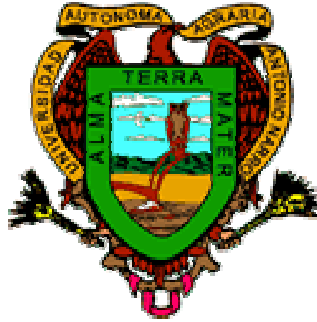


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



Metrología dimensional para las  
aplicaciones en la ingeniería  
agrícola

Por:

**SANTOS ROLANDO BAUTISTA PÉREZ**

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**



Buenavista, Saltillo, Coahuila México.

Mayo de 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

Metrología dimensional para las aplicaciones en la ingeniería agrícola.

Por:

**SANTOS ROLANDO BAUTISTA PÉREZ**

MONOGRAFÍA

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobado

Presidente del Jurado

---

**Ing. B. Elizabeth De La Peña Casas**

Sinodal

Sinodal

---

**Ing. Juan Arredondo Valdez**

---

**M.C. Tomas Gaytán Muñiz**

Coordinador de la División de Ingeniería

---

**Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho**

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo de 2006

*AGRADECIMIENTOS*

A **Dios** por darme ese hermoso don que es la vida, por permitir vivir rodeado de seres maravillosos, por guiarme por el buen camino y por haberme permitido terminar mi carrera.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por cobijarme en su seno durante mi estancia y por darme la oportunidad de realizar uno de mis sueños, el de convertirme en un profesionalista. Nunca te olvidare...

A todos los ingenieros que durante toda la carrera me impartieron clases, por todo su apoyo y confianza que me brindaron cada uno de ellos y me supieron guiar al camino de la superación, les doy mil gracias.

A la **Ing. B. Elizabeth de la Peña Casas**, por su apoyo brindado para realizar bajo su asesoría el presente trabajo de investigación, además por brindarme su amistad durante toda la carrera.

Al **ing. Juan Arredondo Valdés**, por su apoyo, por sus conocimientos transmitidos y por sus sugerencias en la elaboración de este trabajo de investigación.

Al **M. C. Juan Antonio Guerrero Hernández**, porque lo considero un gran amigo, quien con sus sabios consejos me ayudaron a terminar mi especialidad como universitario.

Al **Dr. Martín Cadena Zapata** por sus conocimientos que me brindo en algunas materias y por su apoyo incondicional.

Al **M. C. Tomás Gaytán Muñiz**, por su apoyo durante mi estancia en esta universidad y por las materias impartidas para sobresalir.

Al **M. C. Héctor Uriel Serna Fernández**, por todo el apoyo brindado en esta universidad y por sus consejos y regaños que de alguna manera me ayudaron a terminar mi carrera.

A todos mis compañeros y Amigos, **Gerardo M. Gordillo, Ázael Ramos, Rudy A. Gamboa, Sergio A. Navarro, José A. Espinoza, Neptalí Cuervo, Cesar Barbosa, Yoni Del Carmen, Carlos Hernández, Benjamín Palma, Enrique Porras, Mario A. Méndez, Julio C. Arellanes, Cirilo Santíz, Henry E. Álvarez, Fidel A. Álvarez, José L. Figueroa, David Mejía, Esteban de la Rosa y Aron Soto**, por todos los buenos ratos que pasamos en la Universidad.

A todo el personal administrativo del departamento de Maquinaria Agrícola y en especial a todos aquellos que compartieron su tiempo con migo.

## *DEDICATORIA*

A mis **Padres:**

**Sra. Francisca Pérez Cruz**  
**Sr. Armando Bautista Morales**

Con todo mi cariño y amor, a quienes debo todos mis logros; mi más sincero respeto y admiración, gracias por ser mis padres, los quiero mucho.

Les doy las **gracias**, por sus sabios consejos, por su cariño, por su paciencia y porque a pesar de la adversidad nos impulsan a seguir adelante a mis hermanos y a mí.

A mis **hermanos:**

**N. Elsa**

**N. Isaías**

**L. Magnolio**

**Cristóbal**

Quienes de muchas formas me han ayudado y motivado a continuar y porque son una parte importante en mi vida, gracias por ser mis hermanos, los llevare siempre en mi corazón.

A mis **abuelos, tíos, primos, amigos y cuñados:**

Por sus consejos, motivación y sus buenos deseos hacia mí.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Agradecimientos.....	III
Dedicatoria.....	V
Índice de contenido.....	VI
Índice de figuras.....	X
Índice de cuadros.....	XIII
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	3
1.1.1 Tabla de pesos y medidas.....	3
1.1.2 Pesos y monedas.....	3
1.1.3 Medidas lineales.....	3
1.1.4 Medidas de capacidad.....	3
1.1.5 Medidas lineales.....	4
1.1.6 Unidades de longitud.....	4
1.1.7 Metrología.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Justificación.....	6
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Normas y normalización.....	7
2.2 Metrología dimensional.....	8
2.3 Unidades básicas de medición.....	9
2.3.1 Unidades base.....	10
2.3.2 Unidades suplementarias.....	10
2.3.3 Definiciones de unidades base y suplementarias.....	10
2.3.4 Algunas unidades derivadas más comunes.....	11
2.3.5 Prefijos para formar los múltiplos y submúltiplos del SI.....	12
2.4 Lenguaje de las mediciones.....	13

2.5	Instrumentos básicos para medir.....	17
2.5.1	Tipos de metro.....	17
2.5.2	Otros instrumentos para medir.....	19
2.5.3	Medición con reglas.....	20
2.5.4	Regla de acero.....	20
2.5.5	Lainas.....	21
2.5.6	Patrones de radios.....	21
2.5.7	Patrones para alambres, brocas y láminas.....	22
2.5.8	Compases.....	23
2.5.9	Trazadores y gramil.....	24
2.2.10	Calibres telescópicos.....	24
2.5.11	Calibres para agujeros pequeños.....	25
2.6	El vernier.....	26
2.6.1	Tipos de vernier.....	26
2.6.1.1	Calibrador vernier tipo M.....	27
2.6.1.2	Calibrador vernier tipo CM.....	28
2.6.2	Escala del vernier.....	28
2.6.2.1	Número de escalas principales en calibradores vernier.....	29
2.6.2.2	Graduaciones en la escala principal y vernier.....	30
2.6.2.3	Cómo tomar lecturas con escalas vernier.....	30
2.6.2.3.1	Vernier estándar.....	30
2.6.2.3.2	Vernier largo.....	32
2.6.2.3.3	Vernier en pulgadas.....	34
2.6.3	Precauciones cuando se mida con un calibrador vernier.....	35
2.7	El micrómetro.....	36
2.7.1	Principio del micrómetro.....	38
2.7.2	Tipos de micrómetros.....	40
2.7.3	Cuidados generales requeridos al utilizar micrómetros.....	45
2.7.4	Cuidados básicos durante la utilización del micrómetro.....	46
2.8	Aparatos para medidas angulares.....	48
2.8.1	El transportador y el goniómetro.....	49

2.8.2	Regla de senos .....	50
2.8.3	Escuadras.....	51
2.8.4	Niveles.....	51
2.8.4.1	Procedimiento de ajuste para el nivel.....	53
2.9	Instrumentos para medir roscas .....	53
2.9.1	Calibrador de pasa-no pasa.....	53
2.10	Errores en la medición.....	54
2.10.1	Medida del error.....	55
2.10.2	Clasificación de errores en cuanto a su origen.....	56
2.10.2.1	Errores por el instrumento o equipo de medición.....	57
2.10.2.2	Errores del operador o por el modo de medición.....	57
2.10.2.3	Error por el uso de instrumentos no calibrados.....	58
2.10.2.4	Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones.....	58
2.10.2.5	Error por instrumento inadecuado .....	58
2.10.2.6	Errores por puntos de apoyo.....	60
2.10.2.7	Errores por método de sujeción del instrumento.....	61
2.10.2.8	Error por distorsión.....	62
2.10.2.9	Error de paralaje. ....	63
2.10.2.10	Error de posición.....	63
2.10.2.11	Error por desgaste .....	64
2.10.2.12	Error por condiciones ambientales.....	64
2.11	Medición de engranes.....	67
2.11.1	Instrumentos que se utilizan para medir engranes.....	67
2.12	Símbolos de tolerancias geométricas.....	70
<b>III</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>72</b>
3.1	Prácticas sobre metrología.....	72
3.2	Integración de prácticas.....	73
3.2.1	Reporte de las prácticas.....	73



<b>IV</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	74
<b>V</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	75
<b>VI</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	76
<b>VII</b>	<b>ANEXOS</b> .....	78
	ANEXO 1 Prácticas de metrología.....	79
	ANEXO 2 Ley federal sobre metrología.....	92
	ANEXO 3 Medición y registro.....	95
	ANEXO 4 Utilización del Micrómetro.....	97
	ANEXO 5 Cuadro de conversiones.....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 2.0	Límites.....	16
Figura 2.1	Metro normal.....	17
Figura 2.2	Metro plegable.....	17
Figura 2.3	Escuadra.....	18
Figura 2.4	Falsa escuadra.....	18
Figura 2.5	Calibre.....	18
Figura 2.6	Transportador de ángulos.....	19
Figura 2.7	Plomada.....	19
Figura 2.8	Compás.....	19
Figura 2.9	Nivel.....	19
Figura 2.10	Regla de acero.....	20
Figura 2.11	Lainas.....	21
Figura 2.12	Patrones de radios.....	22
Figura 2.13	Patrones de radios.....	22
Figura 2.14	Patrones para brocas.....	22
Figura 2.15	Patrones para alambres y láminas.....	22
Figura 2.16	Compás.....	23
Figura 2.17	Trazador y gramil.....	24
Figura 2.18	Calibres telescópicos.....	25
Figura 2.19	Calibres pequeños.....	25
Figura 2.20	Pie de Rey.....	26
Figura 2.21	Tipos de medición.....	26
Figura 2.22	Calibrador de altura.....	27
Figura 2.23	Calibrador Vernier tipo M.....	28
Figura 2.24	Vernier tipo CM.....	28
Figura 2.25	División de la escala.....	29

Figura 2.26	Graduación de un Vernier estándar.....	31
Figura 2.27	Lectura del Vernier.....	31
Figura 2.28	Graduación del Vernier largo.....	32
Figura 2.29	Graduación en pulgadas del Vernier.....	34
Figura 2.30	Micrómetro.....	36
Figura 2.31	Partes del micrómetro.....	37
Figura 2.32	Partes del micrómetro.....	38
Figura 2.33	Ajustar el cero.....	39
Figura 2.34	Ajuste de error mayor.....	39
Figura 2.35	Micrómetro para tubos.....	40
Figura 2.36	Micrómetro para ranura .....	40
Figura 2.37	Micrómetro de puntas.....	41
Figura 2.38	Micrómetro para ceja de latas.....	41
Figura 2.39	Micrómetro de doble tambor.....	41
Figura 2.40	Micrómetro para espesor de papel.....	42
Figura 2.41	Micrómetro de cuchillas.....	42
Figura 2.42	Micrómetros para ranuras interiores.....	42
Figura 2.43	Micrómetros con topes del arco en V.....	43
Figura 2.44	Micrómetros para espesor de láminas.....	43
Figura 2.45	Micrómetros para dimensiones mayores a 25 mm....	44
Figura 2.46	Micrómetro de interiores tipo calibrador.....	44
Figura 2.47	Micrómetro de profundidades.....	44
Figura 2.48	Micrómetro de interiores tipo varilla intercambiable...	45
Figura 2.49	Micrómetro de interiores tipo extensión.....	45
Figura 2.50	Ángulos.....	48
Figura 2.51	Transportador y goniómetro.....	49
Figura 2.52	Escuadra universal.....	49
Figura 2.53	Regla de senos.....	50
Figura 2.54	Escuadras.....	51
Figura 2.55	Niveles de burbuja.....	51
Figura 2.56	Nivel de burbuja.....	52

Figura 2.57	Calibres roscados pasa-no pasa.....	54
Figura 2.58	Comparación de lecturas.....	57
Figura 2.59	Micrómetro.....	58
Figura 2.60	Instrumentos y equipos de medición.....	59
Figura 2.61	Instrumentos de medición.....	60
Figura 2.62	Puntos Airy o puntos Bessel.....	60
Figura 2.63	Localización de puntos o líneas.....	61
Figura 2.64	Sujeción del instrumento.....	61
Figura 2.65	Micrómetro tipo calibrador de exteriores.....	62
Figura 2.66	Ley de Abbe.....	62
Figura 2.67	Error de paralaje.....	63
Figura 2.68	Error de posición.....	63
Figura 2.69	Nomenclatura del engrane.....	68
Figura 2.70	Micrómetros para dientes de engranes.....	69
Figura 2.71	Medición con Vernier.....	69
Figura 2.72	Inspección de una pieza.....	70
Figura 7.1	Método correcto para sujetar el micrómetro.....	97
Figura 7.2	Sostenimiento del micrómetro.....	97
Figura 7.3	Métodos de medición.....	98
Figura 7.4	Uso adecuado en la medición de un objeto.....	98
Figura 7.5	No levante el micrómetro con el objeto.....	99

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.1	Pesos y monedas.....	3
Cuadro 1.2	Medidas lineales.....	3
Cuadro 1.3	Medidas para áridos.....	3
Cuadro 1.4	Medidas para líquidos.....	4
Cuadro 1.5	Medidas lineales.....	4
Cuadro 1.6	Unidades de longitud.....	4
Cuadro 1.7	Unidades de longitud.....	4
Cuadro 2.0	Clasificación de instrumentos.....	9
Cuadro 2.1	Unidades base.....	10
Cuadro 2.2	Unidades suplementarias.....	10
Cuadro 2.3	Unidades derivadas.....	12
Cuadro 2.4	Prefijos para formar múltiplos y submúltiplos.....	13
Cuadro 2.5	Prefijos.....	13
Cuadro 2.6	Tipos de Vernier.....	29
Cuadro 2.7	Tipos de graduaciones del Vernier.....	30
Cuadro 2.8	Sensividad.....	52
Cuadro 2.9	Coefficiente de expansión térmica de varios materiales	66
Cuadro 2.10	Símbolos de tolerancias geométricas.....	71
Cuadro 7.1	Tabla de conversiones de unidades.....	100

# I INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las observaciones que se han venido realizando, hemos tomado en cuenta la falta de preparación en los alumnos, del personal de la Universidad que requiere del manejo de unidades de medición con instrumentos para realizar un adecuado funcionamiento en los mismos, específicamente los alumnos requieren un adecuado manejo y técnica de utilización de los instrumentos que actualmente se utilizan en metrología y en los diferentes laboratorios.

La metrología describe en forma ordenada, los pasos que hay que seguir para efectuar una cierta medida.

La medición es la forma de determinar el tamaño, la cantidad o la extensión de algo. Es la manera de describir un objeto mediante números. Casi todo lo que un mecánico tiene que hacer, requiere de alguna clase de medición; por tanto, debe entender las reglas y las herramientas que se utilizan para realizar mediciones de precisión.

Lo que se pretende lograr con en este ejemplar, es que el alumno y/o personal técnico se familiaricen con los métodos y el equipo que se utilizan para hacer mediciones correctas. No se estudian todas las formas de medición, sino sólo la medición dimensional. Las mediciones dimensionales son aquellas que se realizan en el diseño y la construcción de toda clase de productos manufacturados: se analizan dos formas de medición dimensional: la lineal, que es la medición de la longitud, y la angular, que es la medición de ángulos. Además se trata el cuidado y el uso de las herramientas de medición que más comúnmente se emplean en diferentes áreas de trabajo, ya sea en las escuelas, talleres, laboratorios, etc. Las mediciones ofrecen los medios exactos y precisos para describir las características y el tamaño de las partes, en la mayoría de las mediciones se hacen para uno de los propósitos siguientes: El primero consiste en encontrar el tamaño exacto, por ejemplo, mediante la medición de una parte durante una operación de maquinado. En este caso se trata de obtener un tamaño dimensionado y por tanto puede determinarse la cantidad que aun debe ser

maquinada. El segundo es un proceso que consiste en determinar si una dimensión o medida se conserva o no dentro de los límites específicos en el plano, en todo caso, el resultado de la medición exacta es una parte que satisface todos los requerimientos y especificaciones (Martínez, 1989).

La metrología también se le conoce como el campo del conocimiento relativo a las mediciones, lo cual nos indica que medir es comparar el valor de una magnitud, contra un patrón. Hoy en día existen infinidad de instrumentos e objetos para realizar cualquier medida, como también instrumentos que requieren de una asesoría técnica, debido a que presentan un grado de dificultad en cuanto a su manejo, podemos mencionar que los instrumentos de medición que requieren de más práctica; son los analógicos, los cuales se consideran de cierta forma más laboriosos al tomar las lecturas, los digitales dan lecturas directas todo lo contrario a los anteriores.

Dentro de la metrología cabe mencionar, las leyes federales y las normas que rigen esta materia. Prácticamente norma es un documento de resultado del trabajo de numerosas personas durante mucho tiempo, y normalización es la actividad conducente a la elaboración, aplicación y mejoramiento de las normas, la cual debe estar ligada de acuerdo a los artículos que la rigen, para que el alumno tenga los conocimientos del porqué deben de estar comprobados los estándares de la metrología. Para su adecuado funcionamiento los patrones de referencia deben estar legalmente aceptados a nivel nacional; estos son los patrones nacionales de medida. El sistema que relaciona los valores mantenidos para los patrones nacionales con todas las actividades de medición de un país es el sistema nacional de metrología.

## 1.1 ANTECEDENTES

Desde la aparición del ser humano sobre la tierra surgió la necesidad de contar y medir, pero la necesidad de hacerlo aporta ingredientes básicos que requiere la metrología. Como mínimo, para desarrollar su actividad fundamental como ciencia que estudia los sistemas de unidades, los métodos, las normas y los instrumentos para medir (González, 1993).

### 1.1.1 Tabla de pesos y medidas

Los equivalentes son aproximaciones generales ya que los patrones no fueron siempre los mismos en todas partes ni durante largos periodos.

### 1.1.2. Pesos y monedas

Cuadro 1.1 Pesos y Monedas

Gera	1/20 del siglo	57 gr de plata
Siclo	la unidad básica	11.4 gr de plata
Libra de plata	50 siclos	570 gr de plata
Talento		34 kg de plata

Fuente: González, 1993

### 1.1.3. Medidas lineales

Cuadro 1.2 Medidas Lineales

Palmo menor	Ancho de la mano	7.5 cm.
Palmo	Unidad básica	22.5 cm.
Codo	Codo a la punta de los dedos	45 cm.
Caña		Cerca de 3 m.

Fuente: González, 1993

### 1.1.4. Medidas de capacidad

Cuadro 1.3 Para áridos

Gomer	1/10 de un efa	7.5 litros
Seah	1/3 de un efa	12.3 litros
Efa	unidad base	37 litros
Homer	10 efas	370 litros

Fuente: Zeleny, 1987



Cuadro 1.4 Para líquidos

Log	1/12 de un hin	0.5 ltrs
Hin	1/6 de un bato	6.2 ltrs
Bato	igual al efa	37 ltrs
Coro	10 batos	370 ltrs

Fuente: Zeleny, 1987

### 1.1.5. Medidas lineales

Cuadro 1.5 Medidas Lineales

Codo		45 cm
Braza	4 codos	1.80 m
Estadio	400 codos	180 m
Milla		1480 m
Camino de un día de reposo		1080 m

Fuente: Zeleny, 1987

Como se muestra más adelante, en las épocas antiguas la longitud es usada de las diferentes partes del cuerpo humano.

### 1.1.6. Unidades de longitud

Cuadro 1.6 Unidades de Longitud

Medida	Parte del cuerpo
Pie	Pie
Duim	Pulgar
Dedo	Dedo
Pouse	Pulgar

Fuente: González, 1993

En la época babilónica se usaban las siguientes unidades:

Cuadro 1.7 Unidades de Longitud

Milla	60 estadios
Estadios	60x12 codos
1 cupido	30 dedos

Fuente: González, 1993

### **1.1.7 Metrología**

La Metrología es la rama de la ciencia que se ocupa de las mediciones, de los sistemas de unidades y de los instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas.

Metrología “Metrom =Medida, Logos = Tratado” De acuerdo con sus raíces la metrología esta relacionada con todas y cada una de las actividades de la humanidad. Y ayuda a todas las ciencias existentes para facilitar su entendimiento, aplicación, evaluación y desarrollo, habiendo estado ligado al hombre desde su aparición sobre la faz de la tierra.

González (1993), define a la metrología, como la ciencia y técnica que tiene por objeto el estudio de los sistemas de pesas y medidas, y la determinación de las magnitudes físicas.

Históricamente ésta disciplina ha pasado por diferentes etapas; inicialmente su máxima preocupación y el objeto de su estudio fue el análisis de los sistemas de pesas y medidas antiguos, cuyo conocimiento se observa necesario para la correcta comprensión de los textos antiguos. Ya desde mediados del siglo XVI, sin embargo, el interés por la determinación de la medida del globo terrestre y los trabajos que al efecto se llevaron a cabo por orden de Luis XIV, pusieron de manifiesto la necesidad de un sistema de pesas y medidas universal, proceso que se vio agudizado durante la revolución industrial y culminó con la creación de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas y la construcción de patrones para el metro y el kilogramo en 1872.

## **1.2 OBJETIVOS**

- Contar con una guía fácil de comprender e interpretar por personal técnico y alumnos de los diversos programas académicos de la Institución.
- Conocer los diversos instrumentos de medición, así como las características, aplicaciones y ventajas al utilizar cada uno de ellos.
- Familiarizar a los estudiantes con los principios básicos de la metrología y desarrollar en los mismos el interés por la estructuración y capacitación, aplicándola en su especialidad en forma teórica-práctica.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la Universidad se realizan diferentes trabajos de investigación y docencia donde se utilizan mediciones, mismas que no en su totalidad se basan en un sistema internacional de unidades.

Por lo anterior el personal del programa de Ingeniero Mecánico Agrícola (IMA) que se encuentra dentro del Departamento de Maquinaria, se plantea establecer una guía de implementación para el manejo de los diferentes instrumentos de medición y el Sistema Internacional de Unidades; en base al estudio de la metrología y a los diferentes conceptos que ésta abarca; de esta manera los diferentes programas docentes de la Universidad y el personal que realiza trabajos de investigación contarán con una guía susceptible para satisfacer los requerimientos de mediciones.

