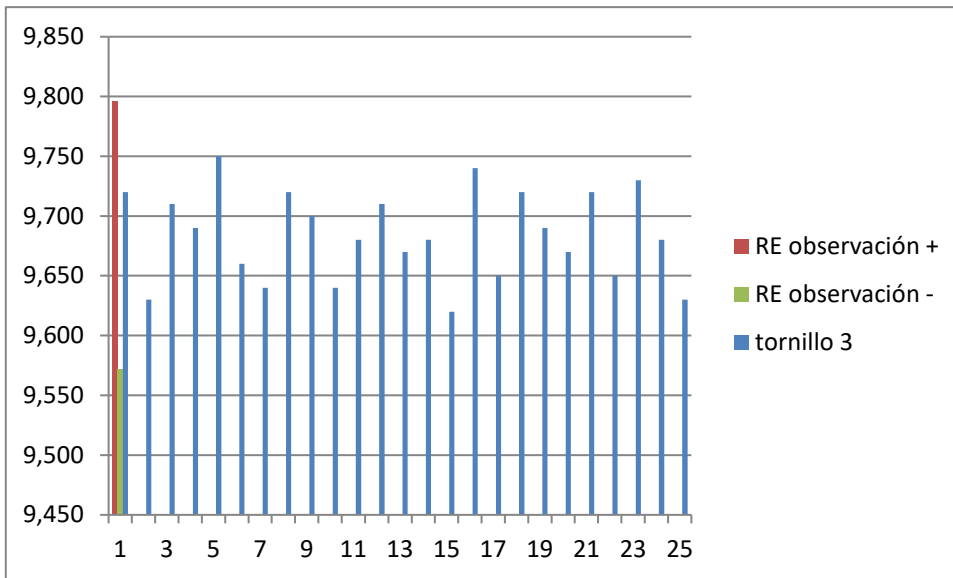


Grafico 3: Tornillo 3

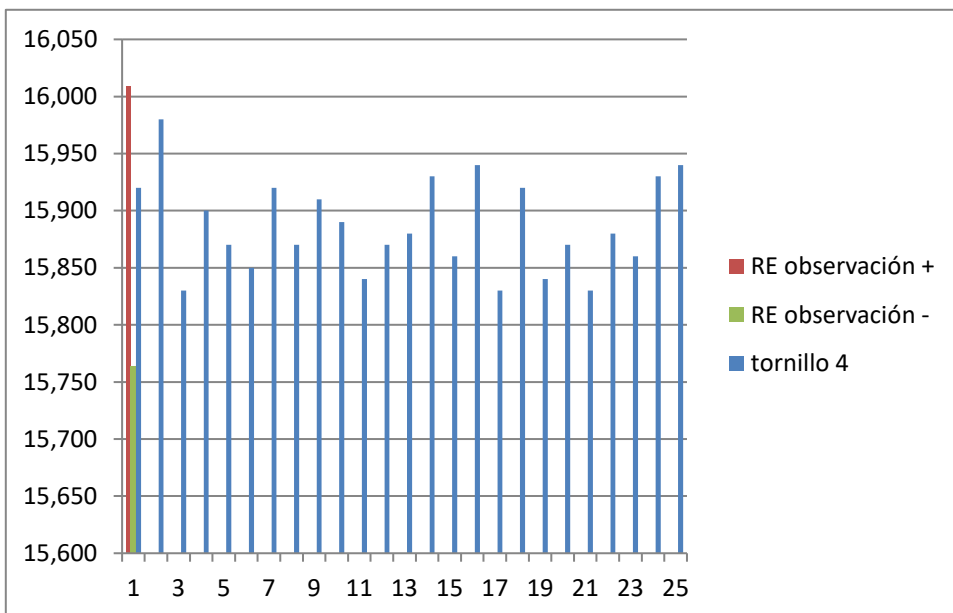


Grafico 4: Tornillo 4

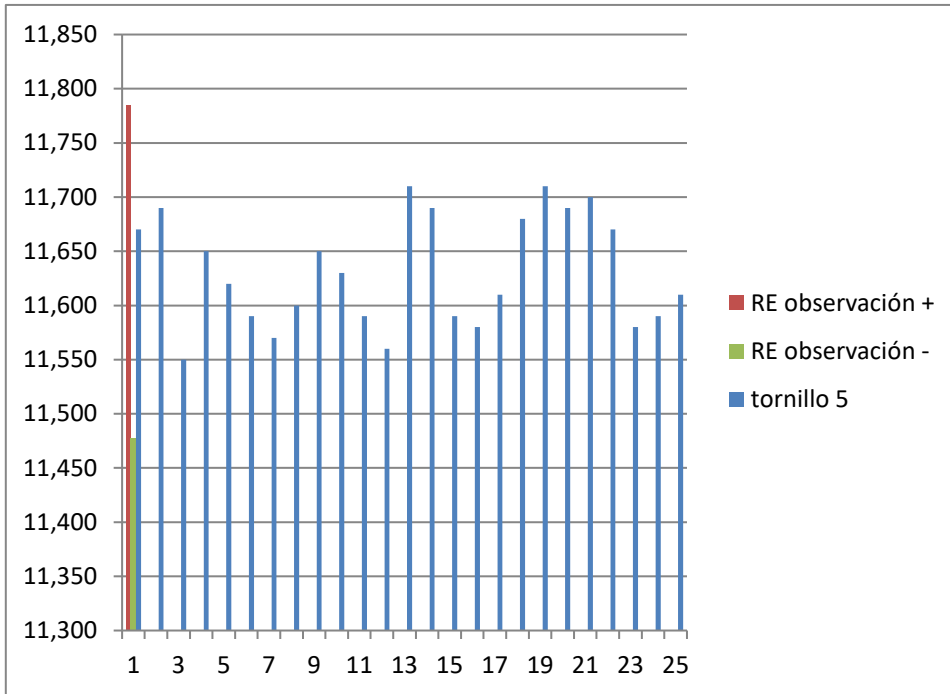


Grafico 5: Tornillo 5

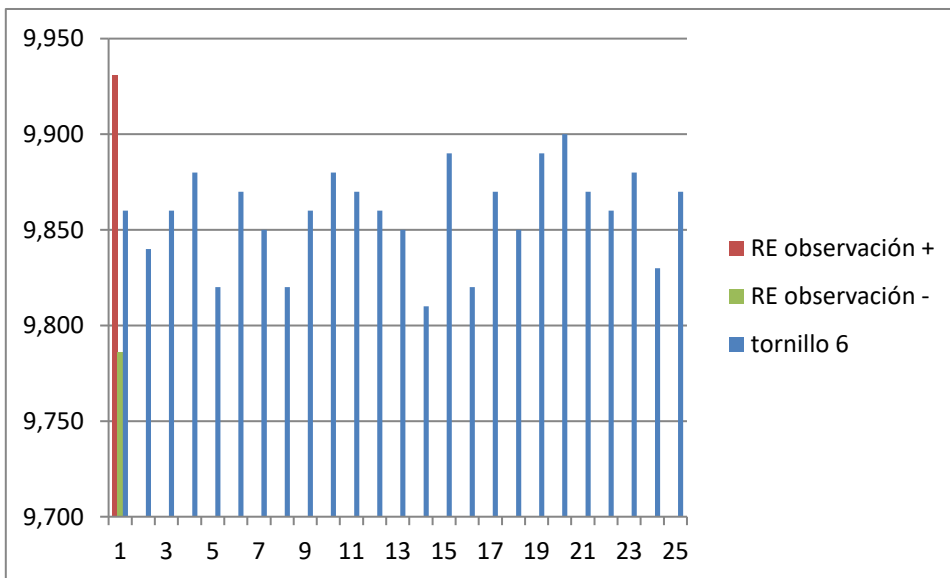


Grafico 6: Tornillo 6

Anexos 2 Método B

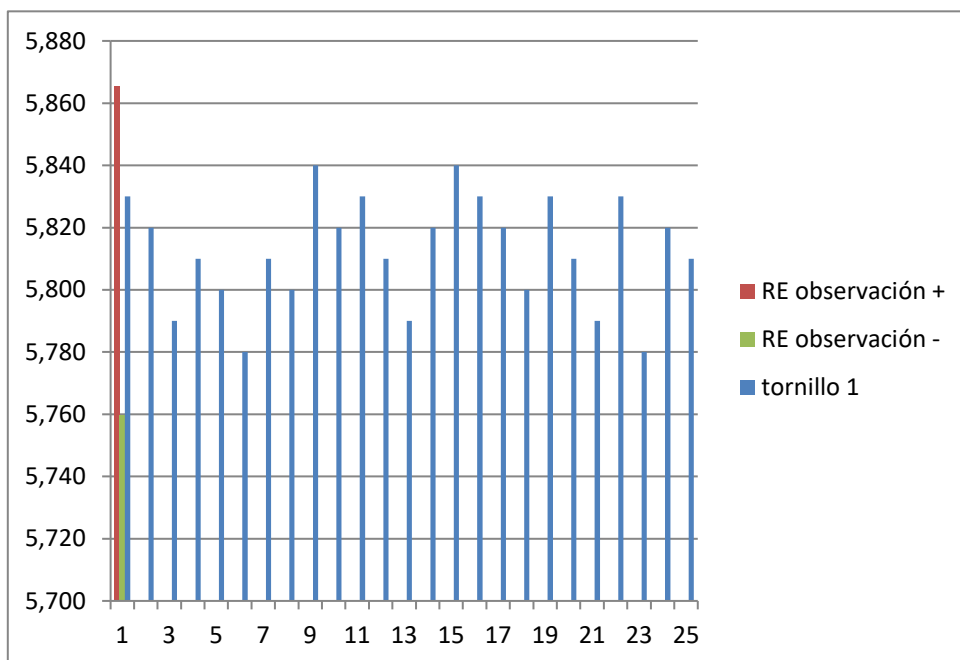


Grafico 7: Tornillo 1

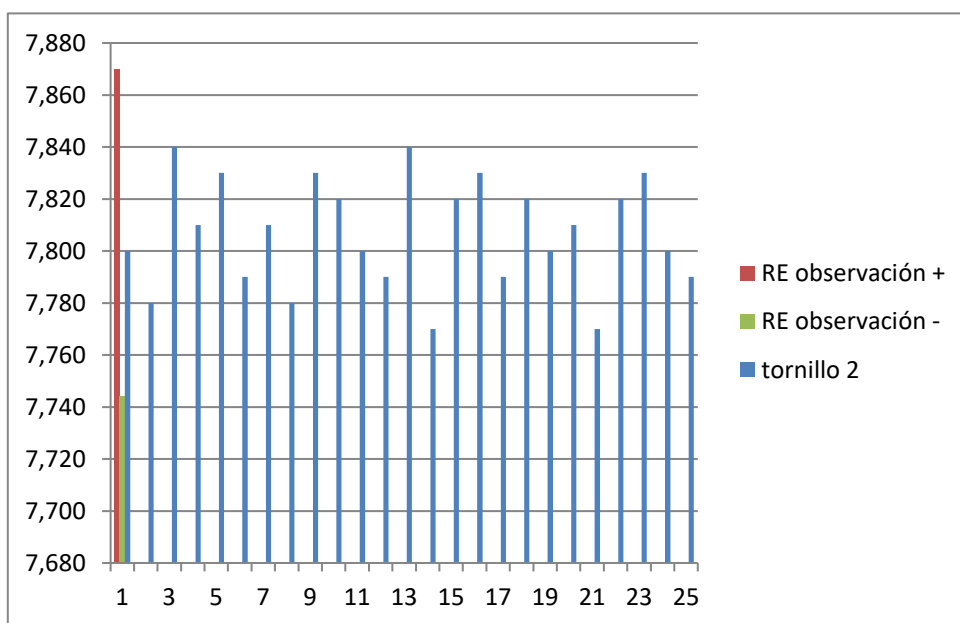


Grafico 8: Tornillo 2

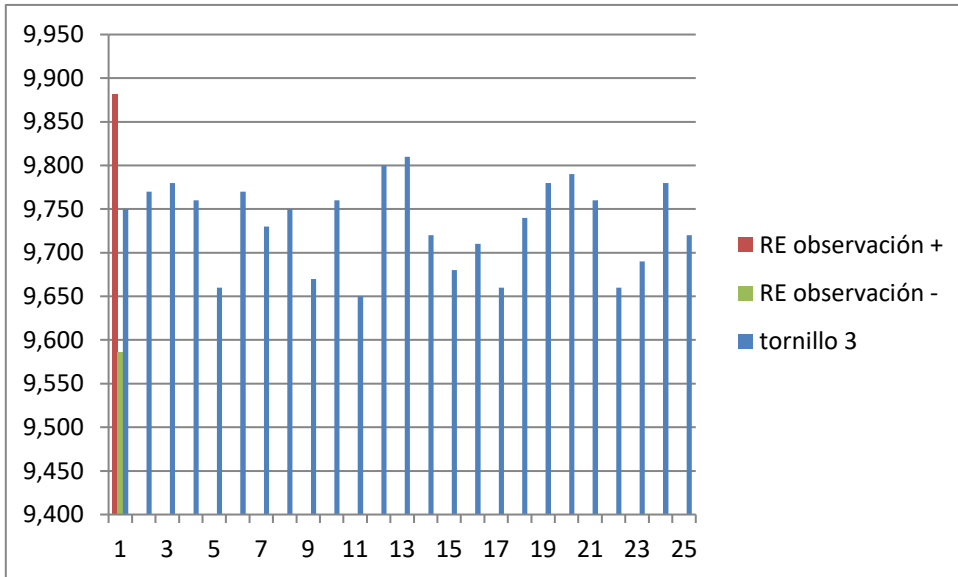


Grafico 9: Tornillo 3

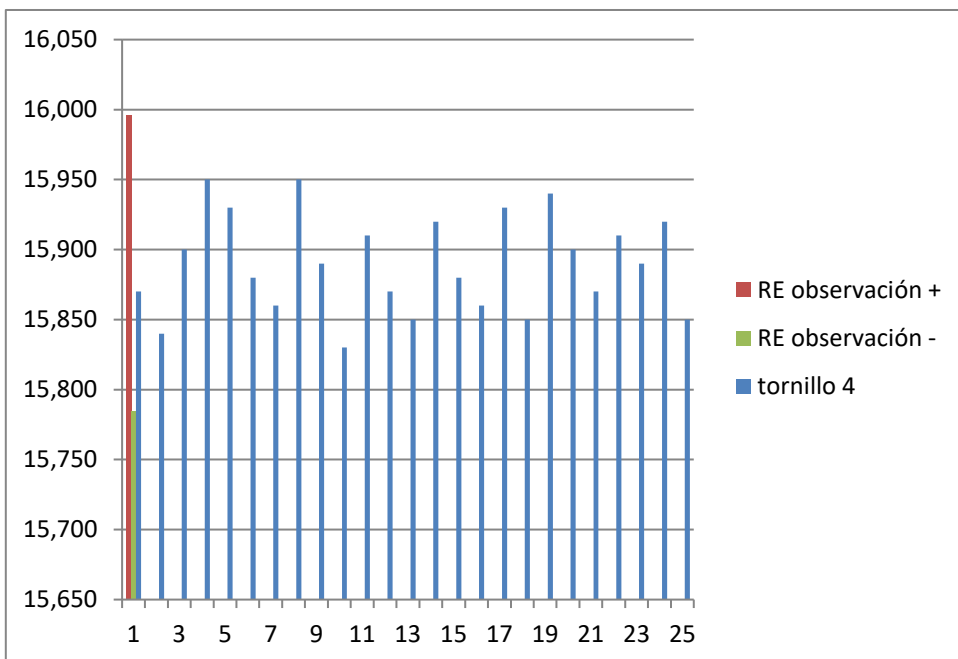


Grafico 10: Tornillo 4

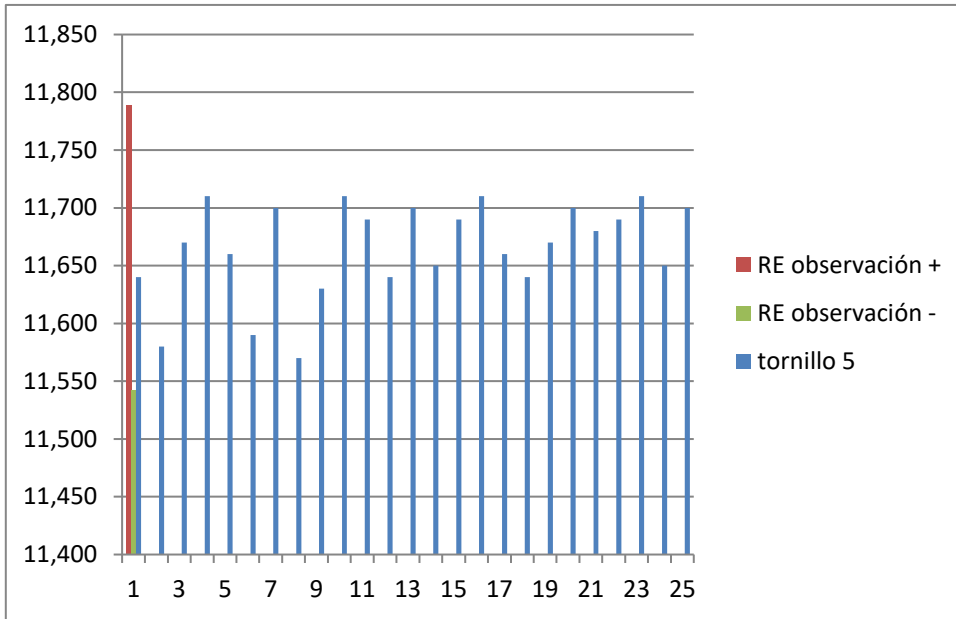


Grafico 11: Tornillo 5

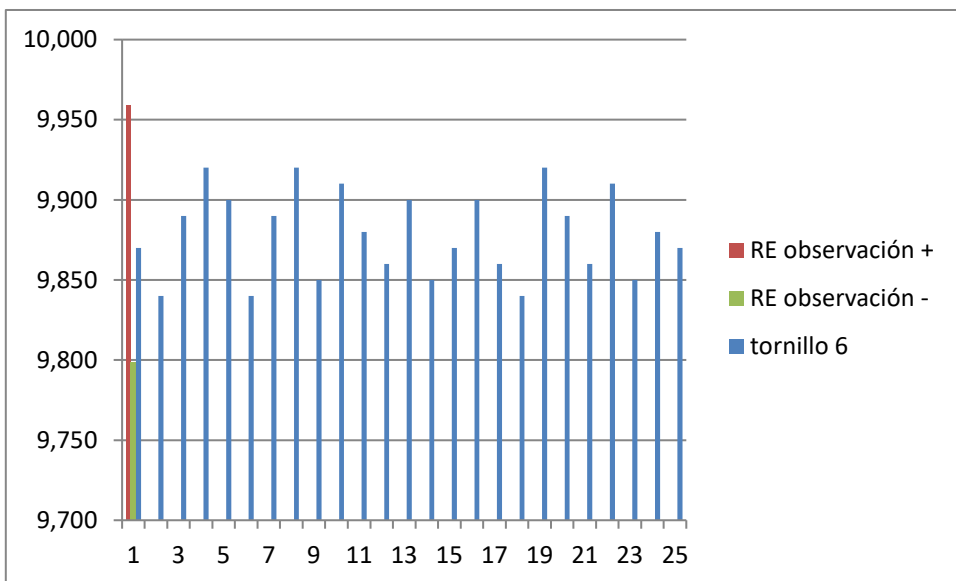


Grafico 12: Tornillo 6

Anexos 3 Método C

