



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERÍA MECÁNICA

UNIDAD DE APRENDIZAJE: METROLOGÍA

SEMESTRE: SEXTO

CRÉDITOS: 7

CONCEPTOS BÁSICOS EN METROLOGÍA

Elaboró: Ing. Jorge Saúl Gallegos Molina

Septiembre 2019



Equipado con sus cinco sentidos, el hombre explora el universo que lo rodea y llama ciencia a esta aventura.

**Edwin P. Hubble (1889-1953)
The Nature of Science**



GUÍON EXPLICATIVO

El tema expuesto en esta presentación es parte del programa de la Unidad de Aprendizaje de *Metrología* de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica, la cual se encuentra dentro del núcleo sustantivo. Los conceptos aquí presentados forman parte de la base teórica esencial para comprender la importancia y el contexto de la metrología, dentro del ámbito profesional del Ingeniero Mecánico.

Se inicia con el concepto de metrología y se van presentando los conceptos en forma secuencial conforme se expone el principal objetivo de la metrología, el cual consiste en la evaluación o medición de características del producto mediante el uso de instrumentos de medición. Se presentan conceptos de varias fuentes de información y para mayor claridad, se resume el concepto tomando como base las ideas principales de las diferentes fuentes de información. Al final de la presentación se exponen las principales conclusiones, así como las fuentes bibliográficas que sirvieron de base para la presente documentación, cuya consulta se recomienda en caso de que se desee profundizar más en el tema aquí expuesto.



GUIÓN EXPLICATIVO



Universidad Autónoma del Estado de México
UAEM

Secretaría de Docencia
Dirección de Estudios Profesionales

PROGRAMA DE ESTUDIO POR COMPETENCIAS
DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE:
Metrología

I. IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

| Espacio Educativo: Facultad de Ingeniería | | | | | | |
|--|-----------------|-------------------|----------------|--|---------------|---------------------|
| Licenciatura: Ingeniería Mecánica Año de aprobación por el Consejo Universitario: | | | | Área de docencia: Electricidad | | |
| Aprobación por los H.H. Consejos Académico y de Gobierno | | Fecha: | | Programa elaborado por: M. en C. José Manuel Ayala Ibarrola | | |
| | | | | Fecha de elaboración : 27 de Noviembre de 2009 | | |
| Clave | Horas de teoría | Horas de práctica | Total de horas | Créditos | Tipo de curso | Núcleo de formación |
| | 3 | 1 | 4 | 7 | | |
| Unidad de Aprendizaje Antecedente | | | | Unidad de Aprendizaje Consecuente | | |
| Programas educativos o espacios académicos en los que se imparte: Ingeniería Mecánica | | | | | | |

El tema aquí expuesto pertenece a la Unidad de Aprendizaje de Metrología, que corresponde a una Unidad de Aprendizaje del Sexto Semestre, dentro del Núcleo Sustantivo.



GUIÓN EXPLICATIVO

Los conceptos aquí presentados corresponden a la Unidad 1: Fundamentos de la Metrología.



Universidad Autónoma del Estado de México
UAEM

Secretaría de Docencia
Dirección de Estudios Profesionales

XI. DESARROLLO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

| UNIDAD DE COMPETENCIA I: | ELEMENTOS DE COMPETENCIA | | |
|------------------------------|--|---|---------------------|
| | Conocimientos | Habilidades | Actitudes / Valores |
| 1. Fundamentos de metrología | 1.1 Definiciones 1.2 Sistemas de unidades 1.3 Teoría de medición 1.4 Instrumentación 1.5 Error experimental y manejo de datos 1.6 Calibración de instrumentos 1.7 Normalización 1.8 Administración de espacios de trabajo | - Entender y expresar los conceptos básicos (medición, magnitud, patrón, etc.). - Manejar y hacer transformaciones entre diferentes sistemas de unidades. - Manejo de diferentes criterios para seleccionar el instrumento adecuado (exactitud, intervalo de uso, costo, disponibilidad, etc.). - Entender el concepto de calibración de instrumentos y su utilidad. - Conocer la existencia de normas y especificaciones y su uso general. - Considerar para el lugar donde se hace la medición la influencia del sitio de trabajo (medio ambiente, instalaciones, etc.) las condiciones. | |



Contenido

| Subtema | Diapositiva |
|--|-------------|
| Introducción | 8 |
| ¿Qué es la Metrología? | 9 |
| División de la Metrología. | 12 |
| Ley Federal sobre Metrología y Normalización | 15 |
| Teoría de Medición | 17 |
| Medición | 19 |
| Sistema de Medición | 22 |
| Patrón | 24 |
| Calibración | 26 |
| Exactitud y Precisión | 27 |



Contenido

| Subtema | Diapositiva |
|---|-------------|
| Exactitud y Precisión con la Distribución de Probabilidad Normal | 28 |
| Caso 1: Exactitud y Precisión con Calibrador 1 | 29 |
| Caso 2: Exactitud y Precisión con Calibrador 2 | 30 |
| Caso 3: Exactitud y Precisión con Calibrador 3 | 31 |
| Caso 4: Exactitud y Precisión con Calibrador 4 | 32 |
| Exactitud: Causas de Fallas | 36 |
| Precisión: Causas de Fallas | 37 |
| Conclusiones | 38 |
| Referencias Bibliográficas | 40 |



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.

Por tal motivo, es importante comprender los conceptos sobre los cuales se establecen métodos y técnicas de la metrología, a fin de una clara aplicación de sus principios, que serán llevados a la práctica mediante la selección de un instrumento/equipo de medición, su calibración, validación estadística, uso correcto, mantenimiento, así como el diseño y desarrollo de nuevos equipos de medición, tanto de variables como de atributos.



¿Qué es la Metrología?

Metrología, es la **ciencia de la medición** de pesos y medidas; un sistema de pesos y medidas [3].

