

2  
28

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ZARAGOZA"**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE  
METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN A NIVEL BÁSICO DE  
IMPORTANCIA PARA LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN  
LA ENEP "ZARAGOZA"**

Por

Magdalena Erydiana Alejos Garcia

Toluca, México-1993.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

INDICE .....	i
INTRODUCCION .....	1
FUNDAMENTACION DEL TEMA .....	4
I. METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN .....	5
A. Dispositivos y Errores .....	5
B. Definiciones Fundamentales .....	11
C. Bibliografía .....	15
II. TEMPERATURA .....	16
A. Términos Fundamentales .....	17
B. Clasificación de los Instrumentos de Medición .....	19
i). Termómetros actuados por presión de vapor o clase II. ....	22
ii). Termómetros actuados por presión de Gas o clase III. ....	22
iii) Termómetros activados por líquido o mercurio, o clase I. ....	23
C. Patrones .....	38
D. Bibliografía .....	41
III. MASA .....	42
A. Términos Fundamentales .....	45
B. Clasificación de los instrumentos de Medición .....	48
C. Cuidados de Básculas y Balanzas .....	69
D. Patrones .....	69
E. Bibliografía .....	75
IV. PRESION .....	76
A. Términos Fundamentales .....	77
B. Clasificación de los Instrumentos de Medición .....	80
C. Patrones .....	94
D. Condiciones de Trabajo .....	100
E. Bibliografía .....	102
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	104
OBJETIVO .....	106
HIPOTESIS .....	107
MATERIAL Y METODO .....	108
I Métodos de Calibración para Instrumentos de Medición .....	108
A. Temperatura .....	108
B. Masa .....	115
C. Presión .....	120
II. Criterios de Aceptación .....	123
A. Temperatura .....	123
B. Masa .....	128

C. Presión .....	133
RESULTADOS .....	135
I. INSTALACION DEL LABORATORIO .....	135
A. Espacio Físico.....	136
1. Distribución del espacio.....	136
2. Condiciones ambientales.....	139
B. Equipo de Control .....	140
1. Acústico.....	140
2. Partículas de polvo.....	140
3. Campo magnético y eléctrico (protección).....	140
4. Presión del aire.....	140
5. Iluminación.....	140
6. Humedad relativa y temperatura.....	141
7. Vibración.....	141
8. Regulación de voltage.....	141
C. Organización del Laboratorio.....	141
1. Area de Temperatura.....	141
2. Area de presión y temperatura.....	142
3. Recepción.....	144
4. Oficina.....	144
5. Biblioteca.....	144
6. Sanitario.....	145
D. Organigramas .....	148
1. Personal necesario.....	148
2. Proceso entrada - calibración - salida.....	150
E. Hojas de certificación para calibración .....	150
F. Guía para Obtener la Autorización como Laboratorio de Prueba.....	155
G. Bibliografía.....	157
II INTERVALOS DE RECALIBRACIÓN.....	158
A. Introducción.....	158
B. Elección de Intervalos de Recalibración .....	159
C. Métodos de Revisión de Intervalos de Recalibración.....	159
1. Método de "Caja de Escalera" .....	160
2. Gráfica de Control.....	160
3. Tiempo en Uso.....	161
4. Método de "Caja Negra" .....	161
5. Aproximación Estadística.....	162
D. Bibliografía .....	162
CONCLUSIONES.....	164
PROPUESTAS Y/O RECOMENDACIONES.....	165



## INTRODUCCION

Es de vital importancia, por los cambios que actualmente estamos viviendo, el hecho de fortalecer y modernizar la infraestructura tecnológica del país, y de esta forma incrementar la calidad de los productos y servicios nacionales.

Es así, tomando como base las necesidades que surgen de contar con especificaciones que deban reunir productos elaborados y servicios, que nace la idea de crear una ley sobre metrología y normalización y que es publicada en 1988. Con esta ley se pretende en materia de metrología, establecer el sistema general de unidades de carácter legal a regir en todo el territorio nacional, así como implantar los requisitos necesarios para la fabricación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida; de esta forma se puede establecer la obligatoriedad de la medición en las transacciones comerciales, y establecer el tipo de instrumentos que quedan sujetos a verificación periódica, entre los que encontramos:

- Los que sirven de base para una transacción comercial o determinen el precio de un servicio;
- Los que determinen cuantitativamente los componentes de una mercancía, cuyo precio o calidad dependa de estos componentes;
- Los que sirven de base para actos que afecten o puedan afectar la salud, la vida o la integridad corporal.