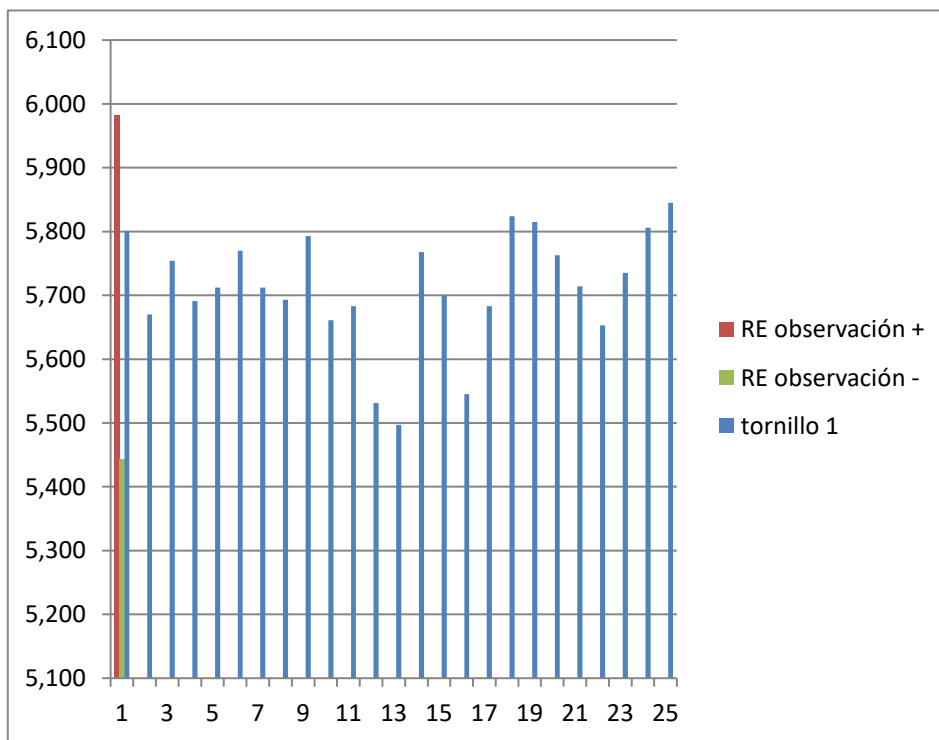


Grafico 13: Tornillo 1

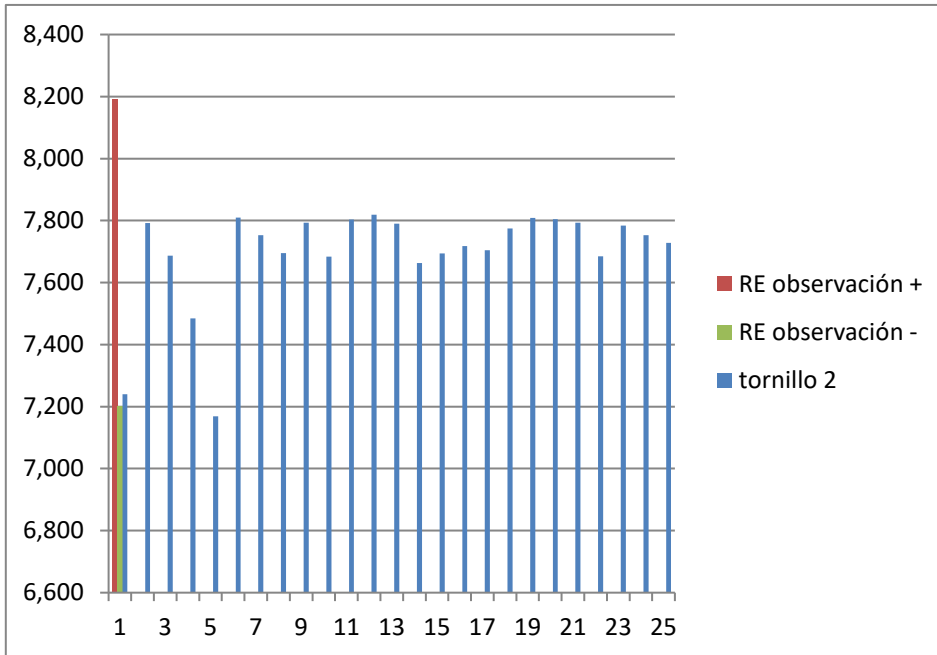


Grafico 14: Tornillo 2

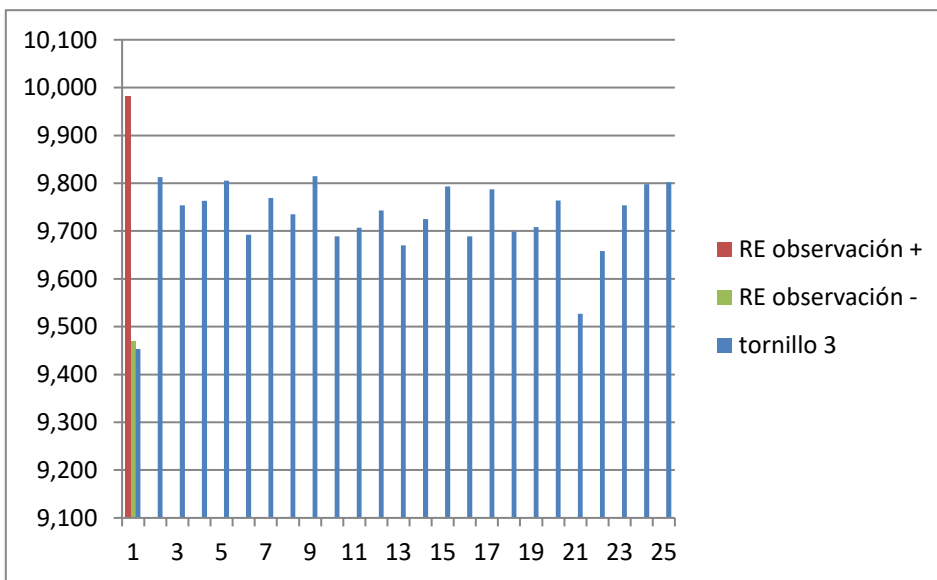


Grafico 15: Tornillo 3

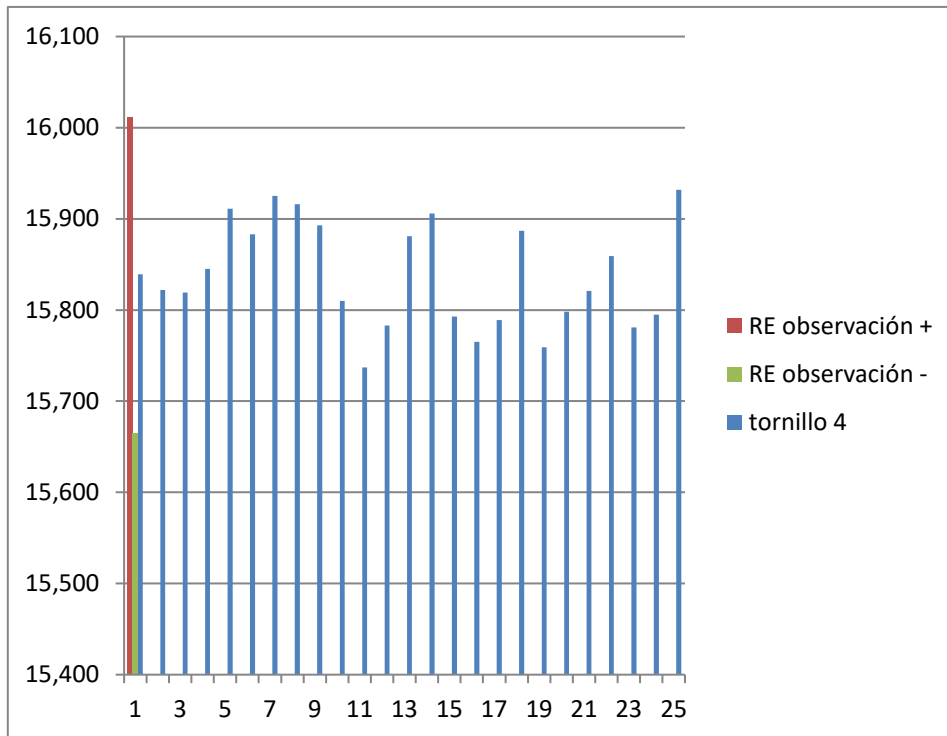


Grafico 16: Tornillo 4

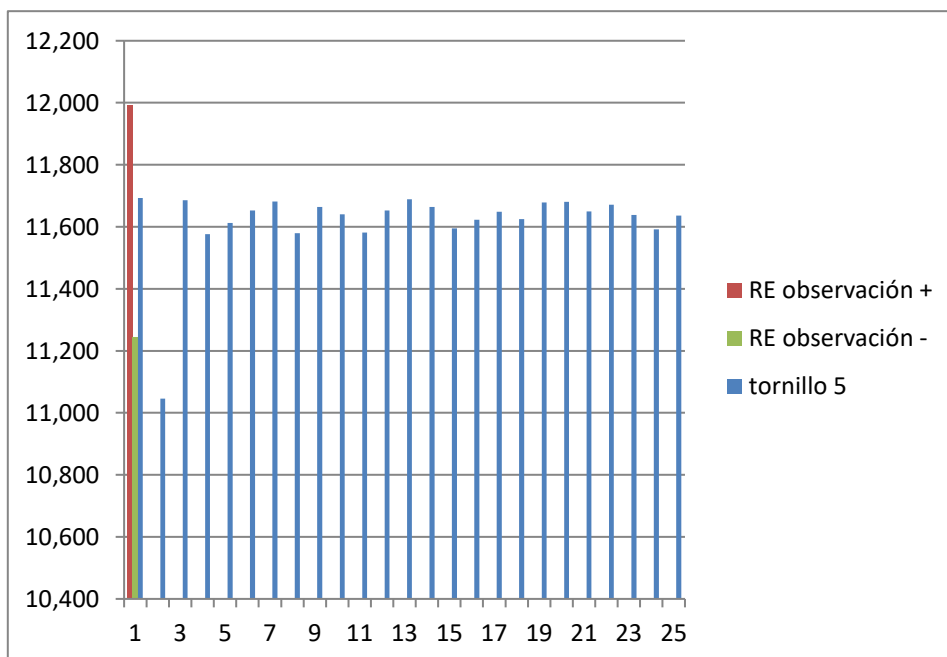


Grafico 17 Tornillo 5

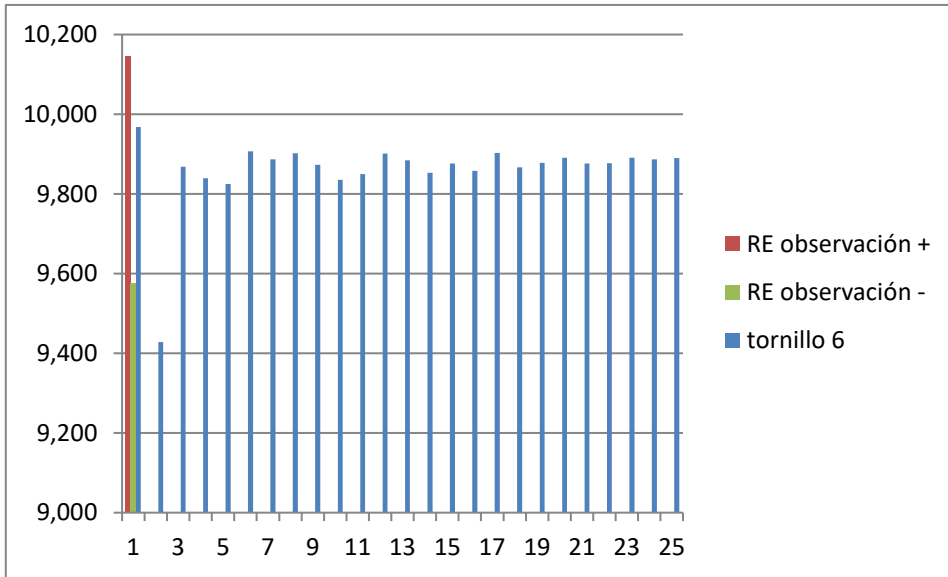


Grafico 18: Tornillo 6

Anexos 4 Paso de Rosca

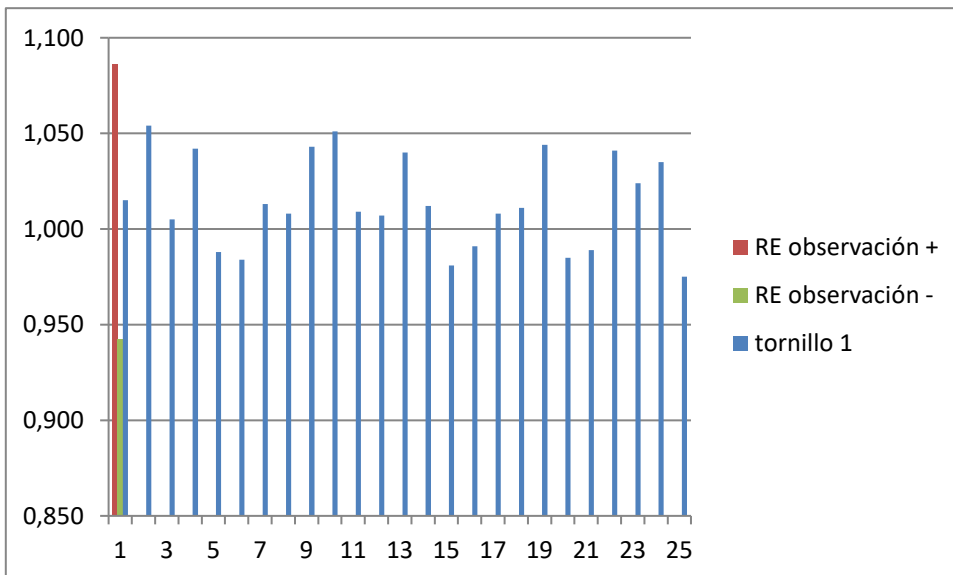


Grafico 19: Tornillo 1

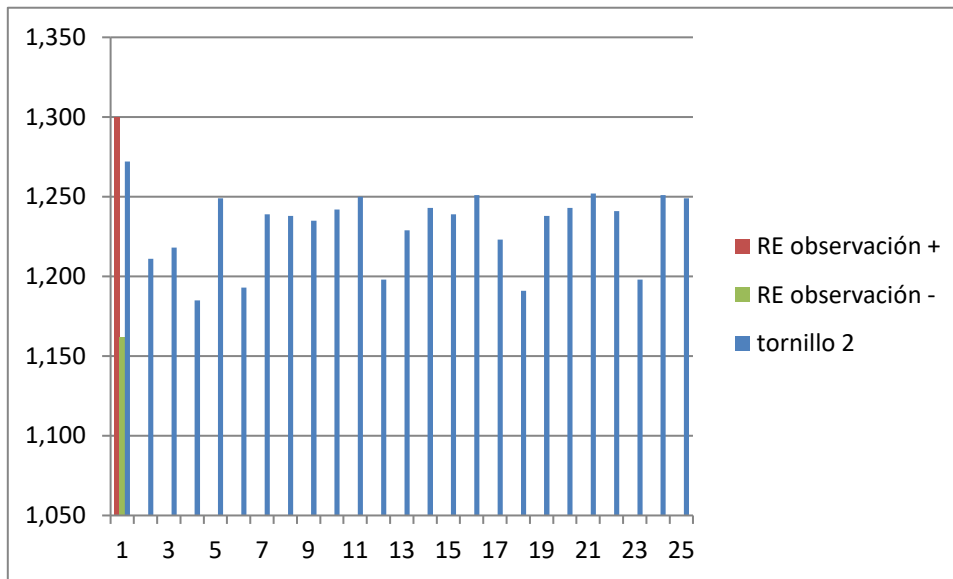


Grafico 20: Tornillo 2

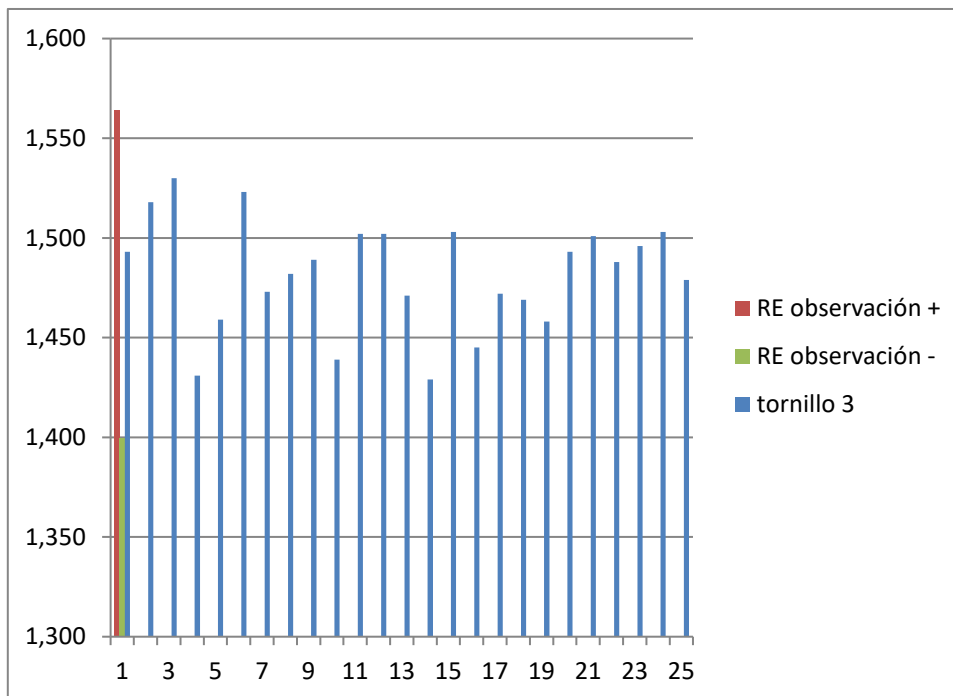


Grafico 21: Tornillo 3

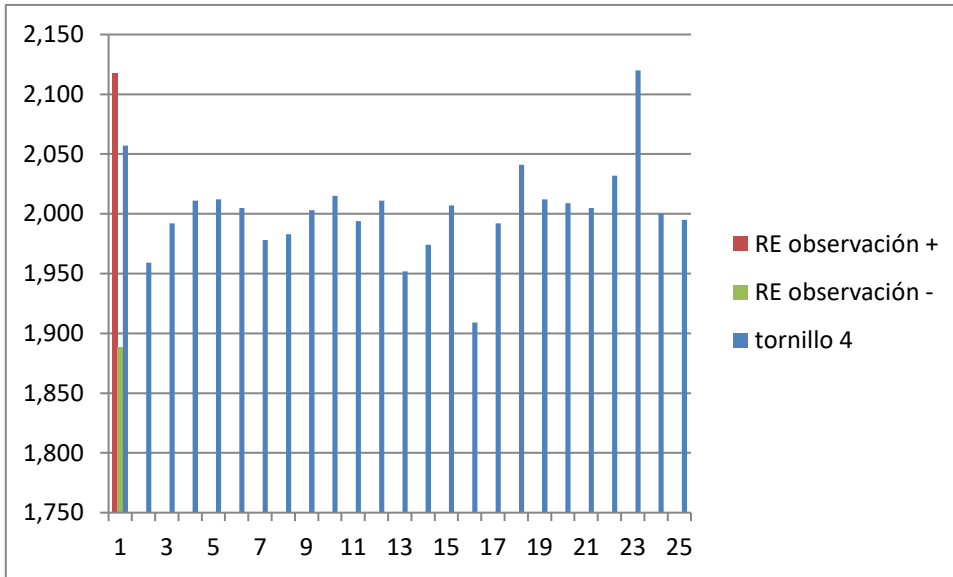


Grafico 22: Tornillo 4

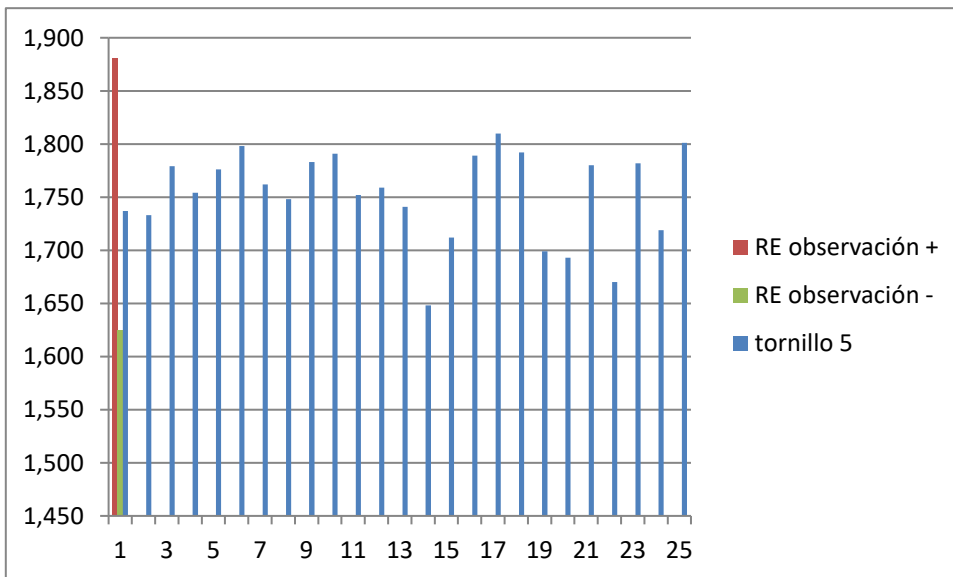