Por otra parte se pretende que todos los alumnos del programa IMA utilicen en sus trabajos de tesis o investigación el Sistema Internacional de Unidades, así mismo se pretende que tanto los ingenieros, técnicos y alumnos se familiaricen con los diferentes instrumentos que se utilizan para realizar mediciones dimensionales, ya que para utilizar cualquier aparato se tiene cierto grado de dificultad al tomar la lectura. Así mismo una buena parte de los aparatos o instrumentos no cuentan con una calibración (realizada por laboratorios

certificados de la Entidad Mexicana de Acreditación) o no son homogéneos con la realización de las mismas operaciones, lo que da como consecuencia un mal resultado en la ejecución de la operación o una medición poco confiable, que no se encuentra dentro de las tolerancias especificadas por los fabricantes.

Con esto se busca la eficacia y el entendimiento rápido del uso de los aparatos o instrumentos que normalmente se utilizan en cualquier área donde se requiera la presencia de la metrología, así mismo se desconoce el mantenimiento apropiado que requieren los diferentes instrumentos antes de utilizarlos para realizar una medición específica.

## **II REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Normas y normalización**

Según González (1993), norma es una solución que se adopta para resolver un problema repetitivo, es una referencia respecto a la cual se juzgará un producto o una función y, en esencia, es el resultado de una elección colectiva y razonada.

Según Zeleny (1989), normalización es la actividad que fija las bases para el presente y el futuro, con el propósito de establecer un orden para el beneficio, es el proceso de elaboración y aplicación de normas; son herramientas de organización y dirección.

Prácticamente, norma es un documento resultado del trabajo de numerosas personas durante mucho tiempo, y normalización es la actividad conducente a la elaboración y mejoramiento de las normas.

El objeto de normalización, es todo aquello que puede normalizarse o merezca serlo; abarca desde conceptos abstractos hasta cosas materiales, por ejemplo: unidades, símbolos, términos, leche, agua, equipos, maquinas, telas, procedimientos, funciones, documentación, sistemas para designar tallas y tamaños de ropa, etcétera (González, 1993).

Los niveles de normalización están definidos por el grupo de personas que utilizan la norma, las cuales se citan a continuación; internacional, regional, nacional, asociación y empresa, las normas empresa son la base para cada campo y ciclo de control en las actividades de una empresa.

La normalización comprende tres aspectos fundamentales: la simplificación, un mismo producto puede hacerse de muchas maneras y, no obstante, ser apto para el uso que se le ha asignado. La unificación, que es el conjunto de medidas necesarias para conseguir la intercambiabilidad y la interconexión de piezas, ésta conduce a la identidad de formas y dimensiones de tornillos, tomacorrientes, conexiones, accesorios, tuercas, etcétera. La especificación, tiene por objeto definir la calidad de los productos, es decir, establecer las exigencias significativas de calidad y sus métodos de comprobación, por tanto, especificar es definir la calidad por métodos reproducibles y comprobables (Zeleny, 1989).

## **2.2 Metrología dimensional**

La metrología dimensional se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares (González, 1993). La inspección de una pieza cae dentro del campo de la metrología dimensional, su objetivo es determinar si cualquier pieza fabricada con tal dibujo conforma con las especificaciones del mismo. La metrología dimensional se aplica en la medición de longitudes (exteriores, interiores, profundidades, alturas) y ángulos, así como la evaluación del acabado superficial (Zeleny, 1989). La medición puede ser directa (cuando el valor de la medida se obtiene directamente de los trazos de los instrumentos) o indirecta (cuando para obtener el valor de la medición necesitamos compararla con alguna referencia).

Cuadro 2.0 Clasificación de instrumentos y aparatos de medición en metrología dimensional.

Lineal	Medida directa	Con trazos o divisiones	Metro
			Regla graduada
			Calibradores
		Con tornillo micrométrico	Micrómetros
			Cabezas micrometrífatas
			Bloques patrón
	Con dimensión fija	Lainas	
		C. pasa-no pasa	
		Comparadores mecánicos	
	Medida indirecta	Comparativo	C. ópticos
			C. neumáticos
			C. electromecánicos
			Maquina de medición de redondez
			Medidores de espesor de recubrimiento
			Esferas
Trigonometría		Maquinas de medición por coordenadas	
		Niveles	
Relativa		Reglas ópticas	
		Rugosímetros	
		Transportador simple	
Angular		Medida directa	Con trazos o divisiones
	Escuadra de combinación		
	Escuadras		
	Con dimensión fija		Patrones angulares
			Calibradores cónicos
			Falsas escuadras
	Medida directa	trigonometría	Regla de senos
			Maquinas de medición por coordenadas

Fuente: González, 1993

### 2.3 Unidades básicas de medición

Esta sección tiene como objetivo presentar una versión abreviada del Sistema Internacional de Unidades, conocido como SI en todos los idiomas que fue adoptado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas, máxima autoridad internacional en metrología y de la cual nuestro país es miembro.

### 2.3.1 Unidades Base

Una unidad base es la que no se puede definir de otra. El Sistema Internacional define las unidades para un conjunto de 7 magnitudes base: longitud, masa, tiempo, temperatura, intensidad de corriente eléctrica, intensidad luminosa y cantidad de sustancia. La lista de estas unidades base, así como su nombre y símbolo, se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1 Unidades Base

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	M
Masa	Kilogramo	Kg
Tiempo	Segundo	S
Temperatura Termodinámica	Kelvin	K
Intensidad de Corriente eléctrica	Ampere	A
Intensidad luminosa	Candela	Cd
Cantidad de sustancia	Mol	Mol

Fuente: Montes, 1991

### 2.3.2 Unidades Suplementarias

Cuadro 2.2 Unidades Suplementarias

Magnitud	Unidad	Símbolo
Ángulo plano	Radian	rad
Ángulo sólido	Esterradián	sr

Fuente: Montes, 1999

### 2.3.3 Definiciones de unidades base y suplementarias

Las unidades de medición se de Unidades, conocido como SI en todos los idiomas que fue adoptado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas, máxima autoridad internacional en metrología y de la cual nuestro país es miembro.

- **Metro:** Longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un lapso de  $1/299792458$  de segundo.
- **Kilogramo:** Masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo.
- **Segundo:** Duración de 9192631770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del átomo de cesio 133.
- **Ampere:** Intensidad de una corriente eléctrica que mantenida en dos conductores paralelos rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados a un metro de distancia entre si producirá en el vacío entre estos conductores una fuerza igual a  $2 \times 10^{-7}$  Newton por metro de longitud.
- **Kelvin:** Fracción  $1/273.16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
- **Candela:** Intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  hertz, cuya intensidad energética en esa dirección es  $1/683$  watt esterradián.
- **Mol:** Cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existen átomos en 0.012 Kg. de carbono 12.
- **Radián:** Ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo y que interceptan sobre la circunferencia de este círculo un arco de longitud igual a la del radio.
- **Esterradian:** Ángulo sólido que teniendo su vértice en el centro de una esfera, corta sobre la superficie de esta esfera un área igual a la de un cuadrado que tiene por radio de la esfera (González, 1993).

#### 2.3.4 Algunas unidades derivadas más comunes

Las unidades derivadas más comunes se describen en el siguiente cuadro (2.3), donde se especifica el símbolo que le corresponde a cada una, así como su definición.



Cuadro 2.3 Unidades derivadas

Magnitud	Unidad	Definición	Símbolo
Superficie	Metro cuadrado	m . m	m <sup>2</sup>
Volumen	Metro cúbico	m . m . m	m <sup>3</sup>
Velocidad	Metro por segundo	M/s	m/s
Aceleración	Metro por segundo al cuadrado	m/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>
Fuerza	Newton	Kg. m/s <sup>2</sup>	N
Presión	Pascal	N/m <sup>2</sup>	Pa
Densidad	Kilogramo por metro cúbico	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>
Inductancia	Henry	Wb/A	H
Inducción magnética	Tesla	Wb/m <sup>2</sup>	T
Potencia	Watt	J/s	W
Diferencia de potencial	Volt	W/A	V
Resistencia eléctrica	Ohm	v/A	Ω

Fuente: Montes, 1991.

### 2.3.5 Prefijos para formar los múltiplos y submúltiplos del SI

Debido a que el tamaño real de cantidades físicas en el estudio de la mecánica cubre una amplia variedad, se usan prefijos en las cantidades básicas, como se observa en el cuadro 2.4.

Por otra parte en el Decimoprimer Congreso General de Pesas y Medidas (GGPM) adoptó la primera serie de prefijos, la última serie fue aprobada en el Décimo noveno Congreso GGPM (1991) en el cual se agregaron los siguientes:

Cuadro 2.4 Prefijos para formar múltiplos y submúltiplos.

Prefijos	Equivalencias	Símbolo
Exa	$10^{18}$	E
Peta	$10^{15}$	P
Tera	$10^{12}$	T
Giga	$10^9$	G
Mega	$10^5$	M
Kilo	$10^3$	k
Hecto	$10^2$	h
Deca	$10^1$	da
Deci	$10^{-1}$	d
Centi	$10^{-2}$	c
Mili	$10^{-3}$	m
Micro	$10^{-6}$	$\mu$
Nano	$10^{-9}$	n
Pico	$10^{-12}$	p
Femto	$10^{-15}$	f
Atto	$10^{-18}$	a

Fuente: Martínez, 1989.

Cuadro 2.5 Prefijos.

Factor	Prefijo	símbolo
$10^{24}$	yotta	Y
$10^{21}$	zetta	Z
$10^{-24}$	yocto	Y
$10^{-21}$	zepto	z

Fuente: Montes, 1991.

## 2.4 Lenguaje de las mediciones

Hoy en día, en estos campos es en donde la interpretación del significado de los términos técnicos es crucial, ya que de ello dependerá en muchas ocasiones el éxito de las tareas a realizar.

El campo de los conocimientos relativos a las mediciones, requiere también del consenso sobre el significado de los términos que se utilizan en el desarrollo de las actividades inherentes a él; principalmente, por ser de una gran diversidad de áreas, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- **Magnitud:** Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que se puede distinguir y determinar cualitativamente. A las magnitudes se les asigna una expresión que las represente y que se denomina dimensión de una magnitud.
- **Dimensión:** Es la expresión numérica en unidades de medida con que se expresan las características geométricas de un cuerpo (longitudes, curvaturas, ángulos), con los cuales conocemos forma y tamaño.
- **Unidad de medida:** Es la magnitud específica, adoptada por convención, utilizada para expresar cuantitativamente magnitudes que tengan las mismas dimensiones y se representa por un símbolo.
- **Sistemas de unidades de medida:** Es el conjunto de unidades establecido por un determinado sistema de magnitudes.
- **Medición:** Conjunto de operaciones experimentales que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.
- **Proceso de medición:** Es la información, equipo y operaciones, relativos a una medición determinada.
- **Resultados de una medición:** Valor de una magnitud medida, obtenido por medición.
- **Exactitud de medición:** Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la magnitud medida.
- **Repetibilidad de mediciones.** Proximidad de concordancia entre resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud.
- **Reproducibilidad de mediciones:** Proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones, la misma magnitud cuando las mediciones individuales se efectúan, según diferentes métodos de medición, por el mismo observador, con los mismos instrumentos de medición, en lugares distintos y condiciones de uso distinto.
- **Instrumento de medición:** Es un dispositivo que nos permitirá efectuar las mediciones.

- **Escala:** Conjunto ordenado de trazos (líneas o signos grabados y correspondientes a valores determinados de una magnitud a medir) con una cifra asociada, formando parte de un dispositivo indicador.
- **Sensibilidad de un instrumento de medición:** Cociente entre el incremento de la variable observada y el incremento correspondiente de la magnitud medida. Es el grado con el cual un instrumento puede detectar la variación de la cantidad que se va a medir.
- **Calibración:** Conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento de medición.
- **Patrón:** Instrumento de medición destinado a definir o materializar, conservar o reproducir la unidad, uno o varios valores conocidos de una magnitud para transmitir por comparación a otros instrumentos (Montes, 1991).
- **Exactitud:** Es el grado de conformidad con una norma establecida. La exactitud también puede considerarse como una comparación entre los resultados deseados y los reales.
- **Precisión:** Es la fidelidad del proceso de medición con relación de repetibilidad.
- **Confiabilidad:** Es aquella condición en la cual los resultados reales son iguales a los resultados deseados previstos. La exactitud de una herramienta de precisión se refiere a que tanto la medición se aproxima a la dimensión real. Su precisión se determina por que tanto puede repetir mediciones idénticas. Por último, su confiabilidad se decide por que tan consistentemente puede obtener los resultados deseados o previstos (Martínez, 1989). Los términos dimensión, tolerancia, y límites corresponden a factores que afectan directamente e influyen en la medición.
- **Dimensión:** Es el tamaño exacto de una parte terminada. Como se muestra en la figura 2.0, la dimensión es 2.000 pulg e indica el tamaño básico de la parte.

- **Tolerancia:** Es la cantidad total de variación permitida al tamaño básico. Como se muestra en la figura 2.0, la tolerancia es más o menos 0.005 pulg ó 0.010 pulg en total.
- **Límites:** Son el tamaño máximo y mínimo de la parte completa tal como lo determina la tolerancia. En el caso mostrado en la fig. 2.0, los límites son 1.995 pulg para el tamaño más pequeño y 2.005 para el mayor. Cualquier parte que se conserve dentro de estos límites es aceptable.

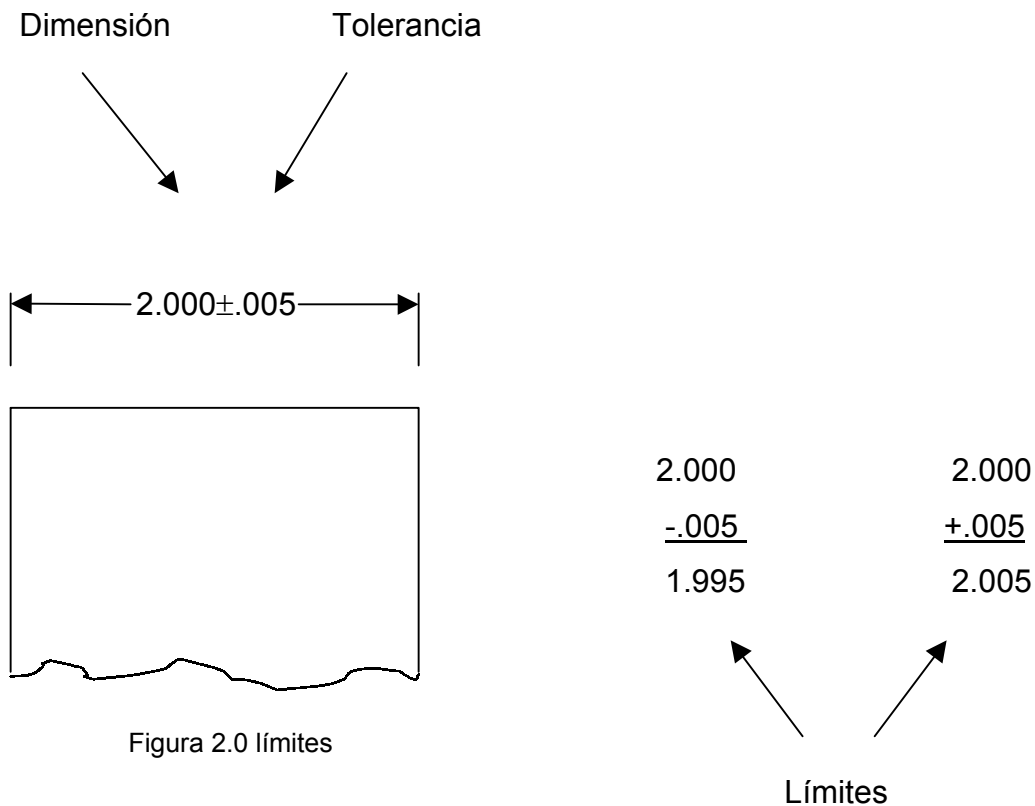


Figura 2.0 Límites

Los límites establecen los tamaños permisibles de una parte y deben ser respetados. Tratar de mantener una tolerancia más rigurosa que la especificada resulta tan costosa como eficiente. El trabajo siempre debe orientarse a la producción de partes que se mantengan dentro de los límites (Lord Kelvin, 1883).

## 2.5 Instrumentos básicos para medir

Generalmente, el primer contacto con un instrumento de medición de longitud será con una cinta o una regla, lo que dependerá de la longitud que se desee medir, en todos estos casos la medición es realizada desde un punto inicial fijo sobre la escala que esta alineada con un extremo de la distancia por medir, la graduación que corresponda a la posición del otro extremo proporcionará la longitud, la escala consiste en una serie de graduaciones uniformemente espaciadas que representan submúltiplos de la unidad de longitud (Zeleny, 1989).

### 2.5.1 Tipos de metro

Por asimilación al sistema de medición que utilizamos, los instrumentos básicos de medida se llaman metro. Existen diferentes tipos de metros:

**Metro / Cinta métrica:** Es el más común, de cinta metálica, muy útil, versátil y que no ocupa espacio porque se enrolla sobre sí mismo.



Figura 2.1 Metro Normal

**Metro plegable:** La ventaja de esta herramienta es que no se dobla cuando está desplegada. Es muy habitual en carpintería.



Figura. 2. 2 Metro Plegable

**Escuadra:** Es utilizada por los carpinteros (fig. 2.3), porque aumenta la precisión del trazo y facilita el marcaje. Además, es perfecta para comprobar el ángulo de los ensamblajes y escuadrado de muebles. La idea es que sirva para medir ángulos rectos de 90°.

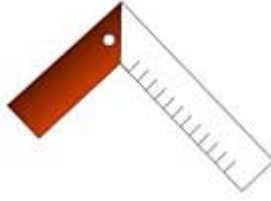


Figura 2.3 Escuadra

**Falsa escuadra:** Se trata de una escuadra (fig. 2.4) con distintas reglas que permite medir y trazar ángulos de distintas dimensiones.



Figura 2.4 Falsa Escuadra

**Calibre:** También conocido como pie de rey (fig. 2.5), es el mejor metro del que disponemos para medir pequeños objetos de bricolaje como clavos y tornillos, así como diámetros, grosores, incluso la profundidad de los agujeros. Su mayor virtud es la precisión.



Figura 2.5 Calibre

**Metro láser:** Es un aparato tecnológico que mide distancias por láser. Es muy preciso, pero también bastante caro.

## 2.5.2 Otros instrumentos para medir

**Transportador de ángulos:** Se utilizan (fig. 2.6) para medir los ángulos en grados.



Figura 2.6 Transportador de Ángulos

**Plomada:** Sirve para medir la verticalidad (fig. 2.7). No es más que una cuerda atada a un peso, que cuando se tensa por efecto de la gravedad, dibuja una línea vertical. Se utiliza mucho en albañilería.



Figura 2.7 Plomada

**Compás:** Tradicional instrumento de medición (fig. 2.8) para medir y trazar circunferencias.



Figura 2.8 Compás

**Nivel:** Los niveles de burbuja son aliados insustituibles en bricolaje, sobre todo (fig. 2.9), en albañilería y carpintería. Con una burbuja en el centro, el nivel sirve para medir con precisión la línea vertical y la horizontal.



Figura 2.9 Nivel



### 2.5.3 Medición con reglas

La herramienta de medición más común en el trabajo del taller mecánico es la regla de acero, se emplea cuando hay que tomar medidas rápidas y cuando no es necesario un alto grado de exactitud. La regla de acero, en pulgadas, están graduadas en fracciones o decimales; las reglas métricas suelen estar graduadas en milímetros o en medios milímetros. La exactitud de la medida que se toma depende de las condiciones y del uso correcto de la regla (González, 1993).

### 2.5.4 Regla de acero

Las reglas de acero (fig. 2.10) se fabrican en una gran variedad de tipos y tamaños, adecuados a la forma de una sección o longitud de una pieza. Para satisfacer los requisitos de la pieza que se produce y se va a medir, hay disponibles reglas graduadas en fracciones o decimales de pulgada o en milímetros. <http://es.wikipedia.org/wiki/Regla>.

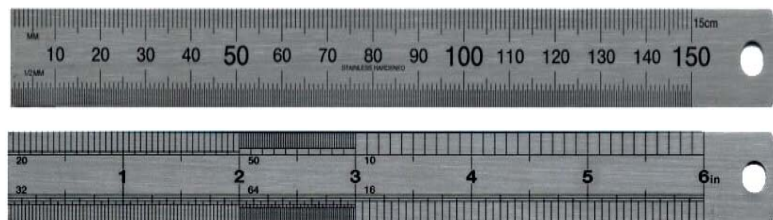


Figura 2.10 Regla de Acero

Los tipos de reglas más utilizadas en el taller de trabajo mecánico se describen a continuación.

- a) Regla rígida de acero templado. Generalmente tiene cuatro escalas, dos en cada lado; se fabrican en diferentes longitudes, la más común es de 6 pulgadas o 150 mm.
- b) Regla flexible, similar a la anterior pero más estrecha y delgada, lo que permite flexionarla, dentro de ciertos límites, para realizar lecturas de rigidez de la regla de acero templado no permite la medición adecuada (Zeleny, 1989).

### 2.5.5 Lainas

Estos medidores (fig. 2.11) consisten en láminas delgadas que tienen marcado su espesor y que son utilizadas para medir pequeñas aberturas o ranuras. El método de medición consiste en introducir una lamina dentro de la abertura, si entra fácilmente se prueba con la mayor siguiente disponible, si no entra vuelve a probarse la anterior.



Figura 2.11 Lainas

Los juegos de laines se mantienen juntos mediante un tornillo que atraviesa un agujero que tienen en un extremo. Debe tenerse cuidado de no forzar las laines ni introducirlas en ranuras que tengan rebabas o superficies ásperas porque esto las dañaría (González, 1993).

Existen juegos con diversas cantidades de laines y pasos de 0.01 mm (.001 pulg). Es posible cambiar las laines para obtener medidas diferentes. Los espesores van de 0.03 a 0.02 mm (.0015 a .025 pulg).

La longitud de las laines puede variar y ser del mismo espesor en toda su longitud o tener una pendiente cónica en un extremo.

### 2.5.6 Patrones de radios

Estos patrones (fig. 2.12) consisten en una serie de láminas marcadas en mm. Con los correspondientes radios cóncavos y convexos, formados en diversas partes de la lámina. Un juego más simple es mostrado en la fig. 2.13.

La inspección se realiza determinando qué patrón se ajusta mejor al borde redondeado de una pieza; generalmente los radios van de 1 a 25 mm en pasos de 0.5 mm



Figura 2.12 Patrones de Radios



Figura 2.13 Patrones de Radios

<http://www.micromex.com.mx/catalogo/medicion/medi007.htm>

### 2.5.7 Patrones para alambres, brocas y láminas

Los patrones para brocas (fig. 2.14) sirven para determinar el tamaño de estas al introducirlas en un agujero cuyo tamaño esta marcado en un lado o para mantener en posición vertical un juego de brocas.