Metrología es la **ciencia que trata de las medidas**, de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas. Abarca varios campos, tales como metrología térmica, eléctrica, acústica, dimensional, etc. [6]

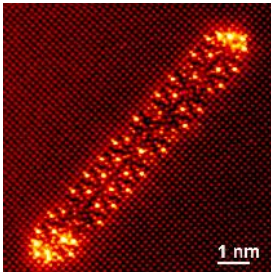
Metrología: Es la **ciencia de la medición**, comprendiendo las determinaciones experimentales y teóricas a cualquier nivel de incertidumbre en cualquier campo de la ciencia y la tecnología. [5]



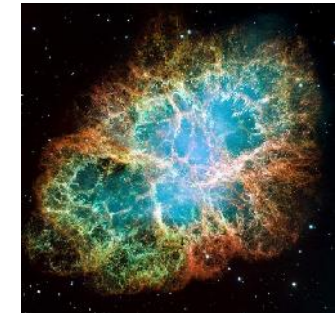
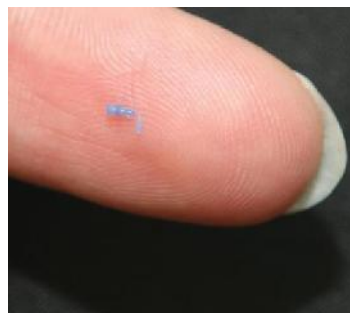
En otras palabras podemos resumir, que la *metrología* va más allá de la simple instrumentación o técnica, constituye una ciencia enfocada a la medición de las variables físicas del entorno que nos rodea, así como al desarrollo de nuevas unidades, métodos y técnicas de medición.

Es una ciencia que tiene aplicación en investigación básica y aplicada, desarrollo de productos, manufactura, logística, calidad, salud, medio ambiente, etc.





La metrología conforme a su definición, tiene aplicaciones para la medición de magnitudes físicas desde el mundo subatómico hasta la medición de grandes magnitudes como se presenta en la astronomía.





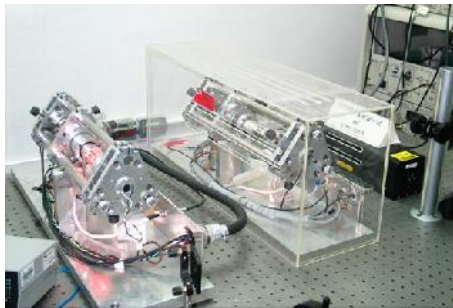
División de la Metrología.

La Metrología suele considerarse dividida en tres categorías, cada una de ellas con diferentes niveles de complejidad y exactitud [2]:

1. La **Metrología Científica** se ocupa de la organización y el desarrollo de los patrones de medida y de su mantenimiento (el nivel más alto).
2. La **Metrología Industrial** debe asegurar el adecuado funcionamiento de los instrumentos de medida empleados en la industria, en los procesos de producción y verificación para asegurar la calidad de vida de los ciudadanos y para la investigación académica
3. La **Metrología legal** se ocupa de aquellas mediciones que influyen sobre la transparencia de las transacciones económicas, particularmente cuando hay un requisito de verificación legal del instrumento de medida, se ocupa también de la salud, medio ambiente y seguridad pública.



Científica



Industrial



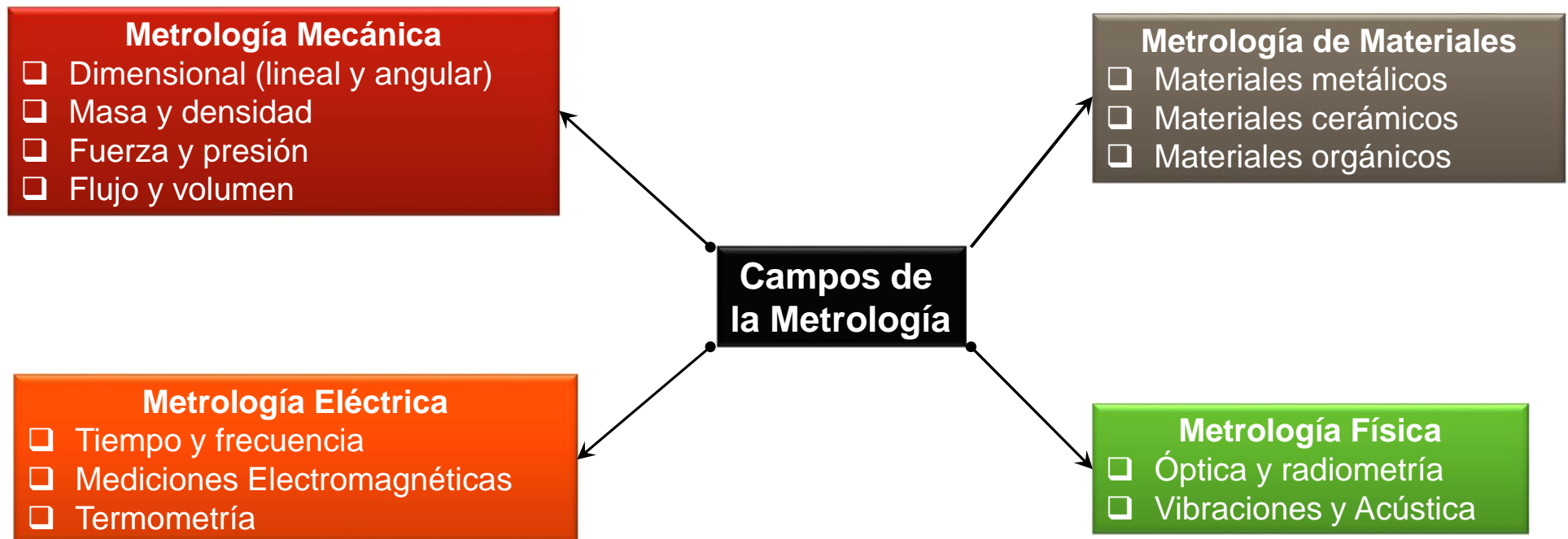
Legal



En resumen, la **metrología científica** establece las unidades de medida y sus patrones (por ejemplo el metro), la **metrología industrial** les da aplicación dentro de las actividades de producción de bienes y servicios, por último la **metrología legal** inspecciona que se cumplan dentro del marco legal, el uso de medidas y patrones correctamente para asegurar la transparencia en comercio, salud, seguridad, etc.