Grafico 23: Tornillo 5

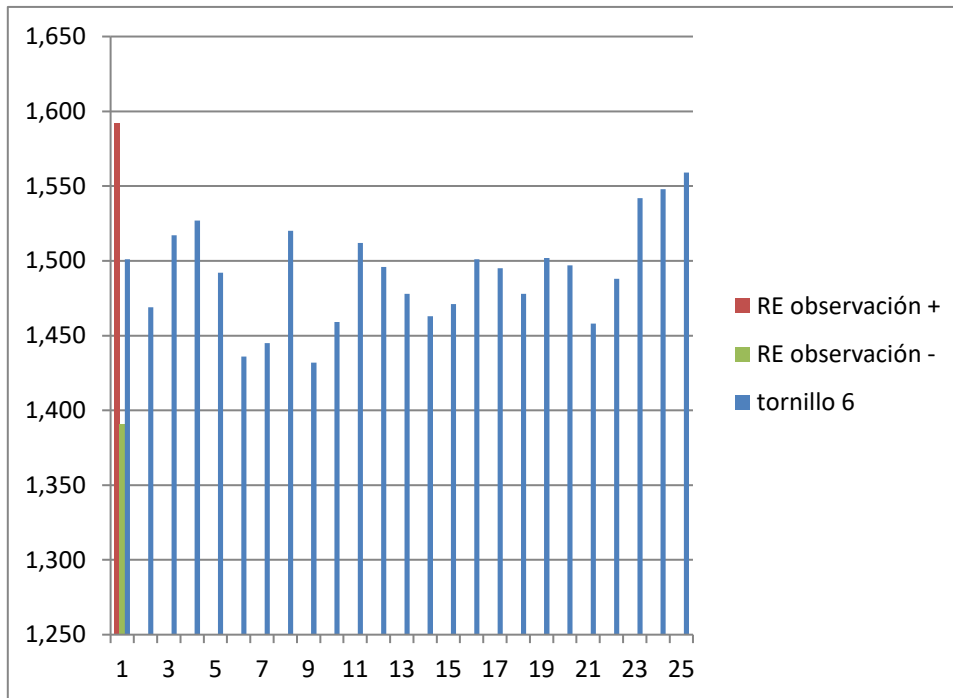


Grafico 24: Tornillo 6

Anexos 5

Tabla 32: Roscas longitud de acoplamiento

Diámetro nominal d (mm)	Paso	Longitud de acoplamiento.			
		S	N		L
		Hasta	Mayor	Hasta	
1	2	3	4	5	6
De 1 hasta 1,4	0,2	0,5	0,5	1,4	1,4
	0,25	0,6	0,6	1,7	1,7
	0,3	0,7	0,7	2	2
Mayor que 1,4 hasta 2,8	0,2	0,5	0,5	1,5	1,5
	0,25	0,6	0,6	1,9	1,9
	0,35	0,8	0,8	2,6	2,6
	0,4	1	1	3	3
	0,45	1,3	1,3	3,8	3,8
Mayor que 2,8 hasta 5,8	0,25	0,7	0,7	2,1	2,1
	0,35	1	1	3	3

	0,5	1,5	1,5	4,5	4,5
	0,6	1,7	1,7	5	5
	0,7	2	2	6	6
	0,75	2,2	2,2	6,7	6,7
Mayor que 5,8 hasta 11,2	0,35	1,1	1,1	3,4	3,4
	0,5	1,6	1,6	4,7	4,7
	0,15	2,4	2,4	7,1	7,1
	1	3	3	9	9
	1,25	4	4	12	12