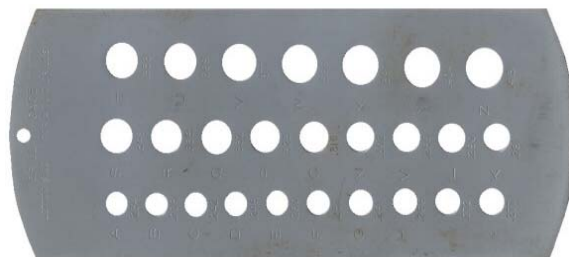


Figura 2.14 para Brocas



Figura 2.15 para Alambres o Láminas

El cuerpo del patrón tiene grabadas indicaciones sobre el tamaño de broca recomendable para un tamaño de rosca determinado. Esta característica permite elegir la broca adecuada.

La fig. 2.15 muestra un patrón para determinar el calibre de alambres o láminas; existen para metales suaves, como cobre y aluminio, y para acero.

Cada ranura tiene su valor decimal equivalente marcado a un lado (Zeleny, 1989).

### 2.5.8 Compases

Antes de que instrumentos como el calibrador Vernier fueran introducidos, las partes eran medidas con compases (fig. 2.16) (interiores, exteriores, divisores, hermafroditas) y reglas. Por ejemplo, para medir un diámetro exterior la parte es puesta entre las puntas del compás y luego las puntas del compás son colocadas sobre una regla para transferir la lectura.

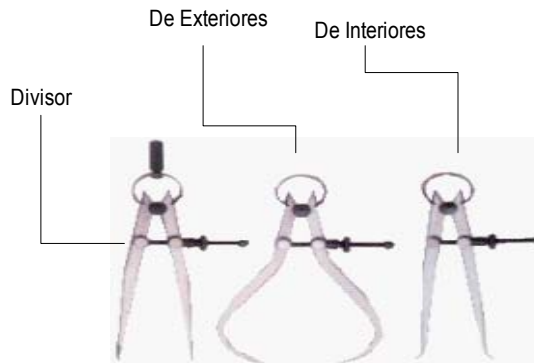


Figura 2.16 Compás

En otra aplicación las puntas del compás de exteriores se separan una distancia específica utilizando una regla, entonces las partes son maquinadas hasta que las puntas del compás de exteriores se separan a una distancia específica utilizando una regla, entonces las partes son maquinadas hasta que las puntas del compás se deslizan justamente sobre la superficie maquinada. El uso de compases en la actualidad está restringido, ya que su uso requiere de habilidad y no es posible lograr gran exactitud; en algunos casos solo se utilizan en el taller para realizar trazos antes de maquinar la pieza (González 1993).

### 2.5.9 Trazadores y gramil

Existen una variedad de trazadores (fig. 2.17), generalmente con puntas de carburo de tungsteno, aunque pueden ser de diamante, útiles para realizar trazos con la ayuda de las reglas o la escuadra de combinación.



Figura 2.17 Trazador y Gramil

El gramil consta de una base sobre la que se sujeta una barra, en posición más o menos vertical, sobre la que hay un soporte para un trazador o un indicador de carátula, cuya posición puede ajustarse subiendo o bajando el soporte sobre la base. El gramil puede utilizarse para transferir mediciones o centrar piezas en maquinas herramienta, por ejemplo un torno.  
<http://www.micromex.com.mx/catalogo/medicion/medi007.htm>

### 2.5.10 Calibres telescópicos

Los calibres telescópicos (fig. 2.18) sirven para la medición de diámetros de agujeros, o anchos de ranuras. Las dos puntas de contacto se expanden mediante la fuerza de un resorte. Una vez colocada en la posición adecuada se fija y se mueve el calibre. El tamaño final puede obtenerse midiendo sobre la punta de contacto con un micrómetro.



Figura 2.18 Calibres Telescópicos

El uso confiable de estos calibres requiere gran habilidad del operador, ya que es necesario mucho tacto y saber colocarlo en la posición correcta (Martínez, 1989).

#### **2.5.11 Calibres para agujeros pequeños**

Estos calibres (fig. 2.19), diseñados para medir agujeros y ranuras pequeños de 3 a 13 mm, también requieren auxiliarse de un micrómetro para medir sobre las puntas de contacto después que estas han sido fijadas dentro del agujero o ranura con la fuerza de medición apropiada.



Figura 2.19 Calibres pequeños

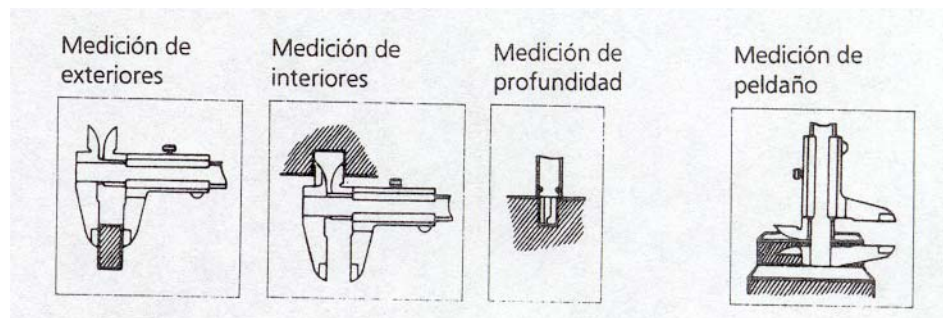
## 2.6 El Vernier

La escala Vernier la inventó Petrus Nonius (1492-1577), matemático portugués por lo que se le denominó nonio. El diseño actual de la escala deslizante debe su nombre al francés Pierre Vernier (1580-1637), quien la perfeccionó. <http://es.wikipedia.org/wiki/Vernier>



Figura 2.20 Pie de Rey

El calibrador Vernier fue elaborado para satisfacer la necesidad de un instrumento de lectura directa que pudiera brindar una medida fácilmente, en una sola operación. El calibrador típico puede tomar tres tipos de mediciones: exteriores, interiores y profundidades, pero algunos además pueden realizar medición de peldaño (véase fig. 2.21)



La figura 2.21 Tipos de Medición

<http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

### 2.6.1 Tipos de Vernier

Según Martínez (1989), existen tres tipos de Vernier, el calibrador Vernier, el calibrador de alturas y el calibrador de diente de engrane. El calibrador Vernier es el más común de los tipos de instrumentos con Vernier que se usan para

mediciones interiores y exteriores. Sin embargo, hay modelos que pueden medir profundidades de agujeros, ranuras, surcos y escalones. Los calibradores de altura se utilizan para el trazado de precisión y para verificar dimensiones desde una superficie de referencia plana, tal como una placa (fig. 2.22).



Figura 2.22 Calibrador de Alturas

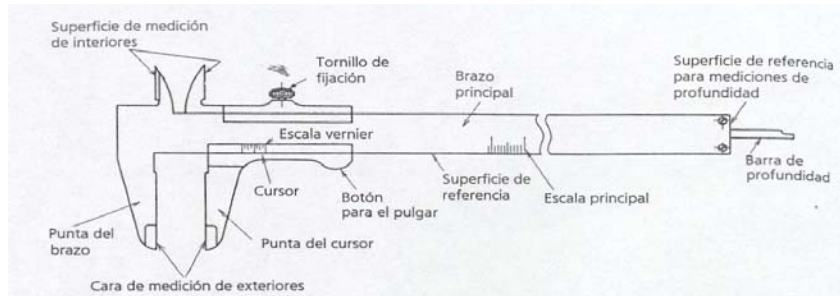
El calibrador de diente de engrane se utiliza exclusivamente para medir el espesor de los dientes de engranes a lo largo de su línea de paso.

Según Zeleny (1989), el Vernier es una escala auxiliar que se desliza a lo largo de una escala principal para permitir en ésta, lecturas fraccionales exactas de la mínima división y los clasifica por tamaño y tipo.

#### **2.6.1.1 Calibrador Vernier tipo M**

La norma JIS B-7507 especifica dos tipos de calibradores Vernier estándar: el de tipo M y el de tipo CM. Llamado también calibrador con barra de profundidades, tiene un cursor abierto y puntas para medición de interiores. El Vernier está graduado con 20 divisiones en 39 mm, con legibilidad de 0.05 mm, algunos calibradores Vernier tipo M están diseñados para la medición de peldaño, ya que tienen el borde del cursor al ras de la cabeza del brazo principal cuando las puntas de medición están completamente cerradas (fig. 2.23).





La figura 2.23 indica la nomenclatura para las partes de un calibre Vernier tipo M <http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

### 2.6.1.2 Calibrador Vernier tipo CM

Como puede apreciarse (fig. 2.24), tiene un cursor abierto y está diseñado de tal forma que las puntas de medición de exteriores puedan utilizarse en la medición de interiores, las puntas de medición no están achaflanadas, por lo que tienen una mayor resistencia al desgaste y al daño. El calibre tipo C, que es una versión simplificada del tipo CM, no tiene dispositivo de ajuste fino y tiene legibilidad de 0.05 mm, ambos carecen de barra de profundidades. <http://www.ramirez.8m.net/a/METRO.htm>.

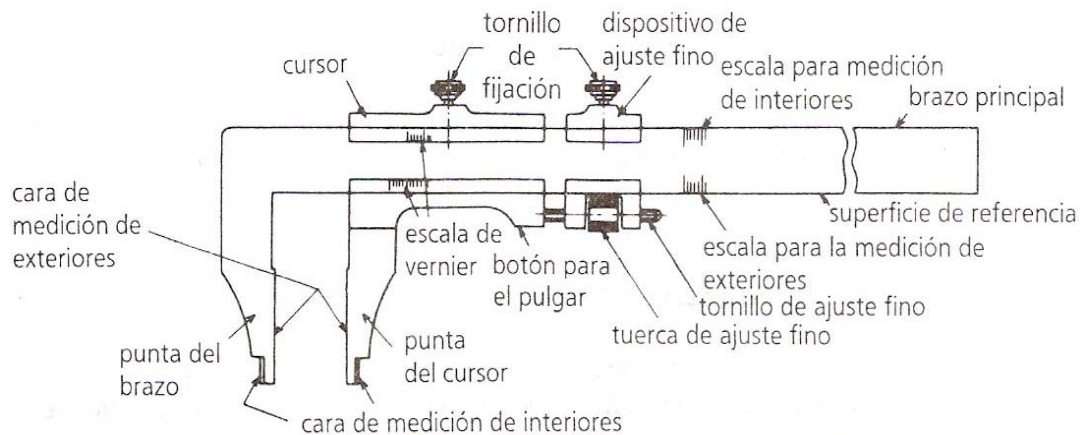


Figura 2.24 Vernier tipo CM

### 2.6.2 Escala del Vernier

Una escala Vernier está graduada en un número de divisiones iguales en la misma longitud que  $n-1$  divisiones de la escala principal; ambas escalas están

marcadas en la misma dirección. Una fracción de  $1/n$  de la mínima división de la escala principal puede leerse (véase fig. 2.25).

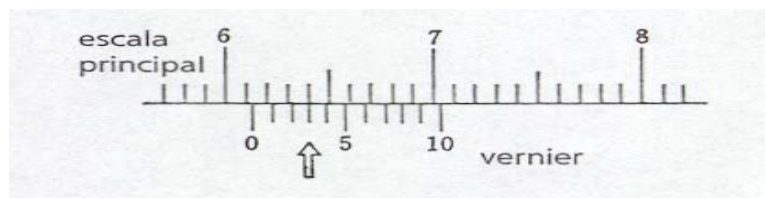


Figura 2.25 División de la escala.

Los calibradores Vernier, en milímetros tienen 20 divisiones que ocupan 19 divisiones de la escala principal graduada cada 1 mm, o 25 divisiones que ocupan 24 divisiones sobre la escala principal graduada cada 0.5 mm, por lo que dan legibilidad de 0.05 mm y 0.02 mm, respectivamente.

### 2.6.2.1 Número de escalas principales en calibradores Vernier

La escala principal está graduada en uno o dos lados, como lo muestra el cuadro 2.6. El calibrador Vernier tipo M por lo general tiene graduaciones finitamente en el lado inferior. El tipo CM tiene graduaciones en los lados superior e inferior para medir exteriores e interiores. El tipo M, diseñado para mediciones en milímetros y pulgadas, tiene graduaciones en los lados superior e inferior, una escala esta graduada en milímetros y la otra en pulgadas (González, 1993).

Cuadro 2.6 Tipos de Vernier.

Tipo	Número de escalas	Unidad de medición
M	1	Pulgadas y mm
M	2	Pulgadas y mm
CM	2	Medición de exteriores e interiores

Fuente: Zeleny, 1987

### 2.6.2.2 Graduaciones en la escala principal y Vernier

El cuadro 2.7 muestra diferentes tipos de graduaciones sobre las escalas principales y Vernier. Hay cinco tipos para la primera y ocho tipos para la segunda, incluyendo el sistema métrico e inglés.

Cuadro 2.7 Tipos de graduaciones del Vernier

Mínima división escala principal	Graduaciones escala Vernier	Lectura del Vernier	Mínima división escala principal	Graduaciones escala Vernier	Lecturas del Vernier
0.5 mm	25 divisiones en 12 mm	0.02 mm	1/16 pulg	8 divisiones en 7/16 pulg	1/28 pulg
	25 divisiones en 24.5 mm	0.02 mm			
1 mm	50 divisiones en 49 mm	0.02 mm	1/40 de pulg	25 divisiones en 1.225 pulg	1/1000 pulg
	20 divisiones en 19 mm	0.05 mm	1/20 pulg	50 divisiones en 2.45 pulg	1/1000 pulg
	20 divisiones en 39 mm	0.05mm			

Fuente: González, 1993.

### 2.6.2.3 Cómo tomar lecturas con escalas Vernier

Los Vernier se clasifican en dos tipos, el estándar y el largo.

#### 2.6.2.3.1 Vernier estándar

Según Zeleny (1989), este tipo de Vernier es el más comúnmente utilizado, tienen divisiones iguales que ocupan la misma longitud que n-1 divisiones sobre la escala principal. En la fig. 2.15 hagamos:

S = valor de la mínima división en la escala principal

V = valor de una división de la escala Vernier

L = legibilidad del Vernier

Entonces el valor C es obtenido como sigue:

$$(an - 1)S = nV$$

$$V = [(an - 1) / n]S$$

$$L = aS - V = (naS - naS + S - S) / n = S / n$$

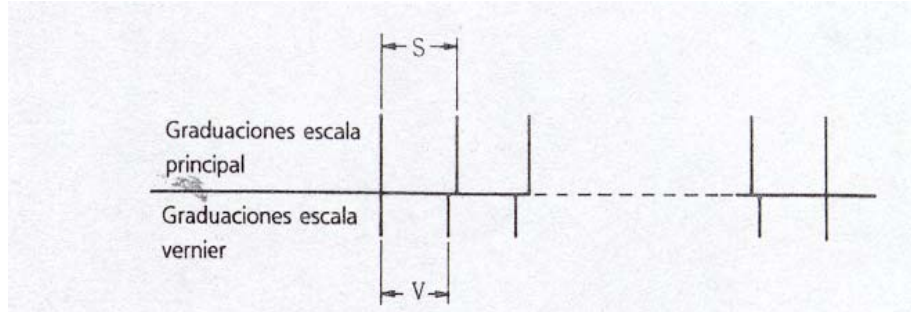


Figura 2.26 Graduación de un Vernier Estándar

Así, cada división sobre la escala Vernier es menor que una de la escala principal en  $s/n$ . La fracción entre las dos primeras graduaciones de la escala principal ubicada inmediatamente a la izquierda del índice cero del Vernier está representada por un múltiplo de  $s/n$  (la diferencia entre una división de la escala principal y una división del Vernier). La diferencia se determina encontrando la graduación sobre la escala Vernier que está más alineada con una graduación sobre la escala principal. <http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

La fig. 2.27 muestra un ejemplo de lectura a una escala principal graduada en milímetros con un Vernier que tiene 20 divisiones iguales en 19 mm.

La diferencia entre una división de la escala principal y una de la escala Vernier es como sigue:

$$L = S - V = S / n = 1 / 20 \text{ mm} = 0.05 \text{ mm}$$

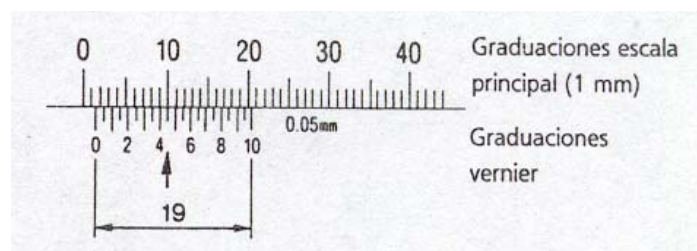


Figura 2.27 Lectura: 1.45 mm

Como lo muestra la fig. 2.27, la novena graduación (próxima a la graduación numerada 4) después del índice cero sobre la escala Vernier está alineada con una graduación sobre la escala principal. Así, la distancia entre la graduación de 1 mm sobre la escala principal y el índice cero del Vernier es:

$$0.05\text{mm} \times 9 = 0.45\text{mm}$$

La lectura total es:

$$1\text{mm} + 0.45\text{mm} = 1.45\text{mm}$$

### 2.6.2.3.2 Vernier largo

El Vernier largo está diseñado para que las graduaciones adyacentes sean más fáciles de distinguir. Por ejemplo, un Vernier largo con 20 divisiones iguales en 39 mm proporciona una legibilidad de  $1/20$  mm, la cual es la misma del Vernier estándar del ejemplo anterior. Dado que este Vernier tiene 20 divisiones que ocupan 39 mm sobre la escala principal, la diferencia entre dos divisiones sobre la escala principal y una división sobre el Vernier está dado como:

$$L = 2\text{mm} - 39/20\text{mm} = 1/20\text{mm} = 0.05\text{mm}$$

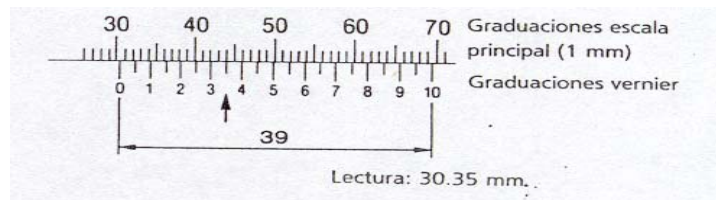


Figura 2.28 Graduación de Vernier Largo

Como puede apreciarse en la fig. 2.28, la séptima graduación (entre las graduaciones numeradas 3 y 4) ubicada después del índice cero sobre la escala Vernier coincide con una graduación de la escala principal, por tanto, la distancia entre la graduación 30 mm sobre la escala principal y al índice cero del Vernier es:

$$0.05\text{mm} \times 7 = 0.35\text{mm}$$

La lectura total es:

$$30\text{mm} + 0.35\text{mm} = 30.35\text{mm}$$

Una división sobre el Vernier largo puede ser expresada como:

$$\frac{(an - 1)}{n}$$

Donde, a es un entero positivo (1,2,3...)

La legibilidad de un Vernier largo con “n” divisiones iguales en la misma longitud que an-1 divisiones sobre la escala principal es 1/n de una división de la escala principal, como se muestra a continuación:

Hagamos

S = valor de una división de la escala principal

V = valor de una división Vernier

L = legibilidad del Vernier

a = entero positivo (1, 2, 3...)

Entonces el valor L es obtenido como sigue:

$$(an - 1)S = nV$$

$$V = \frac{naS - S}{n} = S$$

$$L = aS - V = \frac{naS - naS + S}{n} = \frac{S}{n}$$

Así, cada división sobre el Vernier es menor, a veces una división de la escala principal en  $s/n$ .

### 2.6.2.3.3 Vernier en pulgadas

En la fig. 2.29 muestra el índice cero del Vernier, está entre la segunda y tercera graduación después de la graduación de 1 pulgada sobre la escala principal. El Vernier está graduado en ocho divisiones iguales que ocupan siete divisiones sobre la escala principal, por tanto, la diferencia entre una división de la escala principal y una división de la escala Vernier está dada como:

$$L = S - V = S/n = 1/16 \text{ pulg} \div 8 = 1/128 \text{ pulg}$$

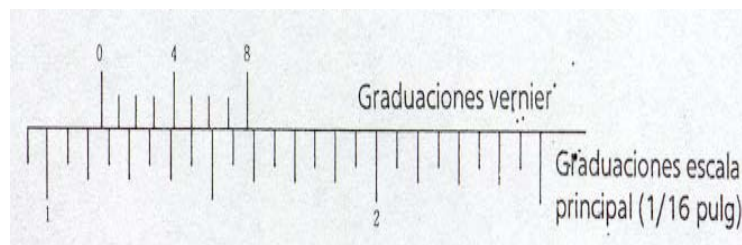


Figura 2.29 Graduación en pulg

La fig. 2.29 muestra que la quinta graduación después del índice cero sobre la graduación Vernier coincide con una graduación de la escala principal. Así, la fracción es calculada como:

$$\frac{1}{128} \text{ pulg} \times 5 = \frac{5}{128} \text{ pulg}$$

La lectura total es:

$$1 \text{ pulg} + \frac{2}{16} \text{ pulg} + \frac{5}{128} \text{ pulg} = 1 \frac{21}{128} \text{ pulg}$$

Cuando haya lecturas en que el numerador de la fracción resulte par, ésta se simplificará como sea necesario hasta no obtener un valor impar en el

numerador, así:  $8/6 = 3/4$  o  $32/64 = 1/2$ .

<http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

### **2.6.3 Precauciones cuando se mida con un calibrador Vernier**

- ✓ Seleccione el calibrador que mejor se ajuste a sus necesidades, asegúrese que el tipo, rango de medición, graduación y otras especificaciones del calibrador sean apropiados para la aplicación.
- ✓ No aplique excesiva fuerza al calibrador, no deje caer ni golpee el calibrador, no use el calibrador como martillo.
- ✓ Sea cuidadoso y no dañe las puntas de medición para interiores, no use las puntas como un compás o rayador.
- ✓ Elimine cualquier clase de polvo del calibrador antes de usarlo, limpie totalmente las caras deslizantes y las caras de contacto, use solo papel o tela que no desprenda pelusa.
- ✓ Medición de exteriores, mantenga y mida la pieza de trabajo en una posición tan cercana a la superficie de referencia como sea posible.
- ✓ Asegúrese de que las caras de medición exterior hagan contacto adecuado con la pieza por medir.
- ✓ Medición de interiores, tome la lectura cuando las puntas de medición de interiores estén tan adentro de la pieza como sea posible.
- ✓ Medición de profundidad, tome la medida cuando la cara inferior del cuerpo principal esté en contacto uniforme con la pieza de trabajo.
- ✓ Medición de peldaño, tome la medida cuando la superficie para medición de peldaño esté en contacto adecuado con la pieza por medir.
- ✓ Evite el error de paralelaje leyendo la escala directamente desde el frente.
- ✓ La medición de agujeros de diámetro pequeño normalmente proporciona lecturas menores que el diámetro real. Es probable tener errores cuando se mide una pieza con un agujero cuyo diámetro es menor de 5 mm.
- ✓ Después de usarlo, limpie las manchas y huellas digitales del calibrador con un trapo suave y seco.