En materia de calibración, el objetivo que se persigue, es el de procurar la uniformidad y confiabilidad de las mediciones que se realizan en el país tanto en transacciones comerciales, como en procesos industriales, integrando así, el Sistema Nacional de Calibración con el Centro Nacional de Metrología, el cual realizará las siguientes acciones:

- Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas;
- Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de administración pública federal.

Se crea también el Centro Nacional de Metrología que pretende lograr funciones de alto nivel técnico como son:

- Fungir como laboratorio primario del Sistema Nacional de Calibración;
- Conservar el patrón nacional correspondiente a cada magnitud;
- Proporcionar servicios de calibración a patrones de medición de los laboratorios.

La integración del Sistema de Metrología y Normalización se lleva a cabo por medio de las Normas Oficiales y que tienen las siguientes finalidades:

- Establecer las especificaciones relacionadas con los instrumentos para medir, los patrones de medida y sus métodos de medición y calibración;
- Establecer los procedimientos para determinar la eficiencia del funcionamiento del sistema, máquinas, aparatos, instrumentos y demás dispositivos empleados en operaciones industriales.

Podemos darnos cuenta entonces de que las normas propuestas contemplan a la Industria Farmacéutica por encontrarse relacionada con productos que afectan la salud, además de que en la Industria Farmacéutica se cuenta con gran cantidad de equipo e instrumentos de medición que están íntimamente relacionadas con el proceso de elaboración y control de calidad de medicamentos y otros.

Es entonces de mucho valor, contar con un laboratorio de metrología y calibración dentro de la planta de producción de medicamentos, que a su vez va a permitir tener un mejor control de calidad de todo el proceso.

Es también de mucha importancia en la elaboración de un medicamento, mantener una tendencia hacia la disminución de los productos rechazados pues va a repercutir directamente en las pérdidas de la empresas; esto se ha tratado de corregir siguiendo unas adecuadas prácticas de manufactura, en donde la calibración forma parte del mantenimiento que requiere cualquier equipo.

Se menciona también la necesidad de tener el equipo validado, pero no podemos decir que un equipo está validado tomando como referencia en las mediciones un instrumento que no está calibrado, y que por lo tanto, puede estar proporcionando datos erróneos.

De esta forma podemos darnos cuenta de que la calibración es la base para llevar a buen fin todo un proceso de fabricación y poder asegurar la reproducción fiel del producto.



## FUNDAMENTACION DEL TEMA

Las necesidades de contar con un medicamento que sea de calidad, han llevado a personas de diferentes sectores dentro de la Industria Farmacéutica a implementar prácticas y métodos que contribuyan al fortalecimiento del control de calidad.

Encontramos entonces que es de gran importancia en el control de la calidad llevar a cabo validaciones en diferentes etapas del proceso de fabricación pero que a su vez, estas no van a ser confiables si no se ha realizado una calibración previa al equipo e instrumentos de medición.

Como podemos observar, la calibración es uno de los pilares fundamentales de la validación, por lo que se puede asegurar que va a jugar un papel muy importante durante todo el proceso de fabricación condicionando de esta forma la veracidad de la información obtenida en la validación.

Es de esta manera que la repercusión que tiene la calibración en la Industria Farmacéutica se va a reflejar en cada uno de los procesos que se efectúan, además de que su importancia se extiende hasta la investigación en cualquiera de sus áreas, ya que en este caso, la calibración es la base de la veracidad que tenga una teoría basada en los resultados obtenidos en un aparato de medición que, si no fue calibrado, no va a ofrecer ninguna confiabilidad ni reproducibilidad.

Partiendo de la necesidad de contar con la metrología y la calibración como punto de partida en el desarrollo adecuado de cualquier proyecto en la Industria Farmacéutica y Escolar, surge la necesidad de contar con personas preparadas y capacitadas para trabajar en este campo y que además cuente con los conocimientos suficientes en la elaboración de medicamentos; es por eso que se propone la creación de un laboratorio de metrología que cubra estas necesidades tanto en la práctica como en el conocimiento teórico, proponiendo así un laboratorio de tipo básico, es decir, que cuente con los requisitos mínimos necesarios para que sea aprobado como un laboratorio de prueba y de esta forma dar servicio de calibración a la industria.