Mayor que 11,2 hasta 22,4	0,35	1,3	1,3	3,8	3,8
	0,5	1,8	1,8	5,5	5,5
	0,75	2,8	2,8	8,3	8,3
	1	3,8	3,8	11	11
	1,25	4,5	4,5	13	13
	1,5	5,6	5,6	16	16
	1,75	6	6	18	18
	2	8	8	24	24
	2,5	10	10	30	30
Mayor que 22,4 hasta 45	0,5	2,1	2,1	6,3	6,3
	0,75	3,1	3,1	9,5	9,5
	1	4	4	12	12
	1,5	6,3	6,3	19	19
	2	8,5	8,5	25	25
	3	12	12	36	36
	3,5	15	15	45	45
	4	18	18	53	53
	4,5	21	21	63	63

Continuación

Diámetro Nominal	Paso (p) mm	Longitud de acoplamiento			
		S	N		L
		Hasta	Mayor	Hasta	Mayor que
Mayor que 45 hasta 90.	0,75	3,6	3,6	11	11
	1	4,8	4,8	14	14
	1,5	7,5	7,5	22	22
	2	9,5	9,5	28	28
	3	15	15	25	25
	4	19	19	56	56
	5	24	24	71	71
	5,5	28	28	85	85
	6	32	32	95	95
Mayor que 90 hasta 180	0,75	4,2	4,2	12	12
	1	5,6	5,6	16	16