- ✓ Cuando el calibrador sea almacenado por largos periodos o necesite aceite, use un trapo empapado con aceite para prevenir la oxidación y ligeramente, frote cada sección del calibrador. Asegúrese de que el aceite se distribuya homogéneamente sobre la superficie (Martínez 1989).

Los siguientes puntos deberán tomarse en cuenta cuando se almacene el calibrador.

- No exponga el calibrador a la luz directa con el sol.
- Almacene el calibrador en un ambiente libre de polvo.
- Almacene el calibrador en un ambiente de baja humedad bien ventilado.
- No coloque directamente el calibrador con el piso.
- Deje las caras de medición separadas de 0.2 a 2 mm.
- No fije el cursor.
- Almacene el calibrador en su estuche original (o en una bolsa de plástico) (Zeleny, 1989).

## 2.7 El micrómetro

El micrómetro (fig. 2.30) (del griego micros, pequeño, y metros, medición), también llamado Tornillo de Palmer, es un instrumento que sirve para medir con alta precisión (del orden de una micra, equivalente a  $10^{-6}$  m =  $10^{-3}$  mm) las dimensiones de un objeto.



Figura 2.30 Micrómetro

[http://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%B3metro\\_%28instrumento%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%B3metro_%28instrumento%29)

Para ello cuenta con dos puntas que se aproximan entre sí mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado en su contorno una escala. La escala puede incluir un nonio.

Frecuentemente el micrómetro también incluye una manera de limitar la torsión máxima del tornillo, dado que la rosca muy fina hace difícil notar fuerzas capaces de causar deterioro en la precisión del instrumento.

Según Gonzáles (1993), uno de los instrumentos que se utiliza con mayor frecuencia en la industria es el micrómetro. El concepto de medir un objeto utilizando una rosca de tornillo se remonta a la era de James Watt, cuyo micrómetro, inventado en 1772, daba lecturas de 1/ 100 de pulg en la primera carátula y 1/ 256 de pulg en la segunda. Durante el siglo pasado se logró que el micrómetro diera lecturas de .001 pulg y se completó su diseño básico. El principio del micrómetro incorporado en estos modelos iniciales está aún intacto, y es utilizado en varios tipos de micrómetros modernos.

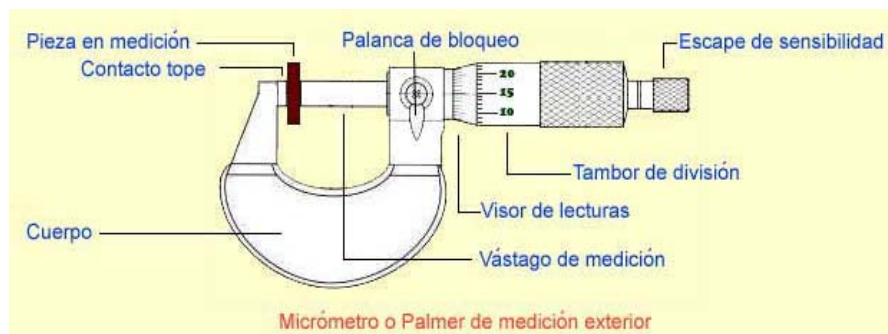


Figura 2.31 Partes del Micrómetro <http://www.gestialba.com/public/tecnologia/tecnocastin003.htm>

Avances de la tecnología de manufactura mejoraron el diseño y la aplicación del micrómetro, así como el mecanismo de lectura. Desde cerca de 1950 los husillos de los micrómetros se rectifican después de endurecerlos, reemplazando así los iniciales métodos de torneado. Al mismo tiempo, empezó a utilizarse el carburo para los topes de medición. Con el rápido desarrollo en circuitos integrados, pantallas de cristal líquido, en los años 70 entraron al mercado los micrómetros digitales y electrónicos. Actualmente los topes de carburo se están sustituyendo por los de cerámica, y los micrómetros que utilizan un haz de luz láser ya dificultan establecer una definición genérica de lo que es un micrómetro. <http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

### 2.7.1 Principio del micrómetro

Según Zeleny (1987), el micrómetro es un dispositivo que mide el desplazamiento del husillo cuando éste es movido mediante el giro de un tornillo, lo que convierte el movimiento giratorio del tambor en el movimiento lineal del husillo. El desplazamiento de éste, lo amplifica la rotación del tornillo y el diámetro del tambor. Las graduaciones alrededor de la circunferencia del tambor permiten leer un cambio pequeño en la posición del husillo (fig. 2.32).

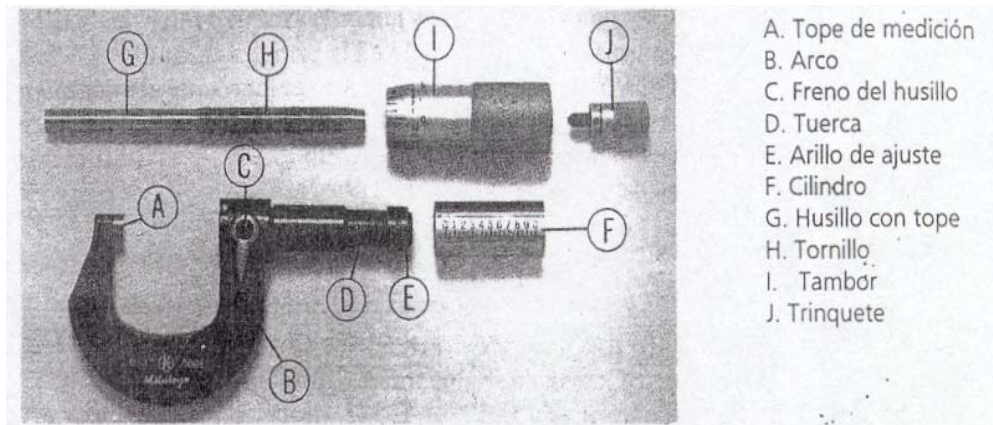


Figura 2.32 Micrómetro

A continuación se proporciona un ejemplo de cómo ajustar el cero utilizando un micrómetro de exteriores con rango de 0 a 25 mm.

- Limpie las caras de medición del husillo y del tope fijo con un pedazo de gamuza o tela limpia, libre de hilachas.
- Aplique una fuerza de medición entre las caras de medición del husillo y del tope fijo dando vuelta al trinquete, y asegúrese de que la línea cero del tambor coincida con la línea de referencia en el punto cero. Si las líneas coinciden entonces ajuste el cero de la siguiente manera:

A. Cuando el error está entre  $\pm 0.01\text{mm}$  (fig. 2.33).

- Fije el husillo.

- Coloque la llave de ajuste en el agujero localizado detrás del cilindro y gire éste de acuerdo con la desviación observada hasta que la línea de referencia del cilindro coincida con la línea cero del tambor.

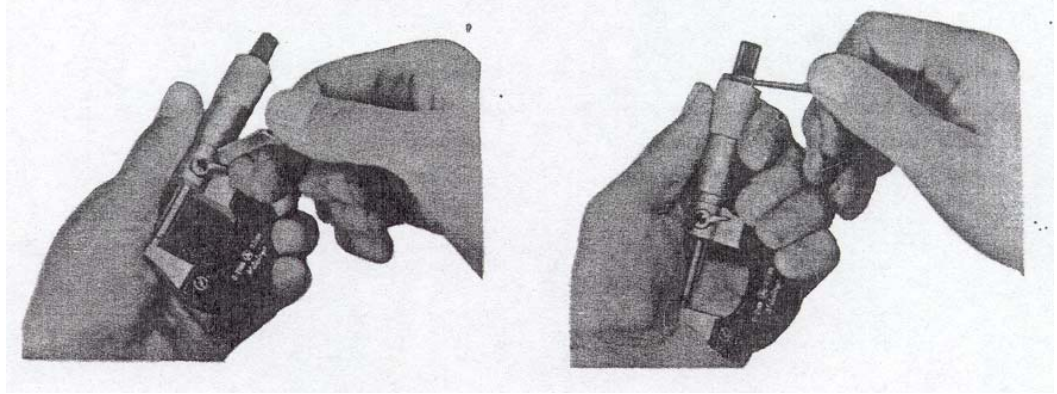


Figura 2.33 Ajustar el cero

Figura 2.34 Ajuste de error mayor

B. Cuando el error es mayor que  $\pm 0.01$  mm (fig. 2.34).

- Fije el husillo.
- A floje el trinquete con la llave de ajuste.
- Jale el tambor hacia el trinquete para inducir una pequeña tensión entre tambor y husillo (que los separe).
- Haga coincidir la línea cero del tambor con la línea de referencia del cilindro.
- Apriete completamente el trinquete con la llave de ajuste.
- Una desviación más pequeña puede corregirse mediante el procedimiento descrito en el inciso A.

## 2.7.2 Tipos de micrómetros

### Micrómetro para tubos

Está diseñado para medir el espesor de pared de partes tubulares, tales como cilindros y collares, fig.2.35.



Figura 2.35 Micrómetro para Tubos

### Micrómetro para ranuras

En este micrómetro ambos topes tienen un pequeño diámetro con el objeto de medir pernos ranurados, cuñeros, ranuras, etcétera. El tamaño estándar de la porción de medición es de 3 mm de diámetro y 10 mm de longitud, fig. 2.36. <http://www.ramirez.8m.net/a/METRO.htm>

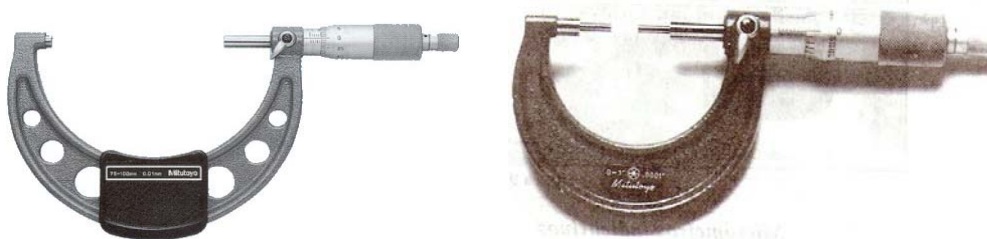


Figura 2.36 Micrómetro para ranuras

### Micrómetro de puntas

Estos micrómetros tienen ambos topes en forma de punta. Se utiliza para medir el espesor del alma de brocas, el diámetro de raíz de roscas externas, ranuras pequeñas y otras porciones difíciles de alcanzar, fig. 2.37.



Figura 2.37 Micrómetro de puntas

### **Micrómetros para ceja de latas**

Este micrómetro está diseñado especialmente para medir los anchos y alturas de cejas de latas, fig. 2.38. <http://micromex.com.mx/>



Figura 2.38 Micrómetro para ceja de latas

### **Micrómetro de doble tambor**

Una de las características del tipo no giratorio de doble tambor es que la superficie graduada del tambor está al ras con la superficie del cilindro en que están grabadas la línea índice y la escala Vernier, lo cual permite lecturas libres de error de paralaje, fig. 2.39. <http://www.ramirez.8m.net/a/METRO.htm>



Figura 2.39 Micrómetro de doble tambor

### **Micrómetro tipo discos para espesor de papel**

Se utiliza un husillo no giratorio con el objeto de eliminar torsión sobre la superficie de la pieza, lo que hace adecuado para medir papel y piezas delgadas, fig. 2.40.



Figura 2.40 Micrómetro para espesor de papel

### Micrómetro de cuchillas

En este tipo de micrómetro los topes son cuchillas, por lo que ranuras angostas, cuñeros y otras porciones difíciles de alcanzar pueden medirse, fig. 2.41. <http://www.gestialba.com/public/tecnologia/tecnocastin003.htm>



Figura 2.41 Micrómetro de cuchillas

### Micrómetros para ranuras interiores

Este micrómetro es útil para medir anchos y porciones de ranuras internas (sellos o empaques) en un equipo hidráulico, fig. 2.42 (González, 1993).



Figura 2.42 Micrómetro para ranuras interiores

### Micrómetros con topes del arco en V

Es útil para medir el diámetro de herramientas de corte que cuentan con un número impar de puntas de corte que un micrómetro normal de exteriores no



podría medir, este micrómetro tiene un ángulo de  $60^\circ$  en la V de los topes, fig. 2.43. <http://micromex.com.mx/>



Figura 2.43 Micrómetros con topes del arco en V

### Micrómetros para espesor de láminas

Esté tiene un arco alargado capaz de medir espesores de láminas en porciones alejadas del borde de éstas. La profundidad del arco va de 100 a 600 mm, otras de sus partes son iguales a la del micrómetro normal, fig. 2.44.

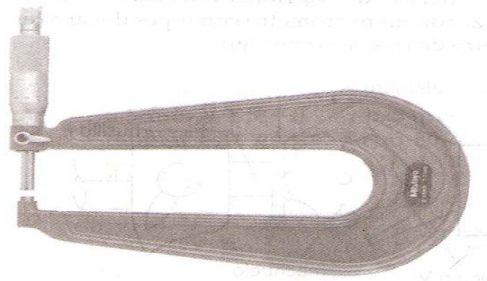


Figura 2.44 Micrómetros para espesor de láminas

### Micrómetros para dimensiones mayores a 25 mm

Para medir dimensiones exteriores mayores a 25 mm (1 pulg) se tiene dos opciones. La primera consiste en utilizar una serie de micrómetros, para mediciones de 25 a 50 mm, 50 a 75 mm. La segunda consiste en utilizar un micrómetro con un rango de medición de 25 mm y arco grande con tope de medición intercambiable, fig. 2.45. <http://www.ramirez.8m.net/a/METRO.htm>



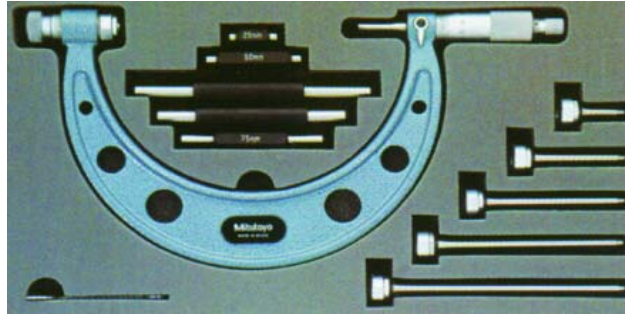


Figura 2.45 Micrómetro para dimensiones mayores de 25 mm

### Micrómetro de interiores tipo calibrador

La fig. 2.46 muestra la vista externa de este tipo de micrómetro. La estructura del tambor y el cilindro es la misma que la del micrómetro normal de exteriores, para medir diámetros de agujeros deben insertarse los vástagos de las puntas de medición dentro del agujero y girar dos o tres vueltas adicionales al tambor hasta que el trinquete comience a sonar.  
<http://www.gestialba.com/public/tecnologia/tecnocastin003.htm>

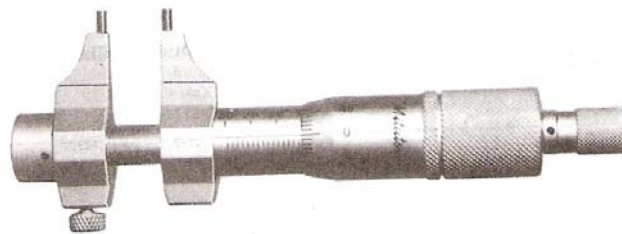


Figura 2.46 Micrómetro tipo calibrador

### Micrómetros de profundidades

Los micrómetros de profundidades son útiles para medir las profundidades de agujeros, ranuras y escalonamientos.  
<http://www.gestialba.com/public/tecnologia/tecnocastin003.htm>

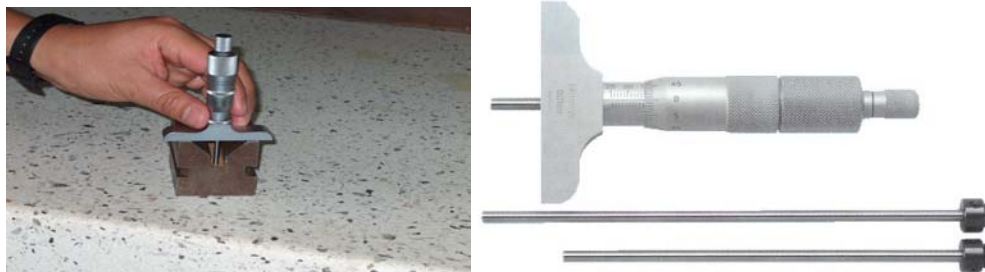


Figura 2.47 Micrómetro de profundidades

### **Micrómetro de interiores tipo varilla intercambiable**

Consiste en una cabeza micrométrica, varillas intercambiables de diferentes longitudes y un soporte como puede verse en la fig. 2.48. Una de las varillas se monta en la cabeza micrométrica para obtener el rango deseado de medición.

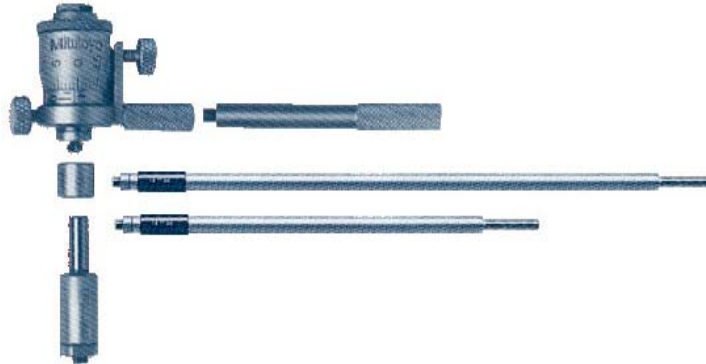


Figura 2.48 Micrómetro de varilla intercambiable

### **Micrómetros de interiores tipo extensión**

Hay dos tipos diferentes: el de extensión tipo tubo y el de extensión tipo barra. La máxima longitud de medición de la extensión tipo tubo va desde 100 hasta 5000 mm, y la de extensión tipo barra va desde 50 hasta 1500 mm. <http://micromex.com.mx/>

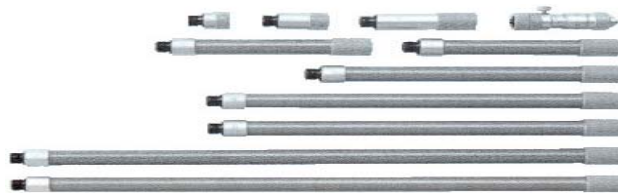


Figura 2.49 Micrómetro de interiores tipo extensión

### **2.7.3 Cuidados generales requeridos al utilizar micrómetros**

- ✓ Eliminé completamente el polvo y aceite de las superficies de medición, determine si existen ranuras o rebabas sobre la superficie de medición, ya que es frecuente encontrar estas cerca de los bordes, utilice una piedra de aceite de grano fino.

- ✓ Verifique que el tambor gire suavemente, el tambor no se pegue al cilindro cuando gire, el trinquete gire suavemente y el freno sea efectivo.
- ✓ Cuando haga mediciones asegúrese de que el micrómetro no este sujeto a cambios bruscos de temperaturas, luz solar directa, calor radiante o corriente de aire que puedan ocasionar una variación significativa en la temperatura.
- ✓ Cuando mida una pieza pesada que esté montada sobre una máquina, el micrómetro deberá ser cuidadosamente orientado, esto es importante sobre todo cuando la longitud excede 300 mm.
- ✓ Cuando este midiendo una pieza esférica o cilíndrica, en la cual la superficie de la pieza hace contacto sobre la superficie de medición del micrómetro en un punto o línea, debe tenerse especial cuidado.
- ✓ Minimice errores de paralelaje observando desde el ángulo correcto.
- ✓ Vea la línea índice del cilindro directamente arriba desde el frente.
- ✓ Nunca mida una pieza que este en movimiento, cuando mida una pieza montada sobre una máquina, debe detenerse y espere a que la pieza esté en reposo; después limpie la pieza de polvo y cualquier otro contaminante, tome las medidas con el micrómetro orientándolo adecuadamente.
- ✓ Alimente el husillo girando únicamente el tambor, nunca gire el micrómetro sujetándolo del tambor, ya que este manejo puede dañar el instrumento.
- ✓ No intente girar el tambor cuando este puesto el freno.
- ✓ Cuando el micrómetro se haya caído o golpeado, verifique el ajuste del cero y su buen funcionamiento antes de volver a utilizarlo (Martínez, 1989).

#### **2.7.4 Cuidados básicos durante la utilización del micrómetro**

- ✓ Seleccione el micrómetro que mejor se ajuste a la aplicación.
- ✓ Asegúrese de que el tipo, rango de medición, graduación y otras especificaciones del micrómetro son apropiados para la aplicación.
- ✓ No aplique excesiva fuerza en el micrómetro, no lo deje caer y evite que reciba golpes, no gire el micrómetro violentamente.
- ✓ Elimine el polvo que haya sobre el micrómetro antes de usarlo.

- ✓ Limpie todo el husillo y las caras de medición, use solo papel o trapo libre de pelusas.
- ✓ Deje el micrómetro y la pieza por medir en un cuarto el tiempo suficiente para estabilizar la temperatura.
- ✓ Antes de usar el micrómetro, limpie las caras de los topes fijos y del husillo. Use solo papel o trapo sin pelusa para limpiar las caras de medición.
- ✓ Cuando monte el micrómetro sobre un soporte, asegúrese de que el cuerpo del micrómetro este sujeto al centro y que la sujeción no haya sido muy fuerte.
- ✓ Después de usar un micrómetro limpie la grasa y las huellas digitales con un trapo suave y seco.
- ✓ Cuando se almacene el micrómetro por largos periodos o necesite lubricación, use un trapo humedecido con líquido que prevenga la oxidación para embarrar ligeramente cada sección del micrómetro. Asegúrese de que el aceite este repartido uniformemente sobre todas las partes.

Los siguientes puntos deberán considerarse cuando se almacenen los micrómetros.

- No exponga el micrómetro a la luz solar directa.
- Almacene el micrómetro en un ambiente bien ventilado de baja humedad.
- Guarde el micrómetro en un ambiente libre de polvo.
- No coloque el micrómetro directamente en el piso.
- Deje las caras de medición separadas entre 0.1 a 1.00 mm.
- No bloquee el movimiento del husillo con el freno.
- Guarde el micrómetro en su estuche (González, 1993).