Algunos campos de aplicación de la metrología [6]:





Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

En México la legislación de la metrología y normalización es establecida mediante la “*Ley Federal sobre Metrología y Normalización*”, la cual fue publicada por primera vez en el diario oficial de la federación el primero de julio de 1992. Esta ley se divide en seis títulos principales así como en artículos transitorios [4]:

- **Título Primero.** Disposiciones Generales
- **Título Segundo.** Metrología
- **Título Tercero.** Normalización
- **Título Cuarto.** De la Acreditación y determinación del Cumplimiento
- **Título Quinto.** De la Verificación
- **Título Sexto.** De los Incentivos Sanciones y Recursos

Esta ley es de observancia obligatoria en nuestro país, por lo que algunos de los conceptos mencionados en el presente documento se basan en esta Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.





Teoría de Medición.

Magnitud. Es una variable física que describe alguna propiedad de la naturaleza [6].

Magnitud. Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia [5]

El concepto de “magnitud” puede dividirse, de forma genérica, en “magnitud física”, “magnitud química” y “magnitud biológica”, o bien en magnitud de base y magnitud derivada. Las series de normas internacionales ISO 80000 e IEC 80000: Magnitudes y Unidades, establecen los símbolos de las magnitudes. Estos símbolos se escriben en caracteres itálicos [5].

Ejemplos de magnitudes son: Longitud, masa, fuerza, tiempo, temperatura, etc.



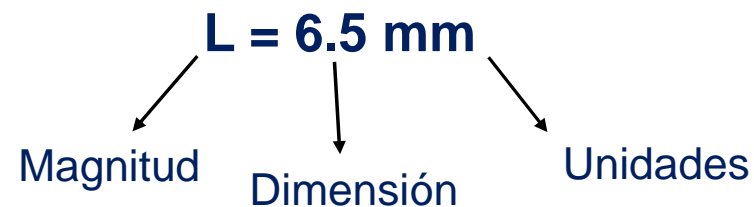
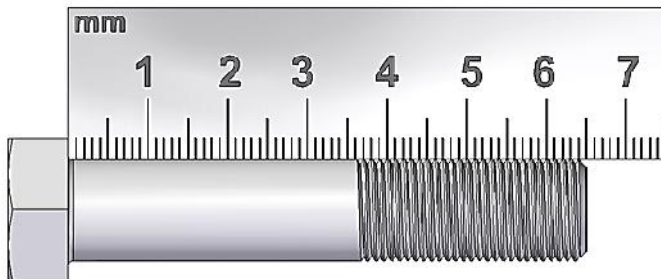
Dimensión: Es la cantidad de la magnitud o variable física [6].

Ejemplos de dimensiones son: 0.001, 0.01, 0.1, 1.0, 10, 100, 1000, etc.

Unidades: Para cuantificar la dimensión de la magnitud física [6].

Ejemplos de unidades son: mm, m, μm , $^{\circ}\text{C}$, K, kg, etc.

Por ejemplo: Para el tornillo mostrado, su longitud será:



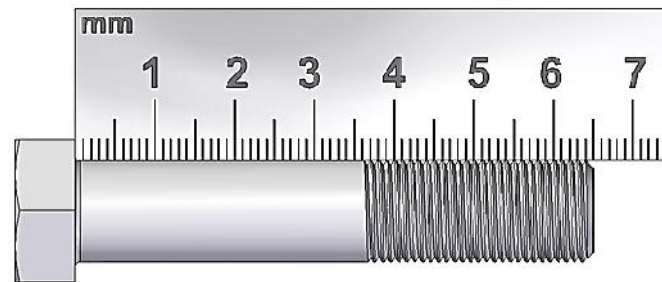


Medición

- Se define como la *asignación de números (o valores)* a objetos materiales para representar las relaciones existentes entre ellos con respecto a propiedades particulares [1]..
- El proceso de asignación de números se define como *proceso de medición*, y el valor asignado se define como *valor medido* [1]..
- Acción o proceso de *comparar cuantitativamente los resultados* con los requerimientos [3].
- Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud [5].



Medir. El acto de determinar el **valor de una magnitud [5]**.



Observaciones:

El proceso de medición o asignación de números está presente en una gran cantidad de actividades del hacer humano. Entre estas actividades encontramos la medición del tiempo que realizamos cada día (por ejemplo, tiempo de traslado, hora de acceso, tiempo de una reacción química, etc.), estudios clínicos, control ambiental, telecomunicaciones, etc.



**Sistema de
Unidades**

Sistema CGS: Sistema cegesimal de unidades.
Sistema MKS: Sistema métrico decimal.
Sistema Inglés
Sistema Internacional de Unidades (SI)

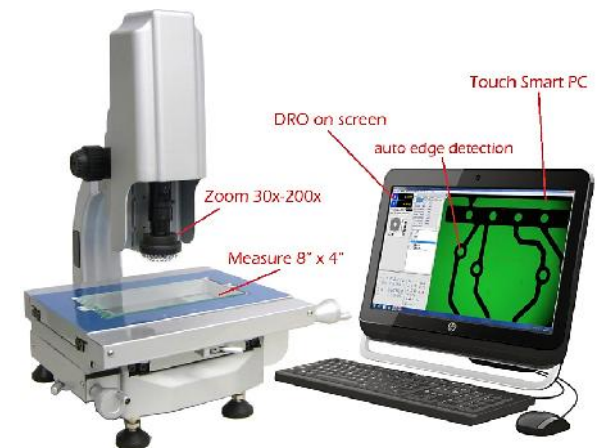
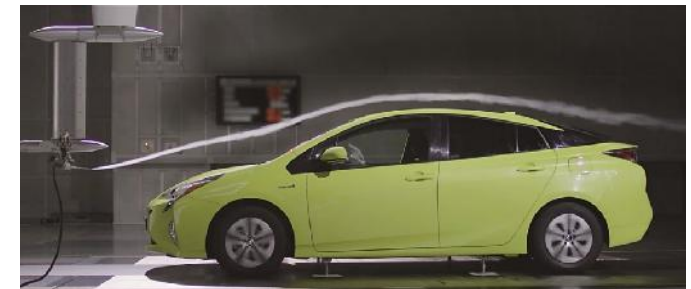
El sistema internacional de unidades está basado en siete unidades fundamentales y cinco suplementarias, además define 19 unidades derivadas [6].

En este SI de unidades existen siete unidades básicas, que son para las cantidades base de **longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa**, expresada como el metro (**m**), el kilogramo (**kg**), el segundo (**s**), el amperio (**A**), el Kelvin (**K**), el mol (**mol**), y la candela (**cd**).