	1,5	8,3	8,3	25	25

	2	12	12	36	36
	3	18	18	53	53
	4	24	24	71	71
	6	36	36	106	106
Mayor que 180 hasta 355	1,5	9,5	9,5	28	28
	2	13	13	38	38
	3	20	20	60	60
	4	26	26	80	80
	6	40	40	118	118
Mayor que 355 hasta 600	2	15	15	45	45
	4	29	29	87	87
	6	43	43	130	130

Anexo 6

Tabla 33 Zonas de tolerancias de la rosca exterior.

Clase de precisión.	Longitud de acoplamiento							
	S		N			L		
	Zonas de tolerancia de la rosca exterior.							
Fina	(3h4h)					4g	4h	(5h4h)
Media	5g6g,	(5h6h)	6d	6e	6f	6g	6h	(7e6e), 7g6g (7h6h)
Basta						8g	8h (1)	(9g8g)

(1) solamente para la rosca con $p > 0,8$ mm. Para las roscas con $p < 0,8$ mm se utiliza la zona de tolerancia 8h6h.

Tabla 34 Zonas de tolerancias de la rosca interior.

Clase de precisión.	Longitud de acoplamiento			
	S	N		L
	Zonas de tolerancia de la rosca interior.			
Fina	4H	4H5H	5H	6H
Media	(5G), 5H	6G	6H	(7G), 7H
Basta		7G	7H	(8G), 8H

Las zonas de tolerancia entre paréntesis no se recomiendan.
Para las longitudes de acoplamiento S y L se permite utilizar las zonas de tolerancias establecidas para las longitudes de acoplamiento N.

Anexo 7

Tabla 35

Paso (p) mm	Rosca Exterior					Rosca interior			
	Diámetro								
	d, d2					D1, D2			
	Desviaciones principales								
	es					Ei			
	d	e	f	g	h	E	F	G	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,2	-	-	-32	-17	0	-	+32	+17	0
0,25	-	-	-33	-18	0	-	+33	+18	0
0,3	-	-	-33	-18	0	-	+33	+18	0