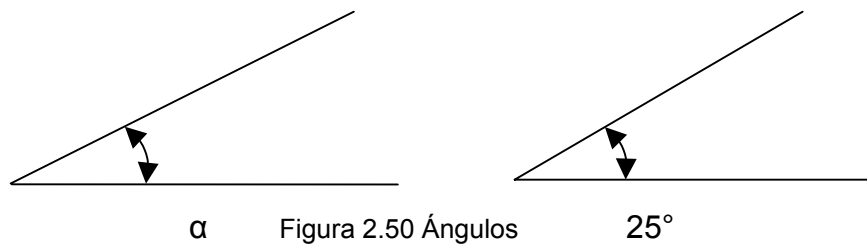
## 2.8 Aparatos para medidas angulares

La unidad de medición angular en el sistema internacional es el radian, el cual permite usar la unidad llamada grado, la cual es la que más comúnmente se utiliza en la industria. El símbolo para el grado es una pequeña circunferencia, por ejemplo: veinticinco grados se escribe  $25^\circ$ .

Para expresar partes de un grado puede utilizarse la forma decimal o la sexagesimal. En este último caso se utiliza una comilla para indicar minutos y dos comillas para indicar segundos, así, quince grados, diez minutos y quince segundos se escribe como  $15^\circ 10' 15''$ .

Se denominan ángulos agudos aquellos que son menores de  $90^\circ$ .

Se denominan ángulos obtusos los que son mayores de  $90^\circ$  pero menores de  $180^\circ$ .



Los ángulos expresados en forma decimal también puede expresarse en notación sexagesimal y viceversa, según se ilustre en los siguientes ejemplos:

Para convertir  $20.25^\circ$  a la forma sexagesimal se multiplica la parte decimal por 60 obteniéndose  $20^\circ 15'$ .

Para convertir  $20^\circ 15'$  a la forma decimal se dividen los minutos entre 60 y se obtiene la parte decimal:  $20.25^\circ$ .

Para convertir  $10^\circ 20' 27''$  a la forma decimal se dividen los segundos entre 60 para obtener la parte decimal de minutos y se obtiene  $20.45'$ , que al dividirlos nuevamente entre 60 nos da la parte decimal de grados y, finalmente queda,  $10.34^\circ$  (Zeleny, 1989).

En caso necesario los grados pueden convertirse a radianes, y viceversa, utilizando las siguientes relaciones:

$$180^\circ = \pi \text{ radianes}$$

$$\text{Por tanto } 1^\circ = 0.0177453 \text{ radianes}$$

$$1 \text{ rad} = 57.29578^\circ.$$

### 2.8.1 El transportador y el goniómetro

El instrumento usual para medir ángulos es el transportador (fig. 2.51) en el que un semicírculo dividido en 180 partes iguales permite lecturas angulares con incremento de  $1^\circ$ .



Figura 2.51 Transportador y goniómetro

La fig. 2.52 ilustra otro tipo de transportador que combina una regla metálica y dos piezas adicionales denominadas block de centros de escuadras; al conjunto se le denomina escuadra de combinación o universal. Con este instrumento se pueden realizar diferentes mediciones como es el caso de trazado de líneas a  $90^\circ$  de una superficie, localización de centros de piezas cilíndricas, medición de alturas y profundidades y verificación de superficies nominales a  $45^\circ$  y  $90^\circ$ .

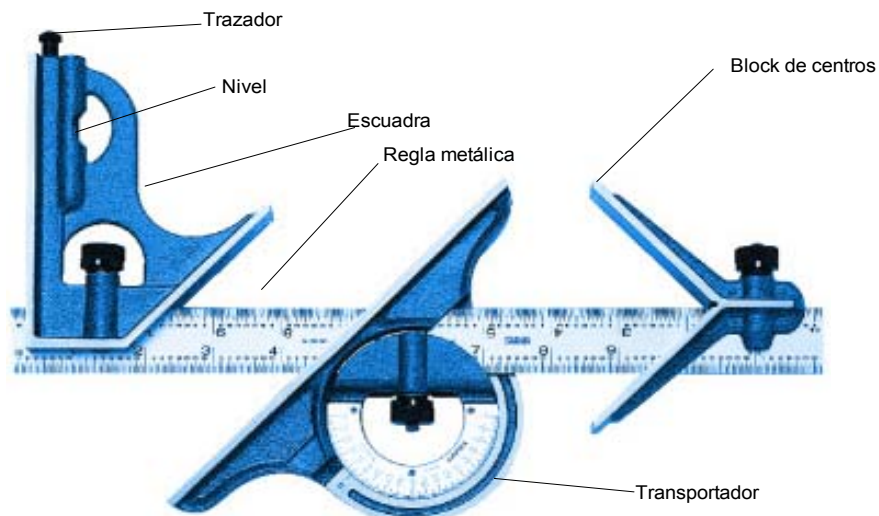


Figura 2.52 Escuadra Universal

Es importante tener presente que el transportador o el goniómetro mide los ángulos entre sus propias partes, por lo que la exactitud de la medición dependerá de que tan adecuado sea el contacto de las superficies del ángulo con las partes del transportador.

Fuente: <http://www.micromex.com.m>

### 2.8.2 Regla de senos

Los patrones angulares tienen cierta similitud con los bloques patrón, ya que pueden adherirse unos con otros para formar el ángulo deseado. Los valores nominales de dos patrones angulares tienen la particularidad de que puede sumarse o restarse, lo que depende de la posición relativa entre ellos; por tanto, un número relativamente pequeño de patrones angulares permite una gran cantidad de combinaciones, pudiéndose formar ángulos entre  $0$  y  $90^\circ$  con incremento de un grado, un minuto o un segundo, lo que depende del tipo de patrones angulares que conformen el juego (Zeleny, 1989).



Figura 2.53 Regla de senos

La regla de senos (fig. 2.53) consiste en un cuerpo con una superficie de apoyo sobre la pieza por inspeccionar y dos rodillos, con una distancia conocida entre centros (generalmente 100 a 200 mm), que deben estar paralelos entre sí y con la superficie de medición.

Para realizar mediciones se requiere colocar uno de los rodillos sobre un conjunto de bloques patrón de la medida conveniente, para lograr el ángulo deseado, el otro rodillo y los bloques patrón se colocan sobre una superficie plana de referencia.

Los patrones angulares y la regla de senos no son recomendables para usarse con ángulos superiores a  $45^\circ$ , si existiera tal necesidad es recomendable

utilizar una escuadra de sujeción sobre la que se coloca la regla de senos por lo general tiene una placa que evita el deslizamiento de la pieza colocada sobre ellas (González, 1993).

### 2.8.3 Escuadras

Cuando el ángulo que se desea verificar es de  $90^\circ$ , es útil emplear escuadras de acero endurecido que constan de dos piezas permanentemente fijas y rectificadas con exactitud a  $90^\circ$  (fig. 2.54), tanto como el interior como el exterior. Una pequeña muesca en el interior de la escuadra, justo en la unión de las dos piezas que la componen, permite que al verificar bordes con rebaba o deformidad de la parte, no interfiera con la medición.

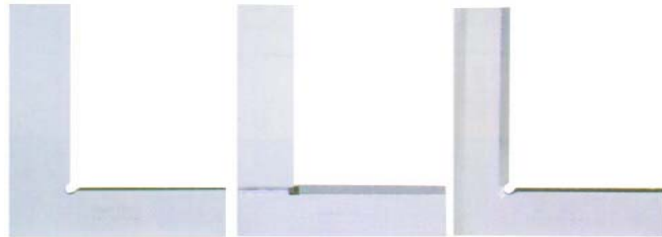


Figura 2.54 Escuadras

Aunque el término perpendicularidad implica verificar si los elementos inspeccionados están o no a  $90^\circ$ , es más conveniente medir la cantidad lineal fuera de perpendicularidad; por ejemplo el número de centésimas de milímetro en una distancia específica. <http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

### 2.8.4 Niveles

Los niveles de burbuja son los instrumentos más comúnmente utilizados para inspeccionar la posición horizontal de superficies y evaluar la dirección y magnitud de desviaciones menores de esa medición nominal (fig. 2.55).



Figura 2.55 Niveles de burbuja



La sensibilidad depende de la curvatura del tubo de vidrio. Los niveles económicos tienen un tubo flexionado. Los de mejor sensibilidad tienen tubos rectos cuyo interior ha sido esmerilado al radio deseado.

De acuerdo con la norma JIS B 7511 (1972), la sensibilidad de un nivel significa la inclinación necesaria para desplazar la burbuja dentro del tubo a una marca de escala. Esta inclinación puede expresarse mediante altura relativa a un metro del lado de la base o mediante ángulo en segundos.

La relación entre ángulos y la altura relativa al lado de la base será como sigue:



Figura 2.56 Nivel de burbuja

Ángulo de 1 segundo = 4.85  $\mu\text{m}$  por 1 m =  $\mu\text{m}$  por 1 m.

Las clases de niveles serán 1, 2 y 3 de acuerdo con la sensibilidad de la burbuja, mientras que los grados A y B los determinan la estructura y característica del tubo (véase el cuadro 2.8).

Cuadro 2.8 Sensibilidad

Clase	Sensibilidad	Grado
Clase 1	$\frac{0.02\text{mm}}{1\text{m}}$ (= 4 s)	
Clase 2	$\frac{0.05\text{mm}}{1\text{m}}$ (= 10 s)	Grado A Grado B
Clase 3	$\frac{0.1\text{mm}}{1\text{m}}$ (= 20 s)	

Fuente: Montes, 1991

Los niveles en el sistema ingles tienen una sensibilidad de 2, 5, 10, 20, 30, 60 y 3600 segundos, es decir, corresponden a una elevación de 0.0001, 0.00025, 0.001, 0.0015, 0.003 y 0.180 pulgadas pie por división.

Los niveles deben estar marcados con los siguientes datos sobre el cuerpo:

- a) Sensibilidad
- b) Grado
- c) Nombre o marca del fabricante

La escala sobre el tubo principal debe, preferentemente, estar graduado en intervalos iguales aproximadamente 2 mm.

#### **2.8.4.1 Procedimiento de ajuste para el nivel**

1. Limpiar la base del nivel y la superficie sobre la que éste se va a colocar.
2. Colocar el nivel sobre la superficie y tomar la primera lectura.
3. Girar el nivel a 180° y tomar la segunda lectura.
4. Con una llave allen hexagonal girar el nivelador según sea necesario.

[http://www.facildehacer.com/herramientas/?pagina=023\\_023](http://www.facildehacer.com/herramientas/?pagina=023_023)

## **2.9 Instrumentos para medir roscas**

### **2.9.1 Calibrador de pasa-no pasa**

Este es uno de los métodos más rápidos para medir roscas externas y consiste en un par de anillos roscados pasa-no pasa (aparecen como B y C en la fig. 2.59).

Estos calibres se fijan a los límites de la tolerancia de la parte. Su aplicación simplemente es atornillarlos sobre la parte. El de pasa debe entrar sin fuerza sobre la longitud de la rosca y el de no pasa no debe introducirse más de dos hilos antes de que se atore.

Estos calibres sólo indican si la parte inspeccionada está dentro de la tolerancia o no (atributos). Ellos no especifican cuál es el tamaño real de la parte roscada; para ello se hace necesario usar algunos de los métodos antes descritos. También hay calibres roscados pasa-no pasa para la inspección de roscas internas (A, D, E y G en la fig. 2.57). Estos trabajan bajo el mismo principio de pasa y no pasa; en este caso, el calibre de no pasa entrará una vuelta cuando más, pero no otra. Este es quizá el método más práctico para medir roscas internas, ya que aunque existen instrumentos que proporcionan datos variables, éstos no están disponibles para los diámetros más pequeños

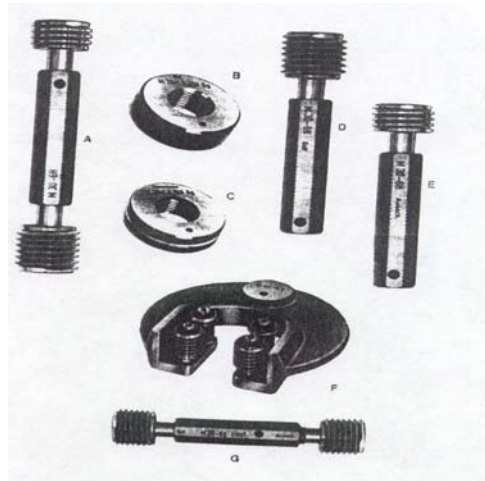


Figura 2.57 Calibres roscados pasa-no pasa

<http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

## 2.10 Errores en la medición

Al hacer mediciones, las lecturas que se obtienen nunca son exactamente iguales, aun cuando las efectúe la misma persona, sobre la misma pieza, con el mismo instrumento, el mismo método y en el mismo ambiente; si las mediciones las hacen diferentes personas con distintos instrumentos o métodos y en ambientes diferentes, entonces las variaciones en las lecturas son mayores. Esta variación puede ser relativamente grande o pequeña, pero siempre existirá (González, 1993).

En sentido estricto, es imposible hacer una medición totalmente exacta, por lo tanto, siempre se enfrentarán errores al hacer las mediciones. Los errores pueden ser despreciables o significativos, dependiendo, entre otras circunstancias de la aplicación que se le dé a la medición.

Los errores surgen debido a la imperfección de los sentidos, de los medios, de la observación, de las teorías que se aplican, de los aparatos de medición, de las condiciones ambientales y de otras causas.

<http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/pr01.htm>

### 2.10.1 Medida del error

En una serie de lecturas sobre una misma dimensión constante, la inexactitud o incertidumbre es la diferencia entre los valores máximos y mínimos obtenidos. Incertidumbre = valor máximo - valor mínimo. El error absoluto es la diferencia entre el valor leído y el valor convencionalmente verdadero correspondiente.

Error absoluto = valor leído - valor convencionalmente verdadero

Sea, por ejemplo, un remache cuya longitud es 5.4 mm y se mide cinco veces sucesivas, obteniéndose las siguientes lecturas:

5.5; 5.6; 5.5; 5.6; 5.3 mm. La incertidumbre será:

Incetidumbre = 5.6 - 5.3 = 0.3 mm

Los errores absolutos de cada lectura serían:

$5.5 - 5.4 = 0.1mm$ ;  $5.6 - 5.4 = 0.2mm$ ;  $5.5 - 5.4 = 0.1mm$   
 $5.6 - 5.4 = 0.2mm$ ;  $5.3 - 5.4 = -0.1mm$

El signo nos indica si la lectura es mayor (signo +) o menor (signo -) que el valor convencionalmente verdadero.

El error absoluto tiene las mismas unidades de la lectura.

El error relativo es el error absoluto entre el valor convencionalmente verdadero.

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{error absoluto}}{\text{Valor convencionalmente verdadero}}$$

Y como el error absoluto es igual a la lectura menos el valor convencionalmente verdadero, entonces:

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{valor leído} - \text{valor convencionalmente verdadero}}{\text{Valor convencionalmente verdadero}}$$

Con frecuencia, el error relativo se expresa en porcentaje multiplicándolo por cien.

En el ejemplo anterior los errores relativos serán:

$$0.1/5.4 = 0.0185 = 1.85\%$$

$$0.1/5.4 = 0.0185 = 1.85\%$$

$$-0.1/5.4 = -0.0185 = -1.85\%$$

$$0.2/5.4 = 0.037 = 3.7\%$$

$$0.2/5.4 = 0.037 = 3.7\%$$

El error relativo proporciona mejor información para cuantificar el error, ya que un error de un milímetro en la longitud de un folio de lámina y en el diámetro de un tornillo tienen diferentes significados (González, 1993).

### **2.10.2 Clasificación de errores en cuanto a su origen**

Atendiendo al origen donde se produce el error, puede hacerse una clasificación general de éstos en: errores causados por el instrumento de medición, causados por el operador o el método de medición (errores humanos) y causados por el medio ambiente en que se hace la medición.

### 2.10.2.1 Errores por el instrumento o equipo de medición

Las causas de errores atribuibles al instrumento, pueden deberse a defectos de fabricación (dado que es imposible construir aparatos perfectos). Estos pueden ser deformaciones, falta de linealidad, imperfecciones mecánicas, falta de paralelismo, etcétera.

El error instrumental tiene valores máximos permisibles, establecidos en normas o información técnica de fabricantes de instrumentos, y puede determinarse mediante calibración. Esta es la comparación de las lecturas proporcionadas por un instrumento o equipo de medición contra un patrón de mayor exactitud conocida, (Véase la fig. 2.58) (Zeleny, 1989).

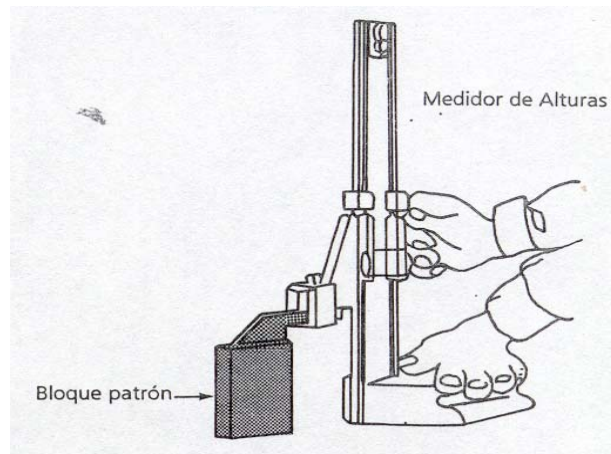


Figura 2.598 Comparación de lectura

### 2.10.2.2 Errores del operador o por el modo de medición

Muchas de las causas del error aleatorio se deben al operador, por ejemplo: falta de agudeza visual, descuido, cansancio, alteraciones emocionales, etcétera. Para reducir este tipo de error es necesario adiestrar al operador:

Otro tipo de errores son debidos al método o procedimiento con que se efectúa la medición, el principal es la falta de un método definido y documentado (González, 1993).

### 2.10.2.3 Error por el uso de instrumentos no calibrados

Instrumentos no calibrados o cuya fecha de calibración está vencida, así como instrumentos sospechosos de presentar alguna anomalía en su funcionamiento no deben utilizarse para realizar mediciones hasta que no sean calibrados y autorizados para su uso. Para efectuar mediciones de gran exactitud es necesario corregir las lecturas obtenidas con un instrumento o equipo de medición, en función del error instrumental determinado mediante calibración (Zeleny, 1989).

### 2.10.2.4 Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones

La fuerza ejercida al efectuar mediciones puede provocar deformaciones en la pieza por medir, el instrumento o ambos, por lo tanto es un factor importante que debe considerarse para elegir adecuadamente el instrumento de medición para cualquier aplicación particular. Por ejemplo, en vez de utilizar un micrómetro con trinquete o tambor de fricción puede requerirse uno de baja fuerza de medición (véase la fig. 2.59) (González, 1993).

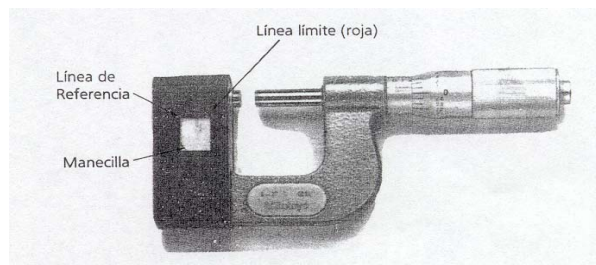


Figura 2.59 Micrómetro.

### 2.10.2.5 Error por instrumento inadecuado

Antes de realizar cualquier medición es necesario determinar cuál es el instrumento de medición más adecuado para la aplicación de que se trate.

Además de la fuerza de medición, deben tenerse presente otros factores tales como:

- Cantidad de piezas por medir

- Tipo de medición (externa, interna, altura, profundidad, etcétera.)
- Tamaño de la pieza y exactitud deseada.

Existe una gran variedad de instrumentos y equipos de medición, como se muestra esquemáticamente en la fig. 2.60 abarcando desde un simple calibrador Vernier hasta la avanzada tecnología de las máquinas de medición por coordenadas de control numérico, comparadores ópticos, micrómetros láser y rugosímetros, entre otros.

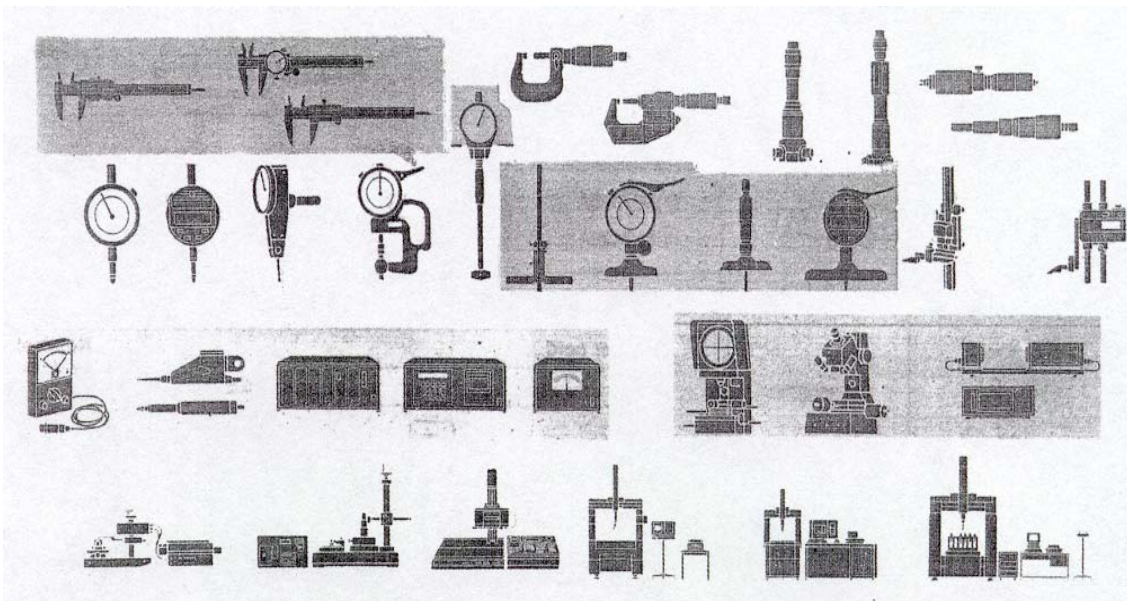


Figura 2.61 Instrumentos y equipos de medición

Cuando se miden las dimensiones de una pieza de trabajo la exactitud de la medida depende del instrumento de medición elegido. Por ejemplo, si se ha de medir el diámetro exterior de un producto de hierro fundido, un calibrador Vernier sería suficiente; sin embargo, si se va a medir un perno patrón, aunque tenga el mismo diámetro del ejemplo anterior, ni siquiera, un micrómetro de exteriores tendría la exactitud suficiente para este tipo de aplicaciones, por tanto, debe usarse un equipo de mayor exactitud.



La fig. 2.61 muestra en forma esquemática la exactitud que puede obtenerse con diversos instrumentos de medición en función de la dimensión medida (Zeleny, 1989).