Sistema de Medición

- Colección de instrumentos, calibres, estándares, operaciones, métodos, dispositivos, software, personal, medio ambiente y suposiciones usadas para cuantificar una unidad de medida o establecer una evaluación de una característica que está siendo medida; el proceso completo para obtener resultados [1].
- Todas las operaciones, procedimientos, dispositivos y otros equipos o personal usado para asignar un valor a la característica que está siendo medida [3].





Observaciones:

Dentro del ámbito profesional del Ingeniero Mecánico se presentan un gran número y tipo de sistemas de medición dentro de los sectores de manufactura, energía, control, etc.

Por lo cual es importante identificar todos los elementos que lo integran tal como se menciona en el párrafo anterior. Antes de usar un sistema de medición se deberán de identificar como mínimo: habilidades necesarias para su cuidado y manejo, normas de seguridad, partes del equipo o instrumentos, estándares, operaciones, métodos, dispositivos, software, personal requerido, medio ambiente y cualquier suposición válida para asegurar un buen manejo y cuidado del sistema de medición.





Patrón

Patrón: Medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a *definir, realizar, conservar o reproducir* una unidad o uno o varios valores conocidos de una magnitud para *transmitirlos por comparación* a otros instrumentos de medición [4].

Patrón nacional: el patrón autorizado *para obtener, fijar o contrastar* el valor de otros patrones de la misma magnitud, que sirve de base para la fijación de los valores de todos los patrones de la magnitud dada [4].



Ejemplo de Patrón

Patrón: Metro
Lugar: Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM)
Aplicación: Metrología Científica
Patrón del Metro: Distancia recorrida por la luz en el vacío en 1/299 792 458 partes de un segundo.



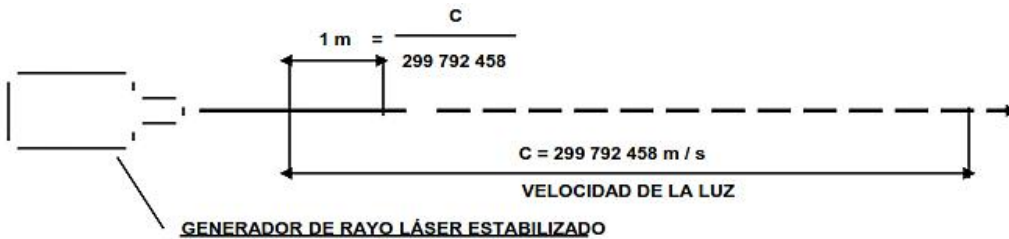
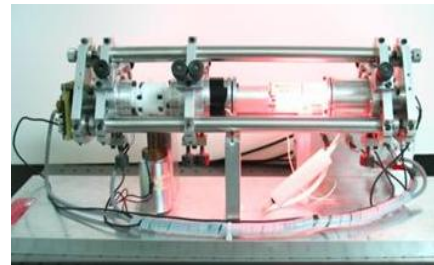
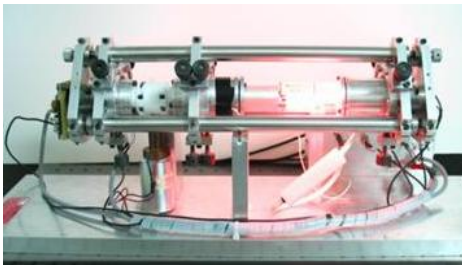
Patrón Nacional: Metro
Lugar: Centro Nacional de Metrología (CENAM)
Aplicación: Metrología Científica
Patrón del Metro: Distancia recorrida por la luz en el vacío en 1/299 792 458 partes de un segundo.



Patrones Primarios
Lugar: Empresas Fabricantes de blocs patrón
Aplicación: Metrología Industrial



Patrones Primarios
Lugar: Laboratorios de Ensayo y Calibración
Aplicación: Metrología Industrial

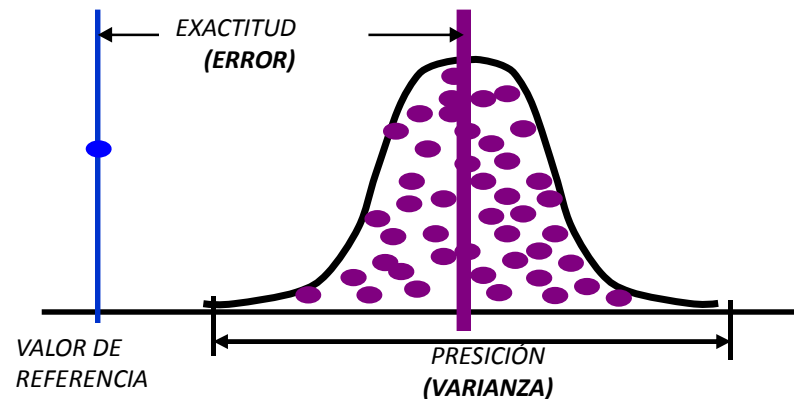




Calibración

Calibración: el conjunto de operaciones que tiene por finalidad *determinar los errores de un instrumento* para medir y de ser necesario, otras características metrológicas [4].

Calibración: Verificación y ajuste de un instrumento contra un patrón conocido (o estándar), a fin de reducir *los errores de exactitud* [1].





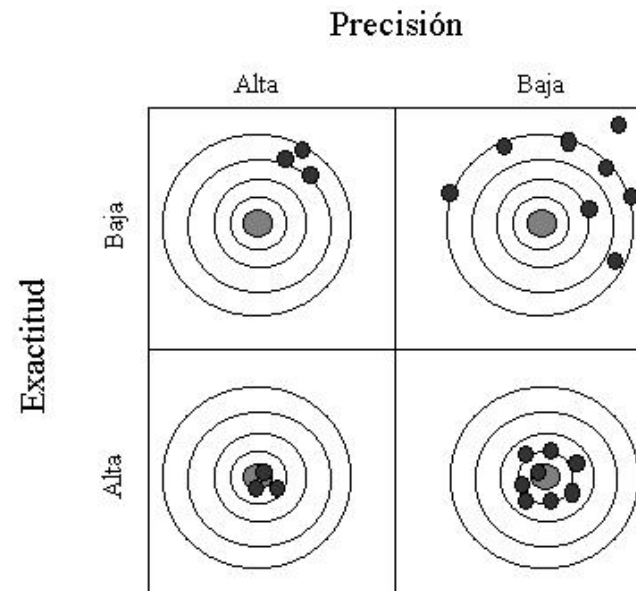
Exactitud y Precisión

Exactitud: Desviación de la lectura del instrumento respecto de una entrada conocida [1].
Ejemplo: Manómetro de 100 kPa con una exactitud del 1% indica que el instrumento es exacto dentro de ± 1 kPa a plena escala del manómetro.