## I. METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN

En todo proceso de fabricación, encontramos presentes magnitudes críticas las cuales deben ser identificadas con el fin de ser controladas, y de no ser así, se corre el riesgo de tener constantes problemas con la calidad del producto.

Este problema se puede minimizar contando con una adecuada información que nos ayude a tener un completo conocimiento del problema que la magnitud representa en el sistema, así como la forma de corregirlo adecuadamente.

### A. Dispositivos y Errores

Se ha visto que los instrumentos industriales pueden medir, transmitir y controlar las variables que intervienen en un proceso.

En la realización de todas estas funciones existe una relación entre la variable de entrada y la de salida del instrumento. Siempre que el valor representado corresponda exactamente al de la variable de entrada estará efectuando una medición correcta. Ahora bien, en la práctica, los instrumentos determinan en general unos valores inexactos en la salida que se apartan en mayor o en menor grado del valor verdadero de la variable de entrada, lo cual constituye el error de la medida.

#### **1. Tipos de Dispositivos y Aparatos**

Como se mencionó en el párrafo anterior los instrumentos de medición pueden estar constituidos por diversos dispositivos que tienen un función específica, y que en base a eso los vamos a clasificar en:

##### **a. Dispositivo Transductor.**

Dispositivo de medición que establece correspondencia entre una magnitud de entrada y una de salida, conforme a una relación determinada.

##### **b. Aparato Indicador.**

Este aparato nos muestra el valor de una magnitud medida o el de un valor que le esté relacionado, dentro de estos aparatos, podemos considerar a los micrómetros y voltímetros digitales.

c. Aparato registrador.

Este aparato nos va a permitir llevar un registro del valor de una magnitud medida de un valor que le esté relacionado. En este tipo de aparatos, pueden ser registradas simultáneamente varias magnitudes, y puede constar de un dispositivo indicador.

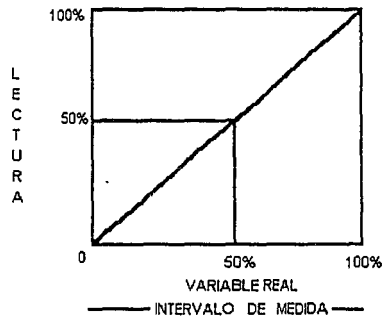
## 2. Errores de los Instrumentos

El error es universal e inevitable y acompaña a toda medida, aunque esta sea muy elaborada, o aunque se efectue un gran número de veces. Es decir, el valor verdadero no puede establecerse con completa exactitud y es necesario encontrar unos límites que lo definan, de modo que sea práctico calcular la tolerancia de la medida.

Un instrumento se considera que está calibrado cuando en todos los puntos de su campo de medida, la diferencia entre el valor real de la variable y el valor indicado o registrado o transmitido, está comprendido entre los límites determinados por la exactitud del instrumento.

En un instrumento ideal (sin error), la relación entre los valores reales de la variable comprendidos dentro del campo de medida, y los valores de lectura del aparato, es lineal. En la figura 1.1 puede verse esta relación.

FIG. 1.1  
INSTRUMENTO  
IDEAL



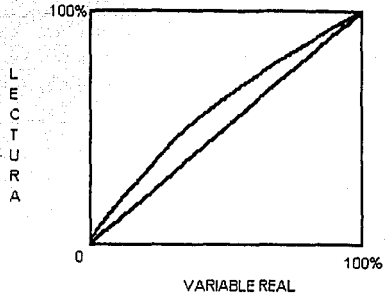


FIG. 1.2  
DESVIACIÓN  
VARIABLE-LECTURA

La desviación de la curva variable-lectura de un instrumento típico, tal como el de la figura 1.2, con relación a la recta ideal, representan los errores de lectura del aparato. Esta curva puede descomponerse en tres, representando individualmente los tres tipos de errores que pueden hallarse en forma aislada o combinada en los instrumentos:

a. Error de cero.