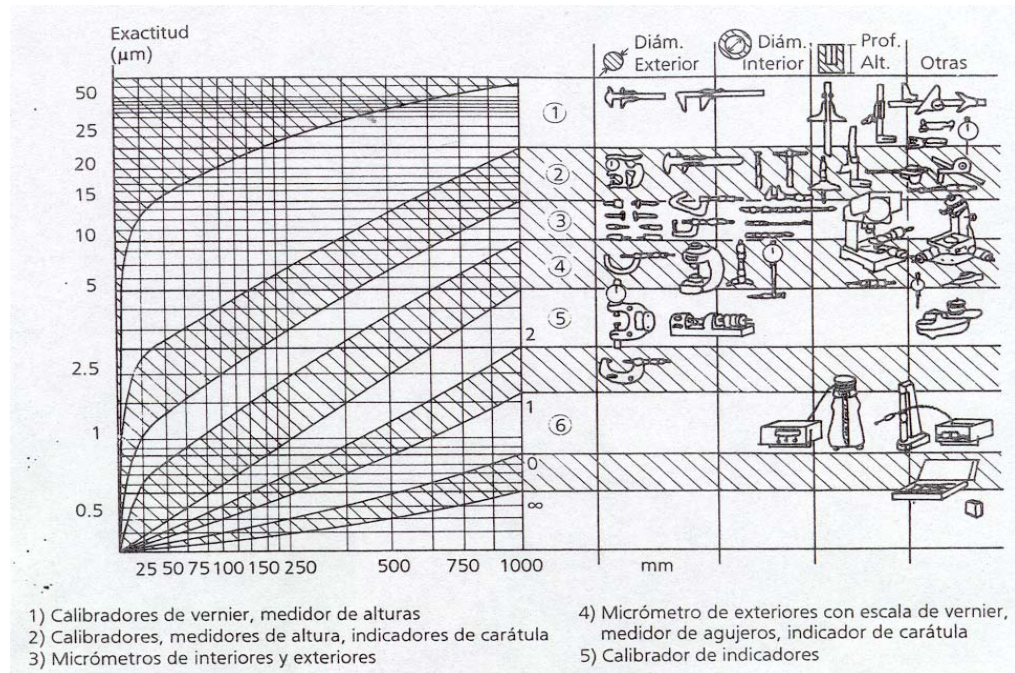


Figura 2.61 Instrumentos de medición.

### 2.10.2.6 Errores por puntos de apoyo

Especialmente en los instrumentos de gran longitud la manera como se apoya el instrumento provoca errores de lectura. En estos casos deben utilizarse puntos de apoyo especiales, como los puntos Airy o los puntos Bessel (véase la fig. 2.62).

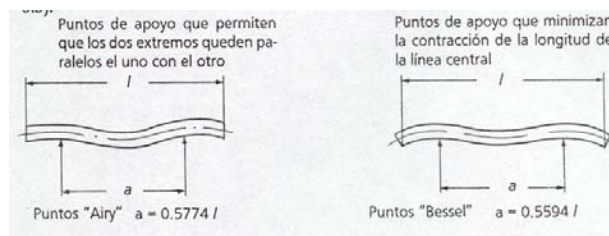


Figura 2.62 Puntos Airy o los puntos Bessel.

Para ciertas piezas resulta muchas veces conveniente indicar la localización de puntos o líneas, así como el tamaño de áreas sobre los que se deben apoyar, tal como lo ilustra la fig. 2.63 (González, 1993).

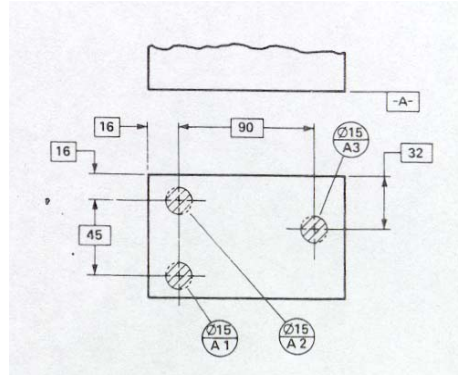


Figura 2.63 indica la localización de puntos o líneas

### 2.10.2.7 Errores por método de sujeción del instrumento

El método de sujeción del instrumento puede causar errores como los que muestra la fig. 2.64. En lista, un indicador de carátula esta sujeto a una distancia muy grande del soporte y al hacer la medición, la fuerza ejercida provoca una desviación del brazo. La mayor parte del error se debe a la deflexión del brazo, no del soporte; para minimizarlo se debe colocar siempre el eje de medición lo más cerca posible al eje del soporte (González, 1993).

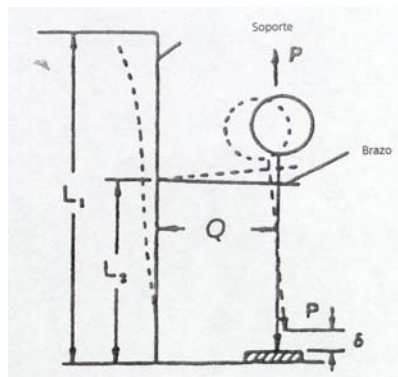


Figura 2.64 Sujeción del instrumento

### 2.10.2.8 Error por distorsión

Gran parte de la inexactitud que causa la distorsión de un instrumentó puede evitarse manteniendo en mente la ley de Abbe: la máxima exactitud de medición es obtenida si el eje de medición es el mismo del eje del instrumento.

La fig. 2.65 muestra un micrómetro tipo calibrador. Puede verse que los errores los provoca la distorsión debido a la fuerza de medición aplicada y el hecho de que tal vez los topes no se muevan paralelos uno respecto al otro.

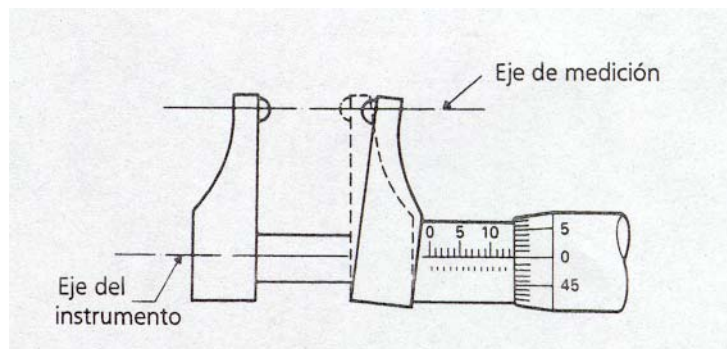


Figura 2.65. Micrómetro tipo calibrador de exteriores

La fig. 2.66 ilustra cómo algunos instrumentos, como el micrómetro normal, inherentemente satisfacen la ley de Abbe, mientras que otros, como el calibrador, no (Zeleny, 1989).

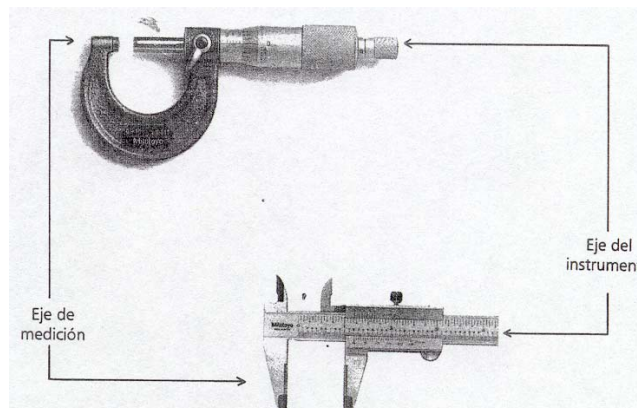


Figura 2.66 Ley de Abbe

### 2.10.2.9 Error de paralaje

Este error ocurre debido a la posición incorrecta del operador con respecto a la escala graduada del instrumento de medición, la cual está en un plano diferente (véase la fig. 2.67).

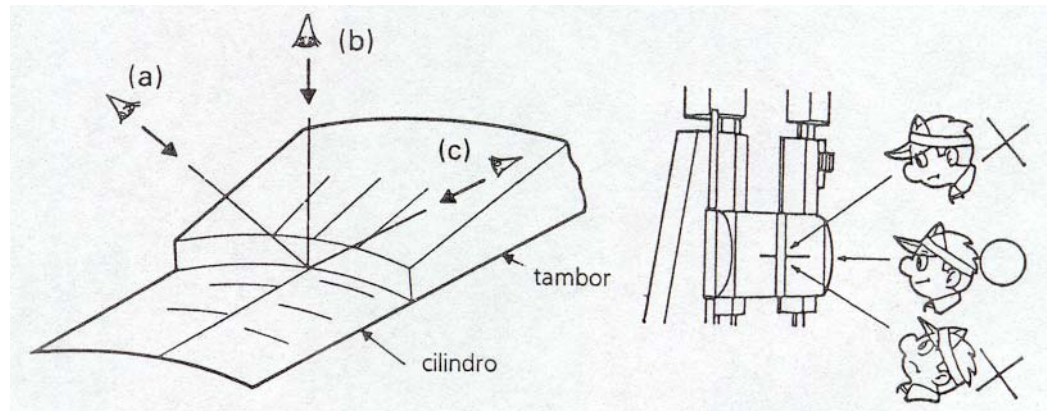


Figura 2.67 Error de paralaje

El error de paralaje es más común de lo que se cree. En una muestra de 50 personas que usan calibradores con Vernier la dispersión fue de 0.04 mm. Este defecto se corrige mirando perpendicularmente el plano de medición a partir del punto de lectura (González, 1993).

### 2.10.2.10 Error de posición

Este error lo provoca la colocación incorrecta de las caras de medición de los instrumentos, con respecto de las piezas por medir, como se muestra en la fig. 2.68.

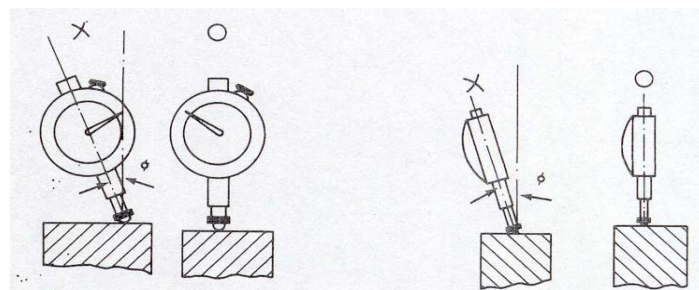


Figura 2.68 error de posición

### **2.10.2.11 Error por desgaste**

Los instrumentos de medición, como cualquier otro objeto, son susceptibles al desgaste, natural o provocado por el mal uso. En el caso concreto de los instrumentos de medición, el desgaste puede provocar una serie de errores durante su utilización, por ejemplo: deformaciones de sus partes, juego entre sus ensambles, falta de paralelismo o plenitud entre las caras de medición, etcétera. Estos errores pueden originar, a su vez, decisiones equivocadas; por tanto, es necesario someter a cualquier instrumento de medición a una inspección de sus características. Estas inspecciones deberán repetirse periódicamente durante la vida útil del instrumento. <http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

### **2.10.2.12 Error por condiciones ambientales**

Entre las causas de errores se encuentran las condiciones ambientales en que se hace la medición; entre las principales destacan la temperatura, la humedad, el polvo y las vibraciones o interferencias (ruido) electromagnéticas extrañas.

#### **1. Humedad**

Debido a los óxidos que se pueden formar por humedad excesiva en las caras de medición del instrumento o en otras partes a las expansiones por absorción de humedad en algunos materiales, etcétera, se establece como norma una humedad relativa de 55% +/- 10%.

#### **2. Polvo**

Los errores debido a polvo o mugre se observan con mayor frecuencia de lo esperado, algunas veces alcanzan el orden de 3 micrómetros. Para obtener medidas exactas se recomienda usar filtros para el aire que limiten la cantidad y el tamaño de las partículas de polvo ambiental.

### 3. Temperatura

En mayor o menor grado, todos los materiales que componen tanto las piezas por medir como los instrumentos de medición, están sujetos a variaciones longitudinales debido a cambios de temperatura, en algunos casos ocurren errores significativos; por ejemplo, en un experimento se sostuvo con las manos, a una temperatura de 31°C, una barra patrón de 200 mm durante 10 segundos y ésta se expandió 1µm. También por esta razón los arcos de los micrómetros se cubren con placas de aislante térmico en los costados.

Para minimizar estos errores se estableció internacionalmente, desde 1932, como norma una temperatura de 20°C para efectuar las mediciones. También es buena práctica dejar que durante un tiempo se establezca la temperatura tanto de la pieza por medir como del instrumento de medición. El lapso depende de la diferencia de temperatura del lugar en que estaba la pieza y la sala de medición, así como del material y tamaño de la pieza (Zeleny, 1989).

En general, al aumentar la temperatura crecen las dimensiones de las piezas y cuando disminuye la temperatura las dimensiones de las piezas se reducen. Estas variaciones pueden determinarse utilizando la siguiente expresión.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

Donde  $\Delta L$  = Variación de longitud

$\alpha$  = Coeficiente de expansión térmica del material

$L_0$  = Longitud original de la pieza

$\Delta T$  = Variación de temperatura.

Cuadro 2.9 Muestra, expresados en °C, los coeficientes de expansión térmica de varios materiales

Material	Coefficiente de expansión térmica	Material	Coefficiente de expansión térmica
Hierro fundido	$9.2-11.8 \times 10^{-6}$	Acero	$11.5 \times 10^{-6}$
Acero al carbono	$11.7-(0.9 \times \%C) \times 10^{-6}$	Hojalata	$23.0 \times 10^{-6}$
Acero al cromo	$11-13 \times 10^{-6}$	Zinc	$26.7 \times 10^{-6}$
Acero al Ni-Cr	$13-15 \times 10^{-6}$	Duralumin	$22.6 \times 10^{-6}$
Cobre	$18.5 \times 10^{-6}$	Platino	$9.0 \times 10^{-6}$
Bronce	$17.5 \times 10^{-6}$	Cerámicas	$3.0 \times 10^{-6}$
Gunmetal	$18.0 \times 10^{-6}$	Plata	$19.5 \times 10^{-6}$
Aluminio	$23.8 \times 10^{-6}$	Vidrio Crown	$8.9 \times 10^{-6}$
Latón	$18.5 \times 10^{-6}$	Vidrio Flint	$7.9 \times 10^{-6}$
Níquel	$13.0 \times 10^{-6}$	Cuarzo	$0.5 \times 10^{-6}$
Hierro	$12.2 \times 10^{-6}$	Cloruro de vinilo	$7-2.5 \times 10^{-6}$
Acero níquel	$12.0 \times 10^{-6}$	Fenol	$3-4.5 \times 10^{-6}$
Invar.	$1.5 \times 10^{-6}$	Polietileno	$0.5-5.5 \times 10^{-6}$
Oro	$14.2 \times 10^{-6}$	Nylon	$10-15 \times 10^{-6}$

Fuente: Zeleny, 1987.

Como ejemplo, considérese una pieza de acero que mide 100.000 mm de diámetro cuando está a 10 °C y se desea saber cuanto medirá la temperatura de referencia a 20 °C. Para determinarlo basta utilizar la expresión dada.

$$\Delta L = \alpha L u \Delta T$$

$$\Delta L = 0.0000115(100.000)(10)$$

$$\Delta L = 0.0115mm$$

Por lo que el diámetro de la pieza a 20 °C será de 100.0115 mm.

Obsérvese que la variación resultó algo mayor que 0.01 mm, lo que puede detectarse fácilmente con un micrómetro.

En la práctica, es muy difícil mantener constante la temperatura de la pieza por medir, la del instrumento de medición y, en caso necesario, la del patrón a 20°C, por lo que aun cuando se cuenta con un cuarto con temperatura controlada que se mantiene estable a 20°C, existirán variaciones que pueden ser hasta de 1°C por cada metro en el sentido vertical.



Cuando en las mediciones se desea lograr exactitud en el orden de los micrómetros, será necesario realizarlas a 20°C o hacer las correcciones pertinentes mediante la expresión dada antes.

<http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

## **2.11 Medición de Engranés**

### **2.11.1 Instrumentos que se utilizan para medir engranes**

#### **Micrómetro para dientes de engrane**

Según González (1993), el engrane es uno de los elementos más importantes de una máquina, por lo que su medición con frecuencia es requerida para asegurar las características deseadas de una máquina. Para que los engranes ensamblados funcionen correctamente, sus dientes deben engranar adecuadamente entre ellos sin cambiar su distancia entre los dos centros de rotación, al mismo tiempo, la velocidad periférica a lo largo de los círculos de paso debe ser constante.

El diámetro del círculo puede medirse con un micrómetro estándar de exteriores. Los micrómetros para dientes de engranes se utilizan principalmente para la medición de longitud de la tangente de raíz, el espesor del diente y el diámetro sobre esferas los cuales se definen a continuación.

- **Raíz o pie.** La distancia radial del círculo de paso a la parte inferior del espacio entre dientes (Mott, 1995).
- **Espesor del diente.** La longitud de arco, medida en el círculo de paso, de un lado del diente hasta el otro lado. A veces esto se llama espesor circular y tiene el valor teórico de la mitad del paso circular (Faires, 1999).
- **Diámetro exterior ( $D_o$ ).** El diámetro del círculo que encierra la parte exterior de los dientes del engrane (Norton, 1999).



La fig. 2.69 muestra las Características y la nomenclatura de los dientes de un engrane de talla recta o cilíndrica.

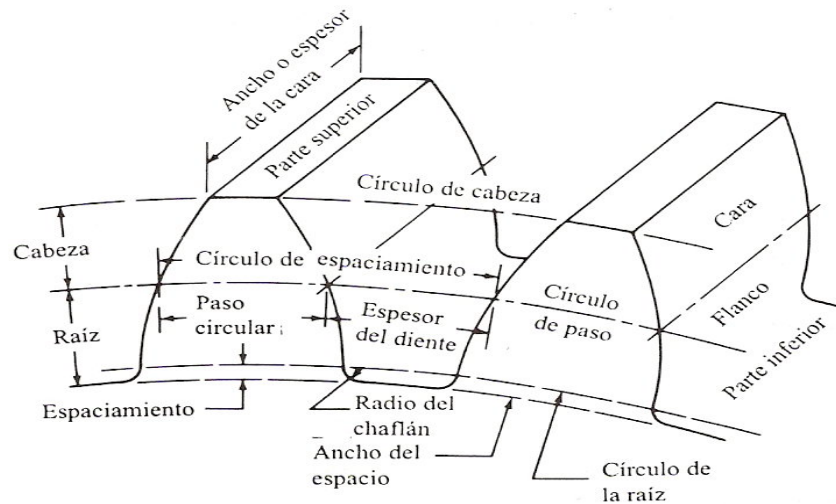


Figura 2.69 Nomenclatura de los engranes Fuente: Mott, 1995

Para medición de espesor de diente se clasifican de acuerdo a sus aplicaciones.

- a) Tipo disco
- b) Tipo calibrador
- c) Tipo deslizante
- d) Para medición sobre esferas con puntas de bola.

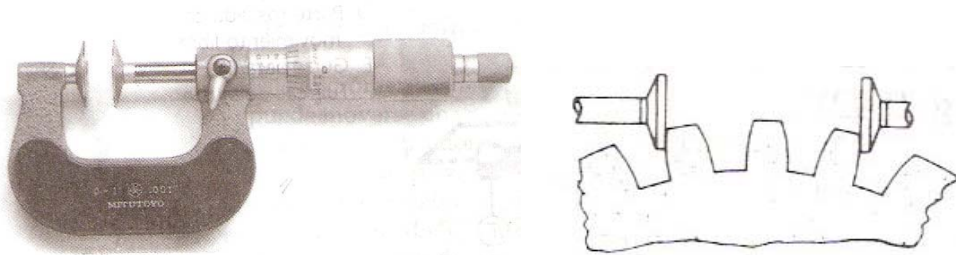


Figura (a)

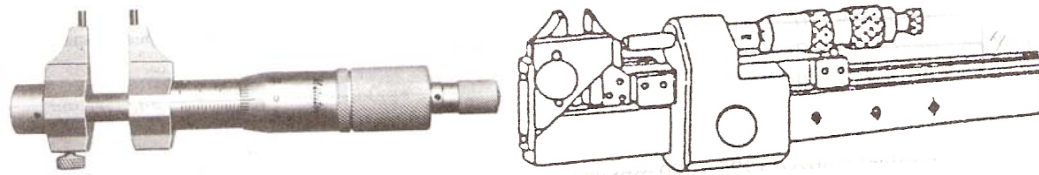


Figura (b)

Figura (c)

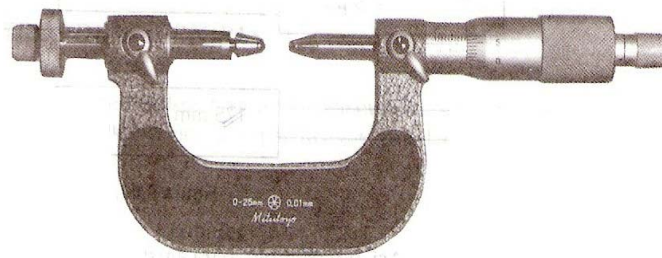


Figura (d)

2.70 Micrómetros para dientes de engranes

### Calibrador Vernier

Otro tipo de instrumento que se utiliza para medir a los engranes es el calibrador Vernier, que normalmente se utiliza exclusivamente para medir el espesor de los dientes de engrane a lo largo de su línea de paso (Martínez, 1989).

El **paso**: es el espaciamiento o separación entre dientes adyacentes y el tamaño de ellos se controlan mediante el paso de los dientes. Por lo regular, se utilizan tres tipos de sistemas de designación de paso: paso circular, paso diametral y el módulo métrico (Spotts y Shoup, 1999).

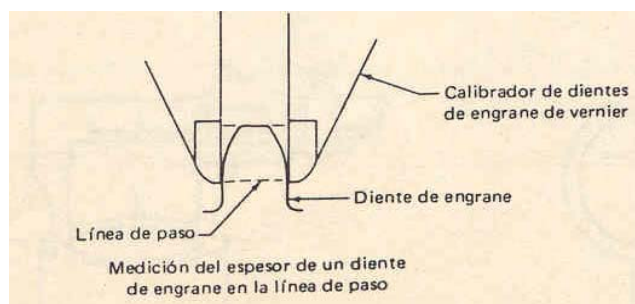


Figura 2.71 Medición con Vernier

## 2.12 Símbolos de tolerancias geométricas

La inspección de una pieza como la ilustrada en la fig. 2.72 que indica, además de las dimensiones lineales y angulares, tolerancias geométricas. Sin embargo, se requiere conocer la simbología involucrada, su interpretación y cómo determinar si tales tolerancias se cumplen (Zeleny, 1998).