0,35	-	-	-34	-19	0	-	+34	+19	0
0,4	-	-	-34	-19	0	-	+34	+19	0
0,45	-	-	-35	-20	0	-	+35	+20	0

0,5	-	-50	-36	-20	0	+50	+36	+20	0
0,6	-	-53	-36	-21	0	+53	+36	+21	0
0,7	-	-56	-38	-22	0	+56	+38	+22	0
0,75	-	-56	-38	-22	0	+56	+38	+22	0
0,8	-	-60	-38	-24	0	+60	+38	+24	0
1	-90	-60	-40	-26	0	+60	+40	+26	0
1,25	-95	-63	-42	-28	0	+63	+42	+28	0
1,5	-95	-67	-45	-32	0	+67	+45	+32	0
1,75	-100	-71	-48	-34	0	+71	+48	+34	0
2	-100	-71	-52	-38	0	+71	+52	+38	0
2,5	-106	-80	-63	-42	0	+80	-	+42	0
3	-112	-85	-	-48	0	+85	-	+48	0
3,5	-118	-90	-	-53	0	+90	-	+53	0
4	-125	-95	-	-60	0	+95	-	+60	0
4,5	-132	-100	-	-63	0	+100	-	+63	0
5	-132	-106	-	-71	0	+106	-	+71	0
5,5	-140	-112	-	-75	0	+112	-	+75	0
6	-150	-118	-	-80	0	+118	-	+80	0