Precisión: Capacidad del instrumento para reproducir una lectura con una exactitud dada [1].

La Figura nos muestra una analogía de Exactitud y Precisión en una pizarra de "Tiro al Blanco".

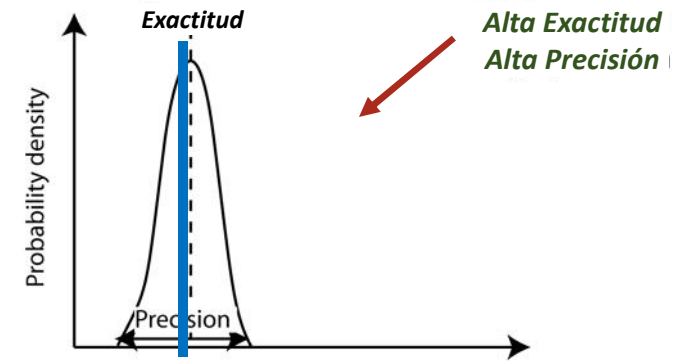
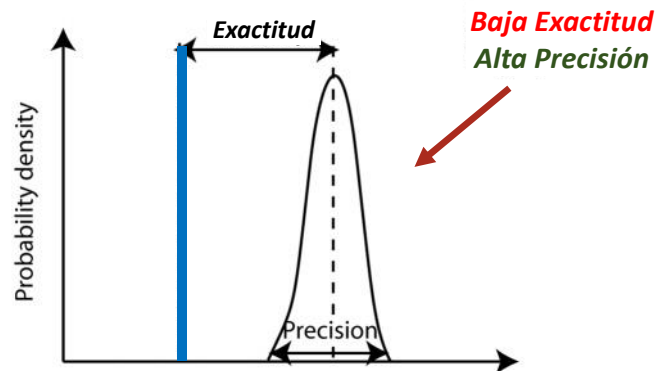
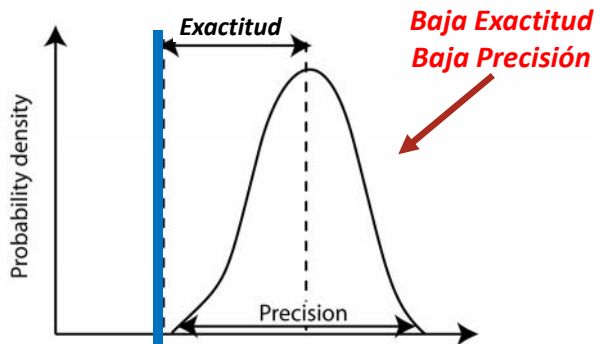
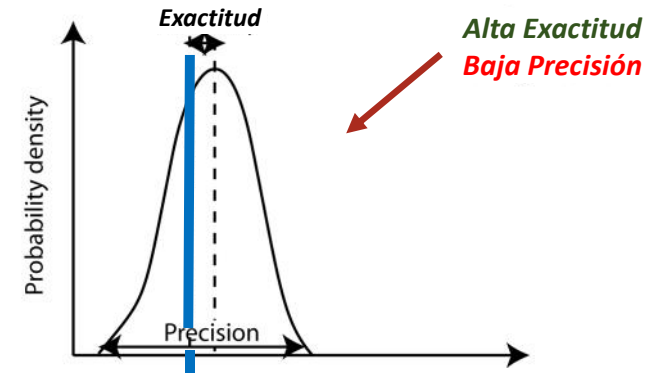
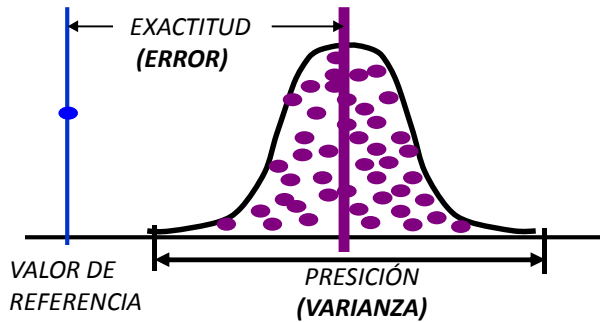
Para que un sistema de medición sea confiable debe de tener una exactitud y precisión altas en forma simultánea.





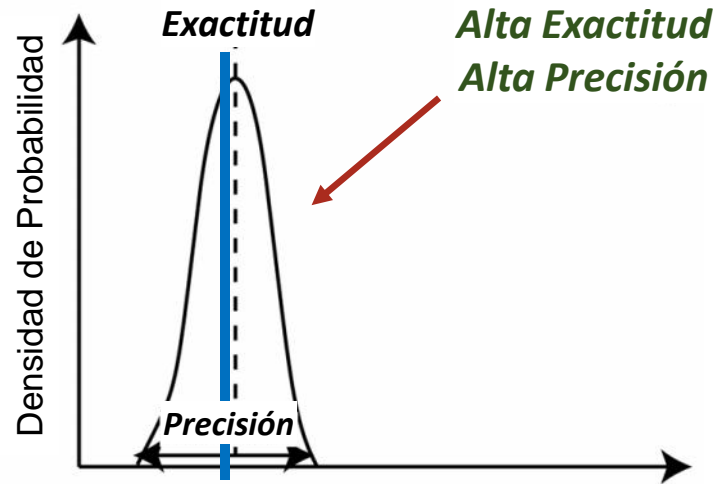
Exactitud y Precisión con la Distribución de Probabilidad Normal

La presente Figura muestra el significado de la **Exactitud** y **Precisión** utilizando la distribución de probabilidad normal. La exactitud significa la desviación de la media de la distribución respecto al valor de referencia, en tanto que la precisión esta relacionada con la desviación estándar de los datos.