Según Montes, (1991) el objeto de las tolerancias hace que una pieza no pueda especificarse con una dimensión fija, si no que dicha dimensión deba especificarse entre dos dimensiones límite, compatibles con un funcionamiento correcto de las piezas.

Según González (1993), tolerancia geométrica es el término general aplicado a la categoría de tolerancias utilizadas para controlar forma, orientación, localización y cabeceo.

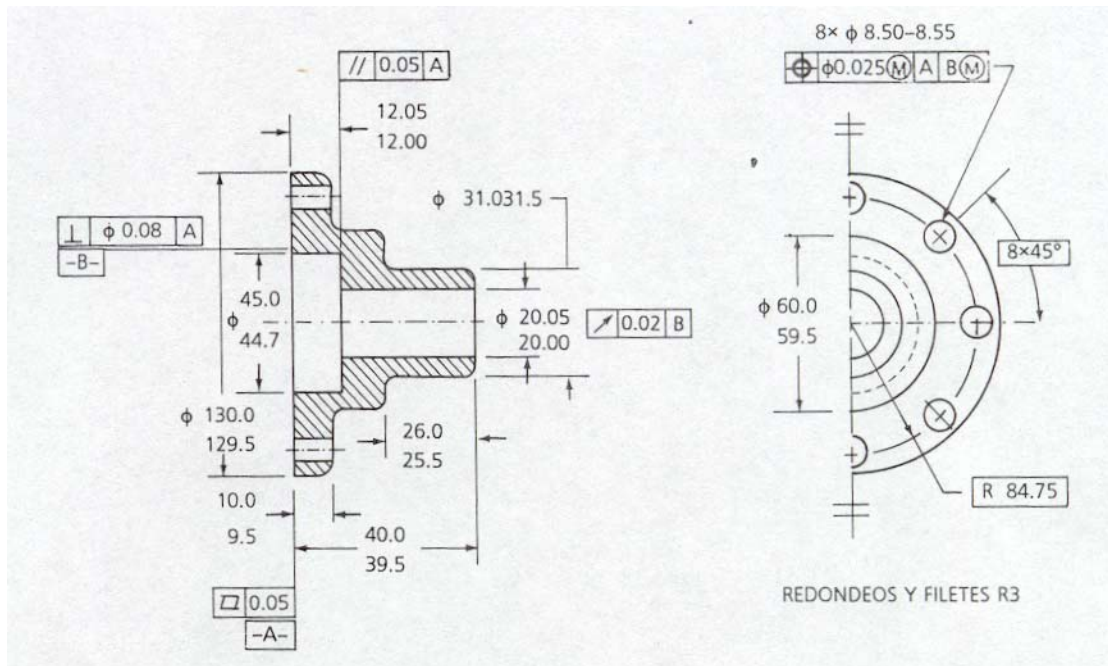


Figura 2.72 Inspección de una pieza

El cuadro 2.10 resume la simbología básica tal como la define la norma ISO 1101. También es importante identificar bajo qué norma está hecho un dibujo, así como la revisión correspondiente (año).

Cuadro 2.10 Símbolos de tolerancias geométricas

Características y tolerancias		Características	Símbolos
Características individuales	Tolerancias de forma	Rectitud	—
		Planitud	▭
		Redondez	○
Características individuales o relacionadas		Cilindricidad	⊘
		Perfil de una línea	⤿
		Perfil de una superficie	⤿
Características relacionadas	Tolerancias de orientación	Paralelismo	//
		Perpendicularidad	⊥
		Angularidad	∠
	Tolerancias de localización	Posición	⊕
		Concentricidad o coaxialidad	◎
		Simetría	≡
	Tolerancias de cabeceo	Cabeceo circular	↗
		<b>Cabeceo total</b>	↗↘

Fuente: Zeleny, 1987

### III METODOLOGÍA

El procedimiento utilizado en metrología se realizará a través de una serie de prácticas elaboradas en función de los conocimientos necesarios sobre el área.

#### 3.1 Prácticas sobre metrología

Las 14 prácticas incluidas, indican cada una lo conducente a realizar como se puede observar en el anexo No. 1, ya que el objetivo de estas es evaluar el aprendizaje de los participantes en el curso; las prácticas incluidas son:

- 1) Conocer la simbología del Sistema Internacional de Unidades y sus derivados.
- 2) Conversiones de unidades de medida
- 3) Conocer y realizar correcciones de errores al momento de medir con instrumentos de medición.
- 4) Conocer el uso correcto del Vernier y sus cuidados.
- 5) Indicar cada una de las partes del Vernier tipo CM.
- 6) Anotar el número correspondiente al valor de la lectura indicada en cada una de las figuras del Vernier.
- 7) Conocer los diferentes instrumentos dentro de la medición de ángulos y su aplicación.
- 8) Conocer la razón del uso del micrómetro, y su aplicación especial.
- 9) Identificar cada una de las partes del micrómetro de exteriores de la siguiente figura:
- 10) Anotar el número correspondiente al valor de la lectura indicada en cada una de las siguientes figuras micrométricas.
- 11) Identificar las partes indicadas en el micrómetro de exteriores mostrado en la figura.
- 12) Identificar las partes indicadas en el micrómetro de profundidades mostrado en la figura.
- 13) Indicar el símbolo utilizado para cada una de las siguientes características geométricas.

- 14) Identificar cada una de los apartados que rigen las normas y normalización dentro de la metrología.

### **3.2 Integración de las prácticas**

Cada participante del curso deberá contar para realizar las prácticas con el siguiente material:

- Juego de prácticas sobre metrología dimensional
- Calculadora
- Lápiz preferentemente
- Regla
- Cinta métrica
- Vernier
- Micrómetros
- Bloques o piezas patrón.
- Mesa de granito o mármol perfectamente nivelada

### **3.3 Reporte de las prácticas**

Una vez realizada la práctica se deberá elaborar un reporte de la misma haciendo las repeticiones necesarias para que el participante domine el uso del instrumento de medición para el caso del Vernier y micrómetro respectivamente.

## **IV CONCLUSIONES**

La elaboración de la presente guía sobre metrología dimensional cumplió con los objetivos planteados, ya que de esta manera se logra enriquecer los aspectos del conocimiento práctico dentro de esta área de la ingeniería y las mediciones realizadas tendrán un grado de exactitud satisfactorio.

Por otro lado los ingenieros, técnicos, y alumnos entre otros de la universidad que requieran realizar mediciones dimensionales para sus trabajos de docencia y/o investigación, lo podrán hacer fácilmente y con un grado de precisión aceptable al considerar las indicaciones y sugerencias de la presente guía; así mismo las unidades de medición utilizadas se unificarán al seguir lo que marca el Sistema Internacional de Unidades.

Lo investigado y recopilado en el presente documento, constituye una aportación a la infraestructura del conocimiento técnico del departamento de maquinaria agrícola ya que se cuenta con un material didáctico que facilite a los alumnos adquirir un ejemplar a un costo más económico, ya que en su mayoría los alumnos de la Universidad, no tienen la posibilidad de adquirir libros de texto del área de ingeniería debido al alto costo de los mismos.

De acuerdo con los estudios realizados, se obtuvo un manual totalmente fácil de comprender e interpretar, con temas de manera clara y precisa, con posibilidad de seguir construyendo e investigando más afondo cada uno de los temas que usualmente se manejan de acuerdo a las necesidades futuras.

Por otro lado se incluye dentro del presente documento, los anexos de prácticas con las que se puede evaluar el conocimiento adquirido, para el caso de los alumnos del programa de IMA que opten por llevar la materia de Metrología, dentro de su plan curricular.

Otra más de las conclusiones y la que se considera más importante, es la de concentrar los instrumentos, equipos y aparatos de medición con los que cuenta el Departamento de Maquinaria Agrícola en un lugar específico, para de esta manera poder capacitar al personal de la universidad y/o del departamento que lo solicite.

## **V RECOMENDACIONES**

Utilizar en todos los trabajos de investigación y/o docencia las mediciones dimensionales estipuladas por el sistema internacional de unidades.

El documento deberá cumplir con la aprobación de la academia departamental, así como con los procedimientos requeridos para su publicación dentro de la Universidad y estar disponible para su venta a un costo accesible para los alumnos.

Difundir la utilización del Sistema Internacional de Unidades a través de la guía. Así mismo se recomienda evaluar el aprendizaje sobre la materia, utilizando las prácticas incluidas en el anexo.

Se sugiere hacer más investigaciones sobre pesas y medidas para las aplicaciones en las diferentes materias que están dentro de los planes curriculares de la UAAAN.

Se sugiere obtener un número mayor de instrumentos de medición y adiestramiento al manejo de cada uno de ellos dentro del departamento de Maquinaria Agrícola.

Por último pero no menos importante, se sugiere crear un laboratorio de Metrología para realizar diferentes prácticas, ya que de esta manera se obtendrá un manejo, conservación y mantenimiento confiable de los aparatos y se culminaría este trabajo, para la aplicación general de los equipos de medición dentro de la ingeniería.



## VI LITERATURA CITADA

**G. González Carlos, 1993.** Metrología. Editorial McGraw-Hill, 2ª edición, México. pp 271.

**Mott Robert L., 1995.** Diseño de elementos de máquinas. Editorial Prentice Hall, 2ª edición, México. pp 467.

**Martínez Cordero Jorge. (1989).** Manual de metrología. pp 29.

**Montes Ramos Miguel A. (1991).** Modulo II de metrología. pp 13.

**Spotts M. F. y Shoup T. E. 1999.** Elementos de máquinas. Editorial Prentice Hall. 7ª edición, México. pp 573.

**M. Faires Virgil, 1999.** Diseño de elementos de máquinas. Editorial Limusa, 9ª reimpresión, México. pp 465.

**R. Kibbe Richard, E. Neely John, O. Meyer Roland, T. White Warrant. 1987.** Manual de máquinas y herramientas. Editorial Limusa, 1ª edición, México. pp 165.

**V. Zeleny Ramón, 1987.** Metrología. Editorial McGraw-Hill, 2ª edición, México. pp 41.

**L. Norton Robert, 1995.** Diseño de Maquinaria. Editorial McGraw-Hill, 1ª edición, México. pp 446.

**López Martínez Ma. Isabel (1989).** El marco legal de la metrología en México. pp 13.

[http://www.semarnat.gob.mx/marco\\_juridico/federal/metrologia.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/marco_juridico/federal/metrologia.shtml)

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/q1060/lecciones/cap1/metrologia.htm>

<http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/serv02.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Vernier>

[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4070002/contenido/capitulo1\\_3.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4070002/contenido/capitulo1_3.html)

<http://www.ramirez.8m.net/a/METRO.htm>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%B3metro\\_%28instrumento%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%B3metro_%28instrumento%29)

<http://www.gestialba.com/public/tecnologia/tecnocastin003.htm>

<http://micromex.com.mx/>

<http://www.gestialba.com/public/tecnologia/tecnocastin003.htm>

<http://micromex.com.mx/>

[http://www.facildehacer.com/herramientas/?pagina=023\\_023](http://www.facildehacer.com/herramientas/?pagina=023_023)

# **VII ANEXOS**

## ANEXO 1

### Práctica No 1

Objetivo: Conocer la simbología del Sistema Internacional de Unidades y sus derivados.

#### I. Seleccionar y subrayar el inciso correspondiente a la pregunta.

¿Qué significan las siglas “SI”?

- a) Estándar Internacional
- b) Sistema Individual
- c) Símbolo Internacional de Unidades
- d) Sistema Internacional de Unidades

2. El símbolo **K** significa:

- a) Kilolitro
- b) Kilómetro
- c) Kilogramo
- d) Kelvin

3. El símbolo **S** significa:

- a) Sistema
- b) Serie
- c) Segundo
- d) Standard

4. El símbolo **Kg** significa:

- a) Kilogramo
- b) Kilógrafo
- c) Kilogrametro

5. La unidad de longitud del **SI** es el:

- a) Metro

- b) Centímetro
- c) Milímetro

6. La intensidad de corriente eléctrica tiene una unidad y símbolo:

- a) Galvano, G
- b) Volta, V
- c) Ampere, A
- d) Gauss, G

7. La intensidad luminosa se mide en, y su símbolo es:

- a) Luxes, lux
- b) Focos, fox
- c) Candela, cd
- d) Soles, sol

8. La velocidad en el **SI** se define como:

- a) mm/x
- b) mm/d
- d) m/s

### **Práctica No 2** Conversiones de unidades de medida

Objetivo: Efectuar las conversiones correctamente al sistema de unidades de medida.

.3785" =	mm	16.0 mm =	pulg
4.323" =	mm	26.25 mm =	pulg
6.046" =	mm	41.2 mm =	pulg
2.300" =	mm	19.1 mm =	pulg
5.80" =	mm	6.0 mm =	pulg
7.125" =	mm	1.505 mm =	pulg
6.035" =	mm	44.25 mm =	pulg

4.090" =	mm	12.48 mm =	pulg
.0953" =	mm	3.0 mm =	pulg
3.185 =	mm	13.5 mm =	pulg
.0852 =	mm	92 mm =	pulg
.0032" =	mm	13 mm =	pulg
2.300" =	mm	1.3 mm =	pulg

### Práctica No 3

Objetivo: Conocer y realizar correcciones de errores al momento de medir con instrumentos de medición.

1. ¿cual es el error absoluto de las siguientes mediciones 95.04, 95.03, 94.04, 95.02, 95.03?

- a) 0.04
- b) 0.02
- c) 0.03
- d) No se sabe

2. ¿Cuál es la incertidumbre en las siguientes lecturas: 95.04, 95.03, 95.04, 95.02, 95.03?

- a) 0.04
- b) 0.03
- c) 0.02
- d) No se sabe

3. ¿Cuál será el error relativo que se tendrá al medir una pieza cuya dimensión real es 10.02 y un inspector la mide reportando 10.00?

- a) 0.002 %
- b) - 0.002 %

- c) 0.2 %
- d) -0.2 %

4. ¿Cuál será el error relativo que se tendrá al medir un pieza cuya dimensión real es 10.02 y un inspector la midió y reporto 1000.00?

- a) 0.002 %
- b) - 0.002 %
- c) - 0.00002%
- d) 0.00002 %

5. La calibración puede considerarse como una operación de:

- a) Control
- b) Reparación
- c) Ajuste
- d) Comparación

6. El error instrumental puede determinarse mediante:

- a) Reparación
- b) Ajuste
- c) Comparación
- d) Calibración

#### **Práctica No 4**

Objetivo: Conocer el uso correcto del Vernier y sus cuidados.

1. El desgaste de las puntas de medición de un calibrador Vernier puede retardarse.

- a) Controlando la fuerza de medición
- b) Colocando la pieza por medir tan adentro como sea posible
- c) Repitiendo varias veces la lectura
- d) Todo lo anterior

2. Cuando las puntas de medición de un calibrador se desgastan éste debe:

- a) Ajustarse
- b) Repararse
- c) Reponerse
- d) Degradarse

3. La medición de piezas en movimiento con un calibrador Vernier es:

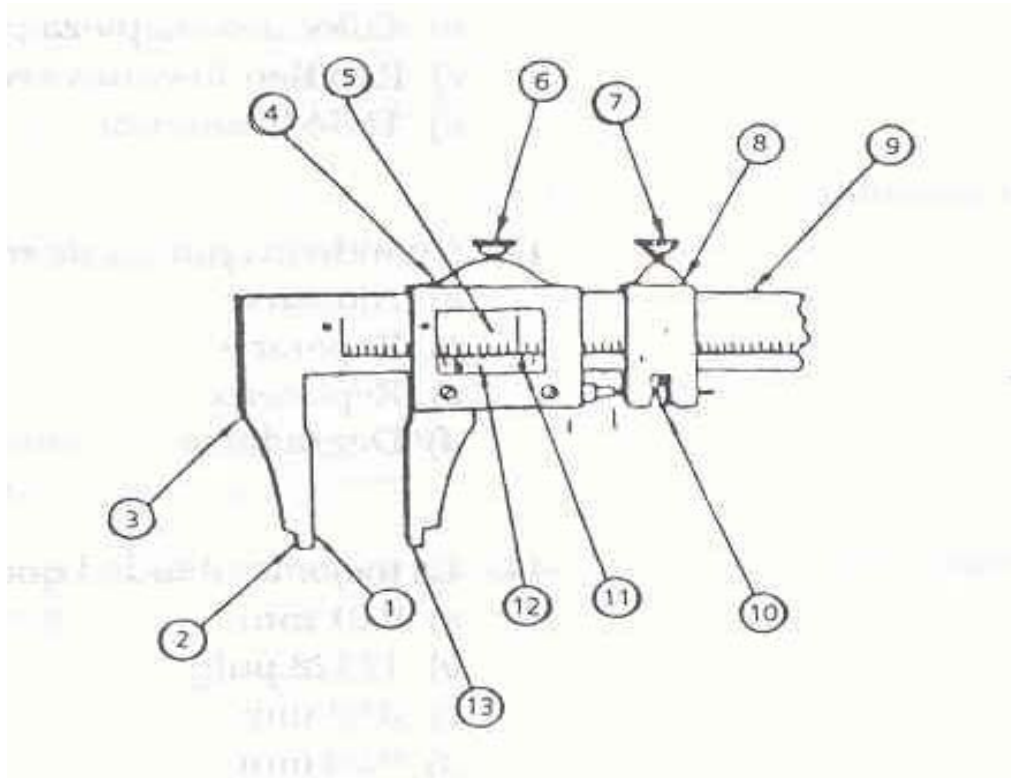
- a) Difícil
- b) Recomendable
- c) Inexacta
- d) No recomendable

### Práctica No 5

Objetivo: Indicar cada una de las partes del Vernier tipo CM.

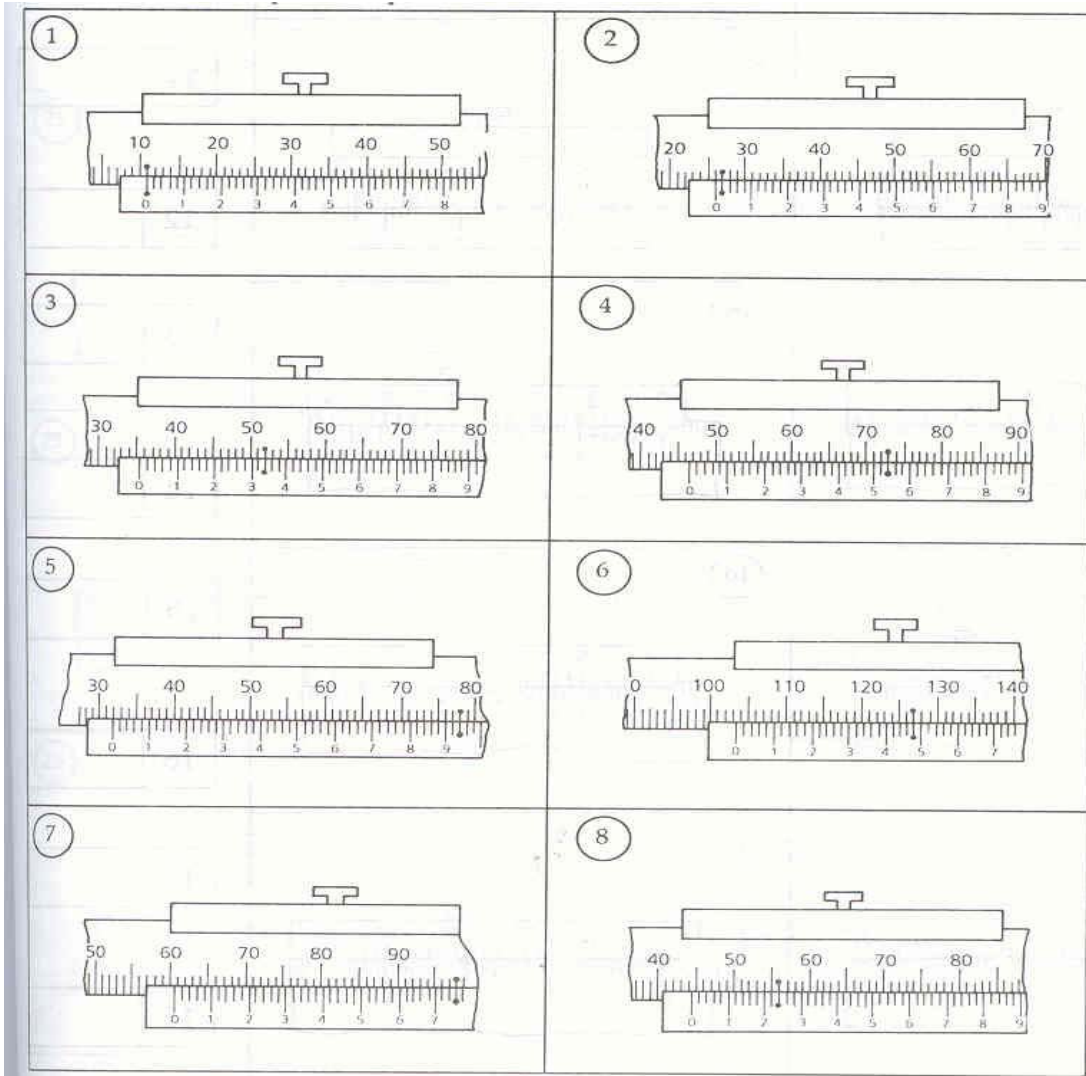
- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1. _____  | 2. _____  |
| 3. _____  | 4. _____  |
| 5. _____  | 6. _____  |
| 7. _____  | 8. _____  |
| 9. _____  | 10. _____ |
| 11. _____ | 12. _____ |
| 13. _____ |           |





### Práctica No 6

Objetivo: Anotar el número correspondiente al valor de la lectura indicada en cada una de las figuras del Vernier.



1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ 3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_ 6. \_\_\_\_\_ 7. \_\_\_\_\_ 8. \_\_\_\_\_

### Práctica No 7

Objetivo: Conocer los diferentes instrumentos dentro de la medición de ángulos y su aplicación.

1. De los siguientes instrumentos ¿Cuál es el que da más exactitud en la medición de ángulos?

- a) Mesa de senos
- b) Transportador
- c) Goniómetro
- d) Patrones angulares

2. La regla de senos puede utilizarse para inspeccionar:

- a) Pendientes
- b) Pendientes cónicas
- c) Ángulos
- d) Angularidad

3. La legibilidad en un goniómetro común es de:

- a) 1 minuto
- b) 5 minutos
- c) 15 segundos
- d) 30 segundos
- e) 10 minutos

### **Práctica No 8**

Objetivo: Conocer la razón del uso del micrómetro, y su aplicación especial.

1. ¿Cuál es la razón principal por la que se requeriría usar un micrómetro en vez de un calibrador vernier?

- a) Medir con mayor exactitud
- b) La facilidad de lectura
- c) Controlar la fuerza de medición

2. ¿Cuál es la función del freno?