Anexo 8

Tabla 36 Tolerancias del diámetro d_2

Diámetro nominal (d) en mm.	Paso (p) mm	Grados de tolerancia							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		Tolerancias Td 2 (μm)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
De 1 hasta 1,4	0,2	24	30	38	48	60	75	-	-
	0,25	26	34	42	53	67	85	-	-
	0,3	28	36	45	56	71	90	-	-
Mayor que 1,4 hasta 2,8	0,2	25	32	40	50	63	80	-	-
	0,25	28	36	45	56	71	90	-	-
	0,35	32	40	50	63	80	100	-	-
	0,4	34	42	53	67	85	106	-	-
	0,45	36	45	56	71	90	112	-	-

Mayor que 2,8 hasta 5,6	0,25	28	36	45	56	71	-	-	-
	0,35	34	42	53	67	85	106	-	-
	0,5	38	48	60	75	95	118	-	-
	0,6	42	53	67	85	106	132	-	-
	0,7	45	56	71	90	112	140	-	-
	0,75	45	56	71	90	112	140	-	-
	0,8	48	60	75	95	118	150	190	236
Mayor que 5,6 hasta 11,2	0,25	32	40	50	63	80	-	-	-
	0,35	36	45	56	71	90	-	-	-
	0,5	42	53	67	85	106	132	-	-
	0,75	50	63	80	100	125	160	-	-
	1	56	71	90	112	140	180	224	280
	1,25	60	75	95	118	150	190	236	300
	1,5	67	85	106	132	170	212	265	335
Mayor que 11,2 hasta 22,4	0,35	38	48	60	75	95	-	-	-
	0,5	45	56	71	90	112	140	-	-
	0,75	53	67	85	106	132	170	-	-
	1	60	75	95	118	150	190	236	300
	1,25	67	85	106	132	170	212	265	335
	1,5	71	90	112	140	180	224	280	355
	1,75	75	95	118	150	190	236	300	375
	2	80	100	125	160	200	250	315	400
	2,5	85	106	132	170	212	265	355	425

Continuación

Diámetro nominal (d) en mm.	Paso (p) mm	Grados de tolerancia							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		Tolerancias Td 2 (μm)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mayor que 22,4 hasta 45	0,5	48	60	75	95	118	-	-	-
	0,75	56	71	90	112	140	180	-	-
	1	63	80	100	125	160	200	250	315
	1,5	75	95	118	150	190	236	300	375
	2	85	106	132	170	212	265	335	425
	3	100	125	160	200	250	315	400	500
	3,5	106	132	170	212	265	335	425	530
	4	112	140	180	224	280	355	450	560
Mayor que 45 hasta 90	4,5	118	150	190	235	300	375	475	600
	0,5	50	63	80	100	125	-	-	-
	0,75	60	75	95	118	150	-	-	-

	1	71	90	112	140	180	224	280	355
	1,5	80	100	125	160	200	250	315	400
	2	90	112	140	180	224	280	355	450
	3	106	132	170	212	265	335	425	530
	4	118	150	190	236	300	375	475	600
	5	125	160	200	250	315	400	500	630
	5,5	132	170	212	265	335	425	530	670
	6	140	180	224	280	355	450	560	710
Mayor que 90 hasta 180	0,75	63	80	100	125	160	-	-	-
	1	75	95	118	150	190	-	-	-
	1,5	85	106	132	170	212	265	335	425
	2	95	118	150	190	236	300	375	475
	3	112	140	180	224	280	355	450	560
	4	125	160	200	250	315	400	500	630
	6	150	190	236	300	375	475	600	750
Mayor que 180 hasta 355	1,5	90	112	140	180	224	280	355	-
	2	106	132	170	212	265	335	425	530
	3	125	160	200	250	315	400	500	630
	4	140	180	224	280	355	450	560	710
	6	160	200	250	315	400	500	630	800
Mayor que 355 hasta 600	2	112	140	180	224	280	355	450	-
	4	150	190	236	300	375	475	600	750
	6	170	212	265	335	425	530	670	850

Anexo 9

Tabla 37 Tolerancias del diámetro D2

Diámetro nominal (d) mm	Paso P mm	Grados de tolerancia					
		4	5	6	7	8	9
		Tolerancia TD2 (μm)					
1	2	3	4	5	6	7	8
De 1 hasta 1,4	0,2	40	50	63	-	-	-
	0,25	45	56	71	-	-	-
	0,3	48	60	75	-	-	-
Mayor que 1,4 hasta 2,8	0,2	42	53	67	-	-	-
	0,25	48	60	75	-	-	-
	0,35	53	67	85	-	-	-
	0,4	56	71	90	-	-	-
	0,45	60	75	95	-	-	-

Mayor que 2,8 hasta 5,6	0,25	48	60	75	-	-	-
	0,35	56	71	90	-	-	-
	0,5	63	80	100	125	-	-
	0,6	71	90	112	140	-	-
	0,7	75	95	118	150	-	-
	0,75	75	95	118	150	-	-
	0,8	80	100	125	160	200	250
Mayor que 5,6 hasta 11,2	0,25	53	67	85	-	-	-
	0,35	60	75	95	-	-	-
	0,5	71	90	112	140	-	-
	0,75	85	106	132	170	-	-
	1	95	118	150	190	236	300
	1,25	100	125	160	200	250	315
	1,5	112	140	180	224	280	355
Mayor que 11,2 hasta 22,4	0,35	63	80	100	-	-	-
	0,5	75	95	118	150	-	-
	0,75	90	112	140	180	-	-
	1	100	125	160	200	250	315
	1,25	112	140	180	224	280	355
	1,5	118	150	190	236	300	375
	1,75	125	160	200	250	315	400
	2	132	170	212	265	335	425
	2,5	140	180	224	280	355	450

Tabla 37 Tolerancias del diámetro D2 (continuación)

Diámetro nominal (d) mm	Paso P mm	Grados de tolerancia					
		4	5	6	7	8	9
		Tolerancia TD2 (μm)					
1	2	3	4	5	6	7	8
Mayor que 22,4 hasta 45	0,5	112	140	180	224	280	355
	0,75	150	190	236	300	375	475
	1	170	212	265	335	425	530
	1,5	125	160	200	250	315	400
	2	140	180	224	280	355	450
	3	170	212	265	335	425	530
	3,5	180	224	280	355	450	560
	4	190	236	300	375	475	600
	4,5	200	250	315	400	500	630
Mayor que 45 hasta 90	0,5	85	106	132	-	-	-
	0,75	100	125	160	-	-	-

	1	118	150	190	236	300	375
	2	150	190	236	300	375	475
	3	180	224	280	355	450	560
	4	200	250	315	400	500	630
	5	212	265	335	425	530	670
	5,5	224	280	355	450	560	710
	6	236	300	375	475	600	750
Mayor que 90 hasta 180	0,75	106	132	170	-	-	-
	1	125	160	200	250	-	-
	1,5	140	180	224	280	355	450
	2	160	200	250	315	400	500
	3	190	236	300	375	475	600
	4	212	265	335	425	530	670
	6	250	315	400	500	630	800
Mayor que 180 hasta 355	1,5	150	190	236	300	375	-
	2	180	224	280	355	450	560
	3	212	265	335	425	530	670
	4	236	300	375	475	600	750
	6	265	335	425	530	670	850
Mayor que 355 hasta 600	2	190	236	300	375	475	-
	4	250	315	400	500	630	800
	6	280	355	450	560	710	900