Todas las lecturas están desplazadas con un mismo valor con relación a la recta representativa del instrumento. Este tipo de error puede verse en la figura 1.3, en la que se observa que el desplazamiento puede ser positivo o negativo. El punto de partida o de base de la recta representativa cambia sin que varíe la inclinación o la forma de la curva.

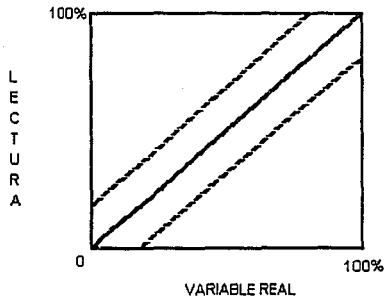


FIG. 1.3  
ERROR DE CERO

En general el error de cero se puede corregir con el llamado tornillo de cero, que modifica directamente la posición del índice o de la pluma de registro cambiando la curva variable-lectura paralelamente a sí mismo, o bien sacando el índice y fijándolo al eje de lectura en otra posición.

b. Error de multiplicación.

Todas las lecturas aumentan o disminuyen progresivamente con relación a la recta representativa, según puede verse en la figura 1.4 en la que se observa que el punto base no cambia y la desviación progresiva puede ser positiva o negativa.

El error de multiplicación se corrige actuando sobre el tornillo de multiplicación (span) que modifica directamente la relación de amplitud de movimientos aumentando o disminuyendo progresivamente las lecturas sobre la escala.

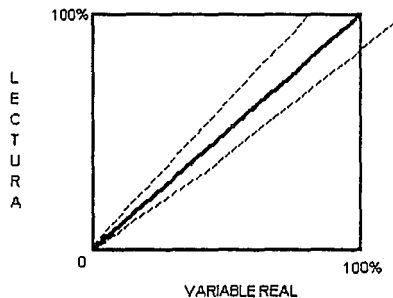
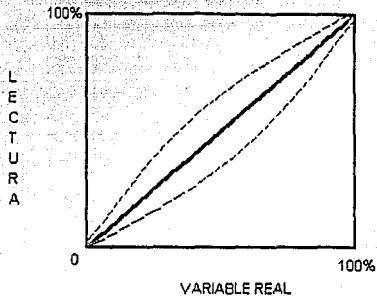


FIG. 1.4  
ERROR DE  
MULTIPLICACION

c. Error de angularidad.

La curva real coincide con los puntos 0 y 100% de la recta representativa, pero se aparta de la misma en los restantes. En la figura 1.5 puede verse un error de este tipo. El máximo de la desviación suele estar hacia la mitad de la escala.

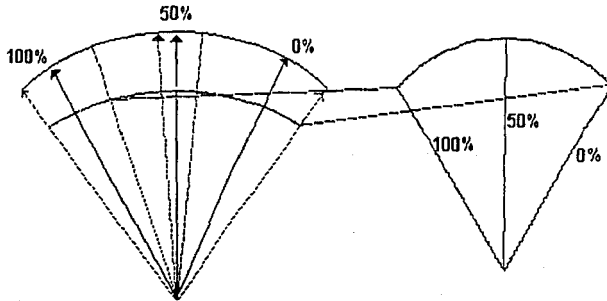
FIG. 1.5  
ERROR DE  
ANGULARIDAD



Los instrumentos pueden ajustarse para corregir estos errores, si bien hay que señalar que algunos instrumentos, por su tipo de construcción, no pueden tener errores de angularidad.

Este error es debido fundamentalmente a la transmisión por palancas del movimiento del elemento primario o de la variable medida al índice de la lectura o de registro (figura 1.6), este error será nulo cuando las palancas queden exactamente a escuadra con la variable al 50% de su valor. La corrección se realiza en la misma dirección del error.

FIG. 1.6  
TRANSMISIÓN  
POR  
PALANCAS



d. Error de paralaje.

Este se produce cuando el observador efectúa la medida de modo que su línea de observación al índice no es perpendicular a la escala del instrumento. La importancia de este error depende de la separación entre el índice y la escala y del ángulo de inclinación de la línea de observación. Para disminuirlo, algunos instrumentos tienen el sector separado de la escala y a muy poca distancia del índice.

e. Error de interpolación.