Caso 1: Exactitud y Precisión con Calibrador 1

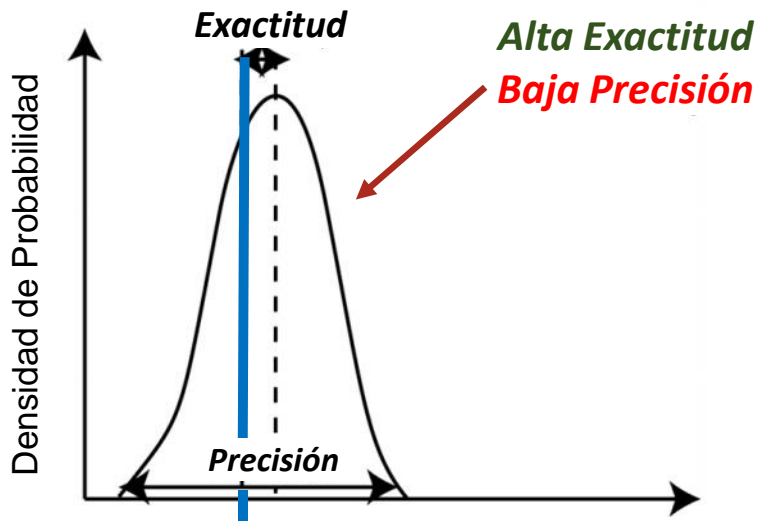


La presente Figura y Tabla muestran un análisis básico para estimar la exactitud y precisión solo considerando la media de la muestra y la desviación estándar para el conjunto de datos obtenidos durante diez mediciones. Se usa un calibrador digital con un perno patrón de 25 mm, se toman 10 lecturas y se estima su promedio y desviación estándar, observamos un error o exactitud de **0.015** mm y una desviación estándar de **0.044** mm.

| Entrada Conocida (mm) | Valor Real (VR) VR = 25 mm |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Instrumento: Calibrador Digital | |
| Medición | Valor Obtenido |
| 1 | 25.01 |
| 2 | 25.02 |
| 3 | 24.98 |
| 4 | 24.99 |
| 5 | 24.97 |
| 6 | 25.09 |
| 7 | 25.10 |
| 8 | 25.00 |
| 9 | 25.00 |
| 10 | 24.99 |
| Promedio (VM) | 25.015 |
| Exactitud (VR-VM) | 0.015 |
| Dev. Estándar | 0.044 |



Caso 2: Exactitud y Precisión con Calibrador 2

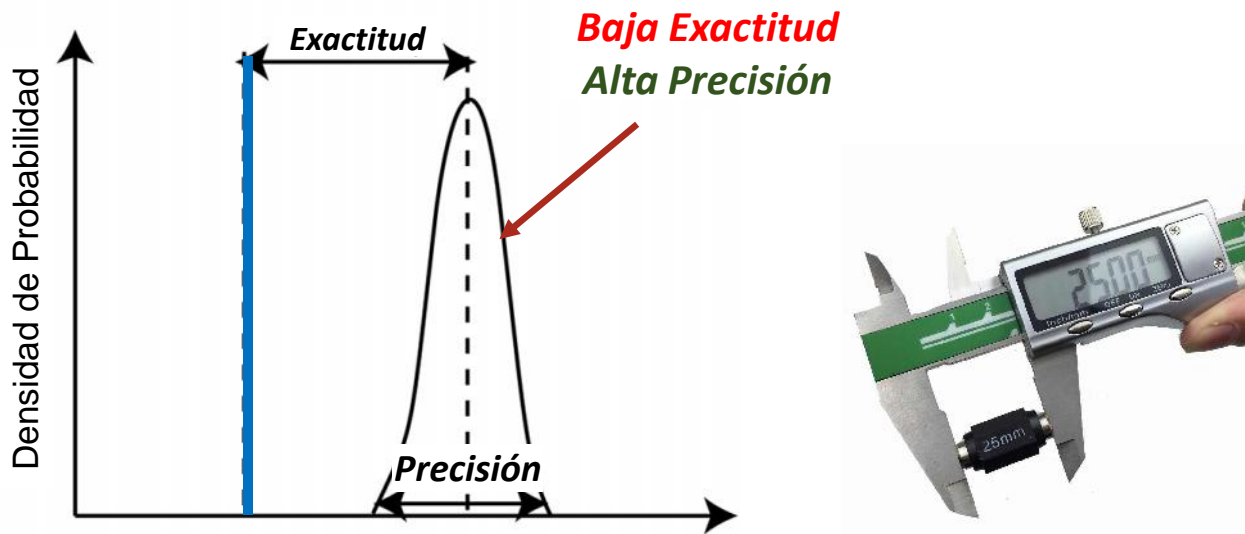


La presente Figura y Tabla muestran el mismo análisis básico para estimar la exactitud y precisión solo considerando la media de la muestra y la desviación estándar para el conjunto de datos obtenidos en diez mediciones. Se usa un calibrador digital, se toman 10 lecturas y se estima su promedio y desviación estándar, observamos un error o exactitud similar al caso anterior de **0.015 mm** y una desviación estándar de **0.152 mm** es decir una dispersión de datos (precisión) casi el triple del caso anterior.

| Entrada Conocida (mm) | Valor Real (VR) VR = 25 mm |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Instrumento: Calibrador Digital | |
| Medición | Valor Obtenido |
| 1 | 25.19 |
| 2 | 25.2 |
| 3 | 24.98 |
| 4 | 24.95 |
| 5 | 24.87 |
| 6 | 25.11 |
| 7 | 25.2 |
| 8 | 25 |
| 9 | 24.8 |
| 10 | 24.85 |
| Promedio (VM) | 25.015 |
| Exactitud (VR-VM) | 0.015 |
| Desv. Estándar | 0.152 |