- a) Fijar una lectura
- b) Asegurar el husillo cuando el micrómetro se almacena
- c) Fijar una lectura para usarlo como calibrador límite
- d) Ninguna

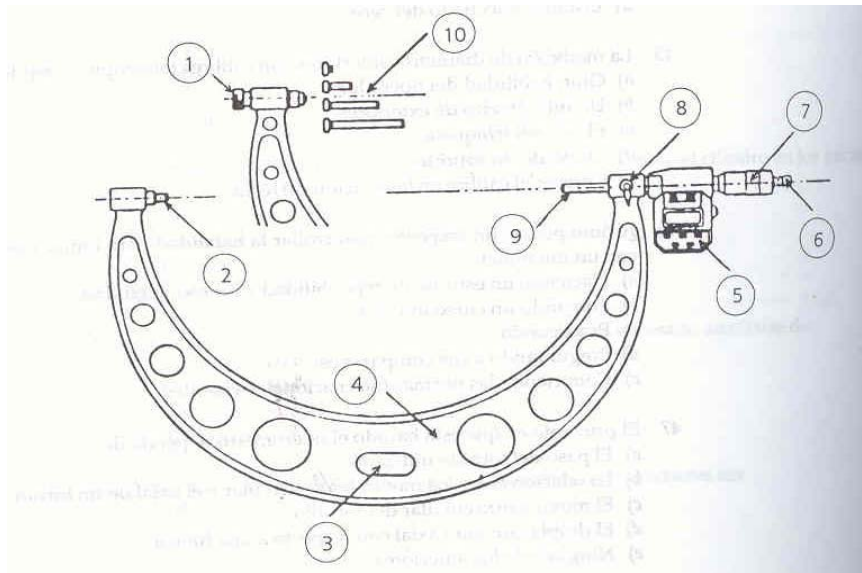
3. ¿El uso de una base permite:

- a) Utilizar más cómodamente el trinquete
- b) Medir más rápidamente
- c) Sujetar el micrómetro
- d) Facilidad de lectura

### Práctica No 9

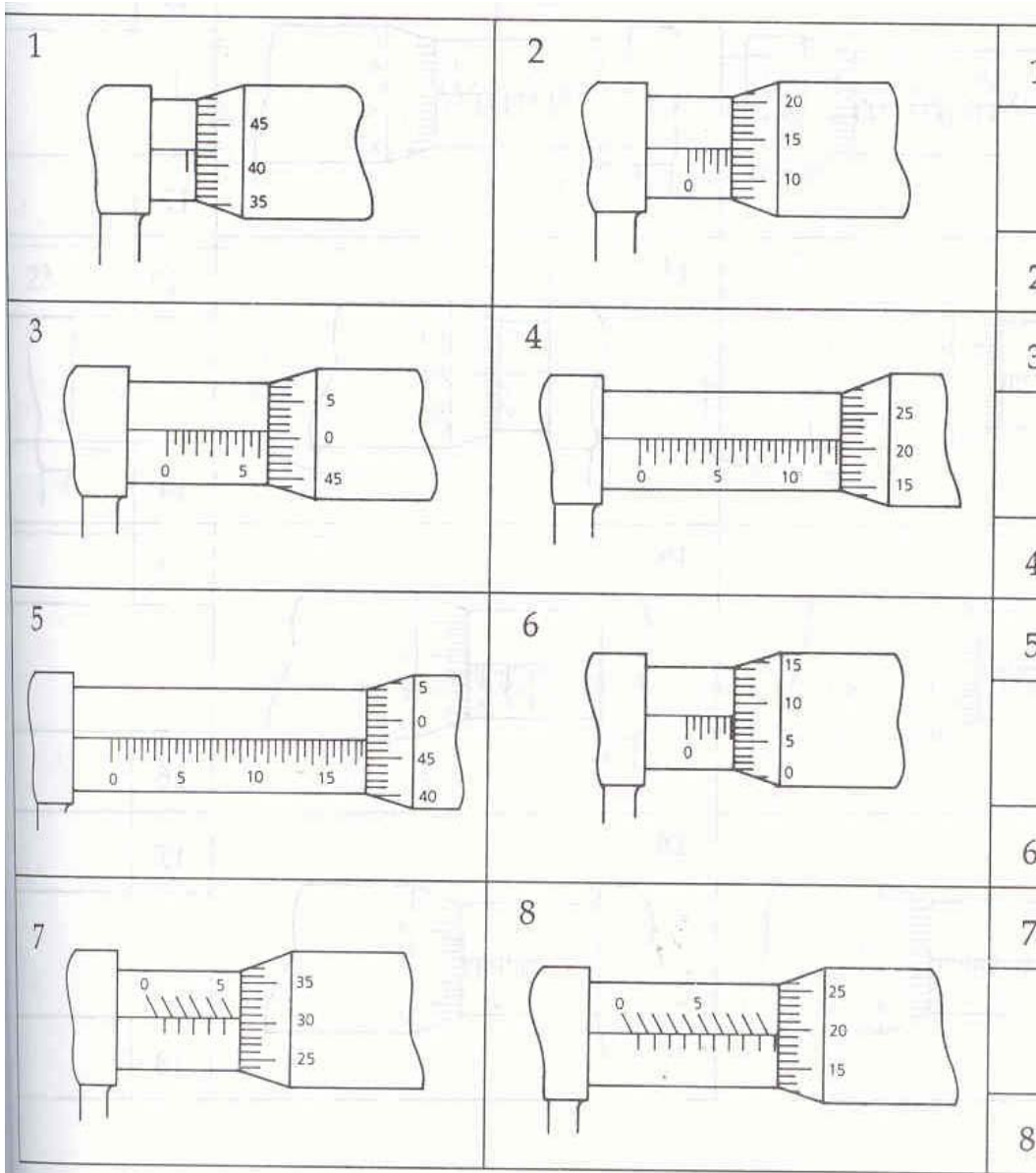
Objetivo: Identificar cada una de las partes del micrómetro de exteriores de la siguiente figura:

- |             |       |                          |       |
|-------------|-------|--------------------------|-------|
| 1. Husillo  | _____ | 2. Placa de datos        | _____ |
| 3. Tope     | _____ | 4. Arco                  | _____ |
| 5. Pantalla | _____ | 6. Topes intercambiables | _____ |
| 7. Freno    | _____ | 8. Tuerca de sujeción    | _____ |
| 9. Tambor   | _____ | 10. Trinquete            | _____ |



### Práctica No 10

Objetivo: Anotar el número correspondiente al valor de la lectura indicada en cada una de las siguientes figuras micrométricas.

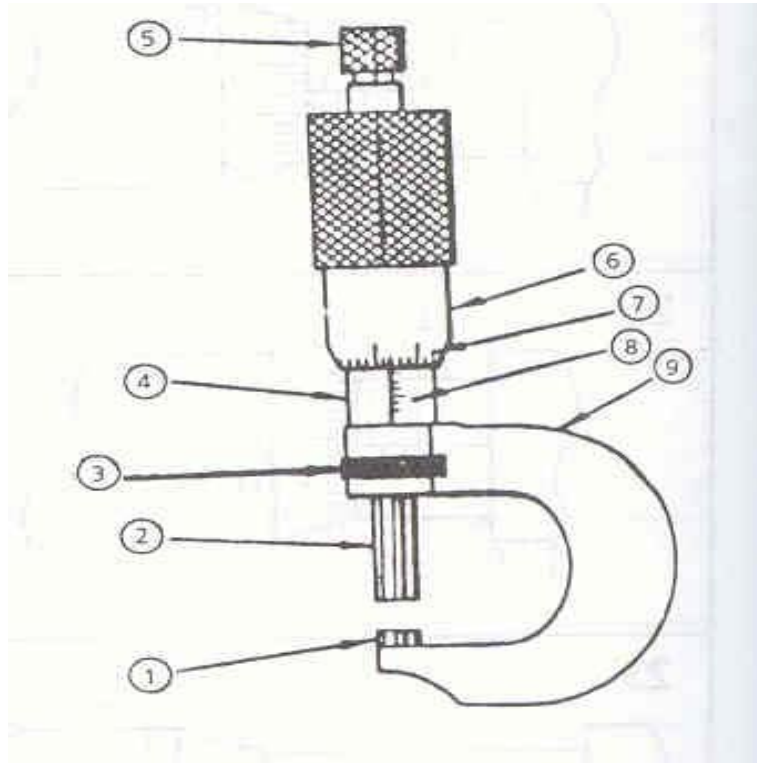


1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_ 3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_ 6. \_\_\_\_\_ 7. \_\_\_\_\_ 8. \_\_\_\_\_

### Práctica No 11

Objetivo: Identificar las partes indicadas en el micrómetro de exteriores mostrado en la figura.

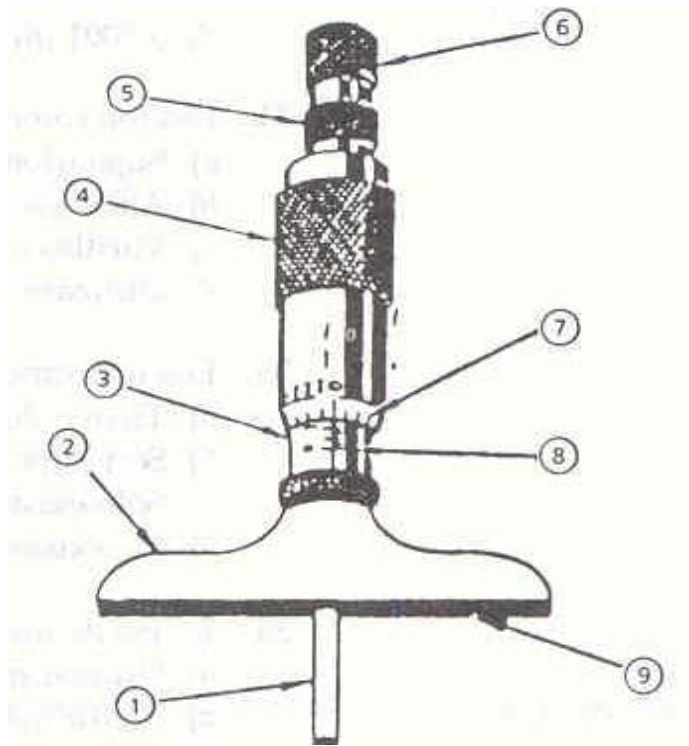
- |          |          |
|----------|----------|
| 1. _____ | 2. _____ |
| 3. _____ | 4. _____ |
| 5. _____ | 6. _____ |
| 7. _____ | 8. _____ |
| 9. _____ |          |



### Práctica No 12

Objetivo: Identificar las partes indicadas en el micrómetro de profundidades mostrado en la figura.

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_



### Práctica No 13

Metrología dimensional

Objetivo: Indicar el símbolo utilizado para cada una de las siguientes características geométricas.

Paralelismo	_____	Rectitud	_____
Perpendicularidad	_____	Planitud	_____
Redondez	_____	Cilindricidad	_____
Perfil de una línea	_____	Perfil de una superficie	_____
Cabeceo circular	_____	Cabeceo total	_____
Ángularidad	_____	Posición	_____
Concentricidad	_____	Simetría	_____

### Práctica No 14

Objetivo: Identificar cada una de los apartados que rigen las normas y normalización dentro de la metrología.

1. ¿Cuáles son los principios científicos de la normalización?
  - a) Que sea internacional, obligatoria, económica
  - b) Homogeneidad, equilibrio, cooperación
  - c) Metrológico, físico, químico
  - d) Unificación, método, homologación.
2. ¿Cuáles son los aspectos fundamentales que debe tener una norma?
  - a) Ámbito, nivel, dominio
  - b) Funciones, método, producto
  - c) Simplificación, unificación, especificación
  - d) Terminología, métodos, comprobación.
3. Para que una especificación sea completa debe:
  - a) Estar adaptada al problema
  - b) Indicar el método de comprobación
  - c) indicar claramente las características requeridas
  - d) Ser concreta.
4. ¿En metrología que se entiende por norma?
  - a) Una tolerancia
  - b) Una referencia para juzgar un producto o función
  - c) Una disposición obligatoria



- d) Un método de medición.
5. La elaboración de una norma generalmente puede durar:
- a) Tres meses
  - b) Un año o más
  - c) Un mes
  - d) Tres días.
6. La elaboración de normas generalmente se realiza mediante la actividad de:
- a) Gente especialista
  - b) Comités de normalización
  - c) Organizaciones industriales
  - d) Comisión de normalización
  - e) Organizaciones civiles.

## **ANEXO 2**

### **Ley federal sobre metrología**

Este ordenamiento fue publicado el 26 de enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación, fue el resultado de la actualización de la ley 1961, en respuesta a la inquietud de los diversos sectores sociales que necesitaban una legislación sobre estos temas que contribuyeran a fomentar y estimular la modernización de la producción industrial (López, 1987).

El contenido de la ley federal de metrología se puede clasificar en 3 áreas, es decir.

- La metrología
- La normalización
- La certificación de calidad.

En el área de la metrología destacan los siguientes objetivos:

- El establecimiento del Sistema General de Unidades de Medida.
- Establecer los requisitos metrológicos que deben cumplir los instrumentos de medición.
- Reglamentar las actividades de fabricación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos de medir.
- Establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida.
- Establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados.
- Crear el Centro Nacional de Metrología, como organismo de alto nivel técnico en la materia.

[http://www.semarnat.gob.mx/marco\\_juridico/federal/metrologia.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/marco_juridico/federal/metrologia.shtml)

En materia de normalización se tiene:

- Fomentar la elaboración y observación de las Normas Oficiales Mexicanas, a fin de incrementar la calidad de los productos y servicios nacionales.
- Especificar el carácter de las normas de acuerdo con la aplicabilidad de las mismas.
- Reglamentar las actividades de los comités consultivos nacionales de normalización.
- Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración.
- En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.

[http://www.semarnat.gob.mx/marco\\_juridico/federal/metrologia.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/marco_juridico/federal/metrologia.shtml)

En lo que se refiere a la certificación de la calidad, sus propósitos son:

- El fortalecimiento de los mecanismos oficiales de certificación de la calidad de los productos y servicios.
- Establecer el sistema nacional de acreditamiento de laboratorios de prueba (López, 1987).

Por lo que respecta a la certificación de la calidad, se fortalece al sistema de certificación para norma obligatoria y el sistema de certificación de norma no obligatoria (sello oficial de garantía) con el propósito de hacer más ágil y más amplio dicho servicio (López, 1987).

**CENAM**

El Centro Nacional de Metrología, CENAM, fue creado con el fin de apoyar el sistema metrológico nacional como un organismo descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, de acuerdo al artículo 29 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el cual dice: El Centro Nacional de Metrología (CENAM) es un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, con objeto de llevar a cabo funciones de alto nivel técnico en materia de metrología. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992, y sus reformas publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 1997, <http://www.cenam.mx/>.

El CENAM es el laboratorio nacional de referencia en materia de mediciones. Es responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, ofrecer servicios metrológicos como calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, asesorías y venta de publicaciones.

El CENAM tiene por misión apoyar a los diversos sectores de la sociedad en la satisfacción de sus necesidades metrológicas presentes y futuras, estableciendo patrones nacionales de medición, desarrollando materiales de referencia y diseminando sus exactitudes por medio de servicios tecnológicos de la más alta calidad, para incrementar la competitividad del país, contribuir al desarrollo sustentable y mejorar la calidad de vida de la población.

### **ANEXO 3**

## **Medición y registro**

Por lo general, cuando se efectúa la medición, los valores medidos se registran para mediciones críticas, es mejor que dos personas trabajen juntas, ya que una se dedica a medir y otra se especializa en registrar la medición. En éste caso las notas se deben tomar como se indica en los siguientes párrafos.

Para el operador las indicaciones son las siguientes:

- Con pronunciación clara y correcta, dicte al personal de registro los valores medidos.
- Inmediatamente después de tomar el dato, asegúrese otra vez del valor medido para evitar una lectura errada.
- Asegúrese de que el personal de registro repita verbalmente el valor correcto en el momento de la lectura de datos.
- Efectúe las mediciones en las mismas condiciones cada vez (Zeleny, 1987).

Para el personal de registro las indicaciones son las siguientes:

- Asegúrese de registrar la fecha, los nombres del operador del registrador y del instrumento de medición, el tiempo de iniciación/finalización, las temperaturas antes y después de la medición, el lugar donde se efectúa ésta y el estado del tiempo.
- Repita verbalmente el valor dictado por el operador, y asegúrese que el valor registrado sea el mismo que el que repitió.
- Registre los valores correctamente y no borre los datos una vez que los haya escrito. Si más tarde corrige datos, trace una línea y anote la palabra corrección.
- Si se ha de dibujar una gráfica, anote primero las lecturas y luego coloque los valores en las gráficas.

- Cuando se vaya a efectuar una medición de especial exactitud tome dos detalles de las anomalías que ocurren durante la medición (González, 1993).

## **ANEXO 4**

### **Utilización del micrómetro**

Para el manejo adecuado del micrómetro, sostenga la mitad del cuerpo en la mano izquierda, y el manguito o trinquete en la mano derecha, mantenga la mano fuera del borde del yunque.

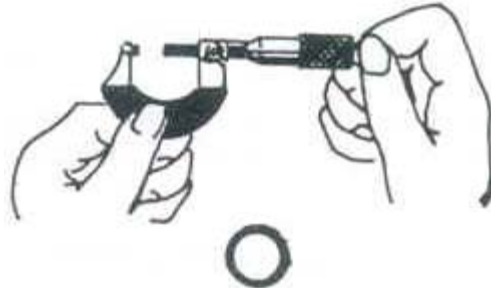


Figura 7.1 Método correcto para sujetar el micrómetro con las manos

El trinquete es para asegurar que se aplica una presión de medición apropiada al objeto que se está midiendo mientras se toma la lectura. Inmediatamente antes de que el husillo entre en contacto con el objeto, gire el trinquete suavemente, con los dedos, cuando el husillo haya tocado el objeto de tres a cuatro vueltas ligeras al trinquete a una velocidad uniforme (el husillo puede dar 1.5 o 2 vueltas libres). Hecho esto, se ha aplicado una presión adecuada al objeto que se está midiendo.



Figura 7.2 Sostenimiento del micrómetro

Si acerca la superficie del objeto directamente girando el manguito, el husillo podría aplicar una presión excesiva de medición al objeto y será errónea la medición.

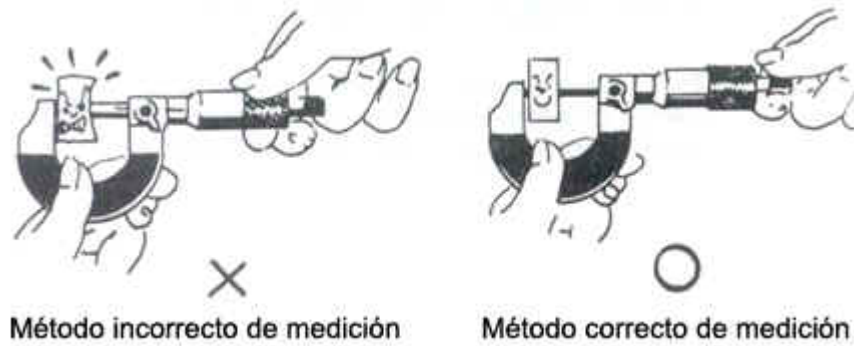


Figura 7.3 Métodos de medición

Cuando la medición esté completa, despegue el husillo de la superficie del objeto girando el trinquete en dirección opuesta.

<http://www.itap.edu.mx/estructura/academ/cb/metrologia/pr01.htm>

El mantenimiento adecuado del micrómetro es esencial, antes de guardarlo, no deje de limpiar las superficies del husillo, yunque, y otras partes, removiendo el sudor, polvo y manchas de aceite, después aplique aceite anticorrosivo.

No olvide limpiar perfectamente las caras de medición del husillo y el yunque, o no obtendrá mediciones exactas. Para efectuar las mediciones correctamente, es esencial que el objeto a medir se limpie perfectamente del aceite y polvo acumulados (Zeleny, 1989).

Es esencial poner el micrómetro en contacto correcto con el objeto a medir. Use el micrómetro en ángulo recto (90°) con las superficies a medir.

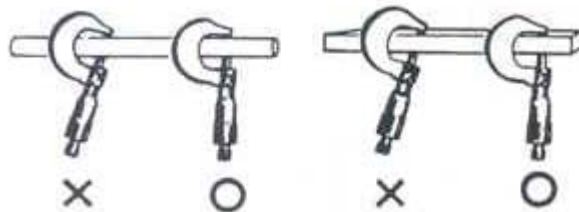


Figura 7.4 Uso adecuado en la medición de un objeto

Cuando se mide un objeto cilíndrico, es una buena práctica tomar la medición dos veces; cuando se mide por segunda vez, gire el objeto a 90°.



No levante el micrómetro con el objeto sostenido entre el husillo y el yunque.



Figura 7.5 No levantar el micrómetro con el objeto

No gire el manguito hasta el límite de su rotación, no gire el cuerpo mientras sostiene el manguito.

[http://www.rolcar.com.mx/Mecanica%20de%20los%20sabados/instrumentos\\_de\\_medici%C3%B3n2.htm](http://www.rolcar.com.mx/Mecanica%20de%20los%20sabados/instrumentos_de_medici%C3%B3n2.htm)

Para utilizar esta tabla hay que observar lo siguiente:

Primero hay que localizar la unidad que se requiere convertir la cual se encontrará por la columna y el cuadro remarcado que encierra en número 1.

Por ejemplo:

Se quiere saber a cuantas micropulgadas equivale un milímetro; para eso se hace lo siguiente.

- 1) Hallar la columna de milímetros.
- 2) Buscar el cuadro remarcado.
- 3) Enseguida siguiendo ese renglón hacia la derecha, detenerse en la columna denomina micro-pulgadas y la respuesta es: 39,370.

**Cuadro 7.1 Conversión de unidades**

Metros	Milímetros	Micras	Micro-pulg.	Milésimas de pulg.	Pulgadas	Pies	Yardas
1	1000	1000000	39370000	39370	39,37	3,281	1,094
0,001	1	1000	39370	3937	0,03937	0,00328	0,001094
0,000001	0,001	1	3937	0,03937	0,000039	0,0000033	0,00000709
0,000000025	0,000025	0,0254	1	0,001	0,000001	0,00000008	0,00000003
0,000025	0,0254	25,4	1000	1	0,001	0,0000834	0,0000278
0,0254	25,4	25400	1000000	1000	1	0,0834	0,0278
0,3048	304,8	304800	12000000	12000	12	1	0,3334
0,9144	914,4	914402	36000000	36000	36	3	1

Fuente: Montes, 1991