Caso 3: Exactitud y Precisión con Calibrador 3

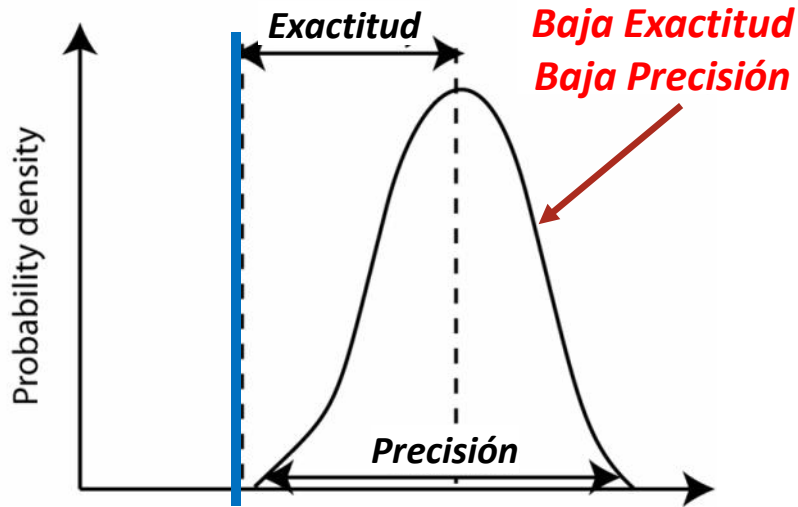


La presente Figura y Tabla muestran el mismo análisis básico similar a los casos anteriores para estimar la exactitud y precisión solo considerando la media de una muestra de diez mediciones y la desviación estándar para el conjunto de datos obtenidos. Observamos un error o exactitud mayor respecto a los dos casos anteriores de **0.228 mm** y una desviación estándar de **0.036 mm** es decir una dispersión de datos (precisión) menor que los dos casos previos.

| Entrada Conocida (mm) | Valor Real (VR) VR = 25 mm |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Instrumento: Calibrador Digital | |
| Medición | Valor Obtenido |
| 1 | 25.21 |
| 2 | 25.22 |
| 3 | 25.25 |
| 4 | 25.2 |
| 5 | 25.23 |
| 6 | 25.21 |
| 7 | 25.32 |
| 8 | 25.22 |
| 9 | 25.19 |
| 10 | 25.23 |
| Promedio (VM) | 25.228 |
| Exactitud (VM-VR) | 0.228 |
| Desv. Estándar | 0.036 |



Exactitud y Precisión-Calibrador 4



Al igual que los casos previos, la presente Figura y Tabla muestran el mismo análisis básico para estimar la exactitud y precisión solo tomando la media de la muestra y la desviación estándar para el conjunto de datos obtenidos en diez mediciones. Se usa un calibrador digital, se toman 10 lecturas y se estima su promedio y desviación estándar, observamos un error o exactitud de **0.237 mm** y una desviación estándar de **0.291 mm**. Ambos valor de exactitud y dispersión de datos (precisión) son mayores a los casos anteriores.

| Entrada Conocida (mm) | Valor Real (VR) VR =25 mm |
|---------------------------------|------------------------------|
| Instrumento: Calibrador Digital | |
| Medición | Valor Obtenido |
| 1 | 25.37 |
| 2 | 25.42 |
| 3 | 25.25 |
| 4 | 24.89 |
| 5 | 24.83 |
| 6 | 25.51 |
| 7 | 25.32 |
| 8 | 25.48 |
| 9 | 25.52 |
| 10 | 24.78 |
| Promedio (VM) | 25.237 |
| Exactitud (VM-VR) | 0.237 |
| Desv. Estándar | 0.291 |



Si agrupamos los resultados presentados en los casos anteriores, donde se han utilizado cuatro calibradores digitales diferentes y un valor conocido (perno patrón de 25 mm), obtendremos la tabla mostrada a continuación.

En esta tabla se han agrupado en forma de comparación los resultados obtenidos en las diez mediciones realizadas por el mismo personal u operario, utilizando los cuatro calibradores, donde primero se utilizó un calibrador y se realizaron las diez mediciones, y posteriormente se utilizó otro calibrador y así sucesivamente hasta terminar de medir con los cuatro instrumentos. Por fines de simplicidad no se muestran los cálculos para el promedio, exactitud y desviación estándar.

| | Calibrador 1 | Calibrador 2 | Calibrador 3 | Calibrador 4 |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Medición 1 | 25.01 | 25.19 | 25.21 | 25.37 |
| Medición 2 | 25.02 | 25.20 | 25.22 | 25.42 |
| Medición 3 | 24.98 | 24.98 | 25.25 | 25.25 |
| Medición 4 | 24.99 | 24.95 | 25.20 | 24.89 |
| Medición 5 | 24.97 | 24.87 | 25.23 | 24.83 |
| Medición 6 | 25.09 | 25.11 | 25.21 | 25.51 |
| Medición 7 | 25.10 | 25.20 | 25.32 | 25.32 |
| Medición 8 | 25.00 | 25.00 | 25.22 | 25.48 |
| Medición 9 | 25.00 | 24.80 | 25.19 | 25.52 |
| Medición 10 | 24.99 | 24.85 | 25.23 | 24.78 |
| Promedio (VM) | 25.015 | 25.015 | 25.228 | 25.237 |
| Exactitud (VM-VR) | 0.015 | 0.015 | 0.228 | 0.237 |
| Desv. Estándar | 0.045 | 0.152 | 0.036 | 0.292 |



Análisis:

Para poder definir que calibrador es más confiable, deberemos de realizar estudios de validación estadística, no mencionados en el presente documento por estar fuera del alcance u objetivo principal. Sin embargo, con el ejercicio anterior, los resultados obtenidos no permitirán conocer rápidamente cual calibrador es más confiable.



Calibrador 1



Calibrador 2



Calibrador 3



Calibrador 4



Conclusión:

De los cuatro casos presentados, observamos que el calibrador 1, es el que presenta **menor error** o diferencia entre la media de valores obtenidos (VM) y el valor real (VR) conocido (en este caso un perno patrón de 25 mm), así mismo, presenta una desviación estándar menor que los otros cuatro calibradores, por lo que se visualiza que este instrumento *tiene mejor exactitud y precisión*, pudiendo ser más confiable estadísticamente para la medición que los calibradores 2, 3 y 4.

| | Calibrador 1 | Calibrador 2 | Calibrador 3 | Calibrador 4 |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Medición 1 | 25.01 | 25.19 | 25.21 | 25.37 |
| Medición 2 | 25.02 | 25.20 | 25.22 | 25.42 |
| Medición 3 | 24.98 | 24.98 | 25.25 | 25.25 |
| Medición 4 | 24.99 | 24.95 | 25.20 | 24.89 |
| Medición 5 | 24.97 | 24.87 | 25.23 | 24.83 |
| Medición 6 | 25.09 | 25.11 | 25.21 | 25.51 |
| Medición 7 | 25.10 | 25.20 | 25.32 | 25.32 |
| Medición 8 | 25.00 | 25.00 | 25.22 | 25.48 |
| Medición 9 | 25.00 | 24.80 | 25.19 | 25.52 |
| Medición 10 | 24.99 | 24.85 | 25.23 | 24.78 |
| Promedio (VM) | 25.015 | 25.015 | 25.228 | 25.237 |
| Exactitud (VM-VR) | 0.015 | 0.015 | 0.228 | 0.237 |
| Desv. Estándar | 0.045 | 0.152 | 0.036 | 0.292 |

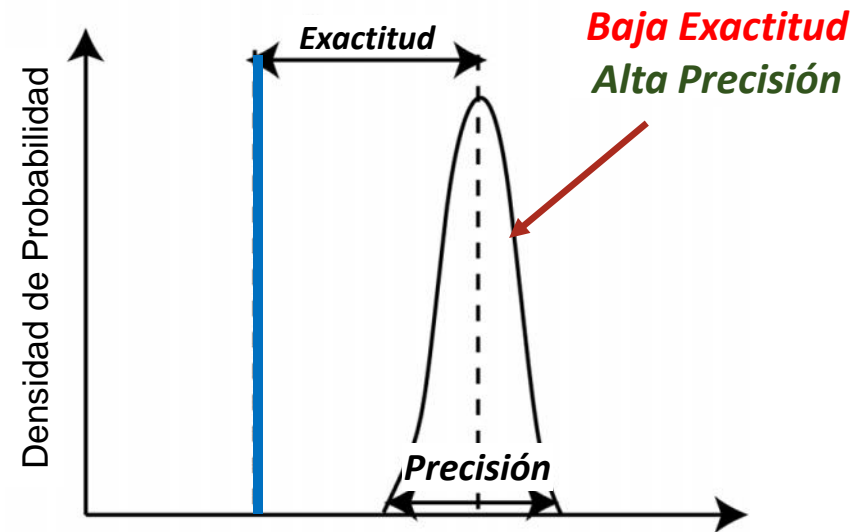


Exactitud: Causas de Fallas

Causas de falla en la exactitud.

Las principales causas que originan un gran error entre el valor medido (VM) y el valor conocido (VR) son generalmente **[1] [6]**:

- Calibración inadecuada del instrumento de medición.
- Error en el master o patrón.
- Instrumento de medición desgastado.
- El instrumento de medición no está hecho para medir esta característica.
- Se está midiendo la característica equivocada.
- El instrumento de medición es usado incorrectamente.



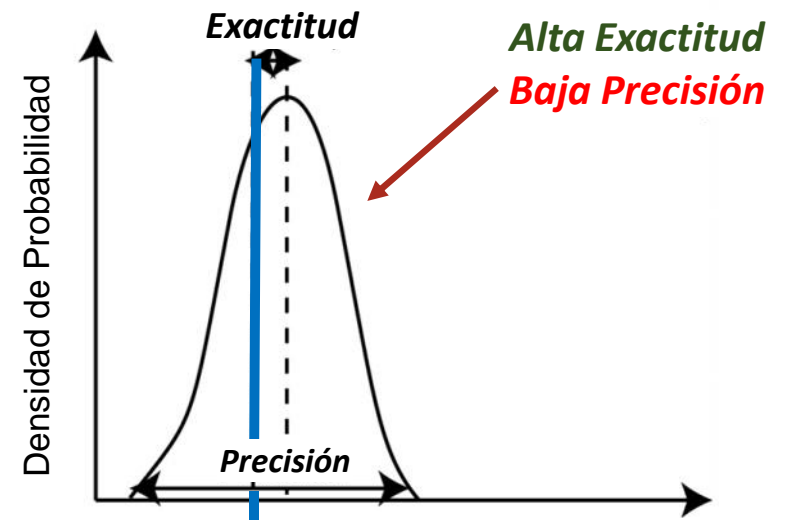


Precisión: Causas de Fallas

Causas de falla en la precisión.

Generalmente se debe a variaciones aleatorias debidas a [1] [6]:

- Fricción entre las partes del instrumento.
- Un mal diseño del instrumento.
- Falta de mantenimiento en el instrumento de medición.





CONCLUSIONES

La metrología está presente en la mayoría de las actividades humanas, se utiliza en una gran diversidad de áreas, como son las transacciones comerciales, análisis clínicos, estudios ambientales, sector químico, producción de energía, diseño, manufactura, calidad, desarrollo del producto, etc.

Por tal motivo, su estudio, análisis y aplicación, es de gran importancia para el perfil del egresado de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica, debido a que desarrollará soluciones creativas e innovadoras para diseñar nuevos productos tecnológicos, así como mejorar y optimizar sistemas de transformación de energía, sistemas de fabricación y ensamble, sistemas de control, manufactura, calidad, etc.



CONCLUSIONES

En todos estos sectores la evolución del desempeño y mejora de cada producto y proceso deberá de medirse, mediante el monitoreo y control de las variables del producto (resistencia, longitud, acabado superficial, etc.) así como del proceso (presión, temperatura, flujo, etc.)

Es importante recordar, que la metrología es la ciencia de la medición, la instrumentación y técnicas de medición y evaluación, son solo una parte del amplio campo de desarrollo y aplicación que tiene la metrología, por lo que su aprendizaje y aplicación no solo se limita al aspecto técnico, sino que también puede proponer nuevas unidades de medición, patrones e instrumentos de medición, tal como ocurre con la metrología científica.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Automotive Industry Action Group (AIAG). (2010). *Measurement System Analysis (MSA), Reference Manual (4th Edition)*. U.S.A: AIAG
- [2] EURAMET (2008). *Metrología abreviada*. (2ª Edición). EURAMET
- [3] <http://asq.org/glossary/m.html>
- [4] Ley Federal Sobre Metrología y Normalización (última reforma publicada DOF 30-04-2009).
- [5] NMX-Z-055-IMNC-2009: Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos Fundamentales y Generales Términos Asociados (VIM)
- [6] Zeleny Vázquez Ramón, González González Carlos. (2007). *Metrología*. (2ª Edición). Mc Graw Hill