Se presenta cuando el índice no coincide exactamente con la graduación de la escala, y el observador redondea sus lecturas por exceso o por defecto.

## **B. Definiciones Fundamentales**

A lo largo de este trabajo, nos encontramos con términos metrológicos, lo que hace necesario dar algunas definiciones que son fundamentales para un mejor entendimiento del mismo.

### **1. Magnitud.**

Atributo de un fenómeno cuerpo o sustancia que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

### **2. Unidad.**

Magnitud específica adoptada por convención, utilizada para expresar cuantitativamente magnitudes que tengan la misma dimensión.

### **3. Metrología.**

Campo de los conocimientos relativos a las mediciones (tanto teóricas como prácticas).

### **4. Medición.**

Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar el valor de una magnitud.

### **5. Error (absoluto) de medición.**

Resultado de una medición menos el valor (convencionalmente) verdadero de la magnitud medida.

Notas:

a. El término se aplica igualmente para:

- la indicación
- el resultado bruto
- el resultado corregido.

b. Las partes conocidas del error de medición pueden ser compensadas aplicando correcciones apropiadas. El error del resultado corregido solo puede estar caracterizado por una incertidumbre.



c. El error absoluto que caracteriza el intervalo de valores dentro de las cuales se encuentra el valor verdadero de la magnitud medida.

#### **6. Sensor.**

Elemento de un aparato de medición de una cadena de mediciones, al cual esta aplicada directamente la magnitud a medir.

#### **7. Escala.**

Conjunto ordenado de trazos con una numeración asociada formando parte de un dispositivo indicador.

#### **8. Sensibilidad.**

Cociente del incremento de la respuesta de un instrumento de medición para responder a pequeñas variaciones del valor de la señal de entrada.

#### **9. Calibración.**

Conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento por medio de la comparación con un patrón.

#### **10. Exactitud.**

Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor (convencionalmente verdadero) de la magnitud medida.

#### **11. Repetibilidad de mediciones.**

Proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando, efectuados con la aplicación de la totalidad de las condiciones siguientes:

- mismo método de medición
- mismo observador
- mismo instrumento de medición
- mismo lugar
- mismas condiciones de uso
- repetición del periodo.

## **12. Reproducibilidad de mediciones.**

Proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mensurando, en el caso de que las mediciones individuales sean efectuadas haciendo variar las condiciones tales como:

- método de medición
- observador
- instrumento de medición
- lugar
- condiciones de uso
- tiempo.

## **13. Trazabilidad.**

Propiedad de un resultado de medición consistente en poder relacionarlo con los patrones apropiados internacionales o nacionales, por una cadena ininterrumpida de comparaciones.

## **14. Patrón.**

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

## **15. Patrón Primario.**

Patrón que representa la mas alta calidad metrológica dentro de un campo específico. (El concepto de patrón primario es valido, lo mismo para las unidades de base que para las unidades derivadas).

## **16. Patrón Secundario.**

Patrón cuyo valor es fijado por comparación con un patrón primario.

### **17. Patrón de Referencia.**

Patrón, en general de mas alta calidad metrológica disponible en un lugar determinado, del cual derivan las mediciones efectuadas en ese lugar.

### **18. Histéresis.**

Diferencia máxima en los valores de salida del instrumento para el mismo valor cualquiera del campo de medida cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

### **19. Intervalo de medición.**

Módulo de la diferencia entre los dos límites del alcance de un "Instrumento de medición".

### **20. Alcance de medición.**

Para cada amplitud de la escala, es el conjunto de valores de la magnitud medida para los cuales un "instrumento de medición" presenta los valores dentro de esa amplitud de escala , para una posición particular de sus controles.

### **21. Incertidumbre de medición.**

Estimación que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se encuentra el valor verdadero de la magnitud medida.

### **22. Ajuste.**

Operación destinada a llevar a un aparato de medición a un funcionamiento y a una exactitud conveniente para su utilización.

### C. Bibliografía

1. Soisson H E, 1980. Instrumentación Industrial. Ed. Limusa, Distrito Federal, México, 550.
2. Creus A S, 1981. Instrumentación Industrial. Ed. Publicaciones Marcombo, S. A., Distrito Federal, México, 567573.
3. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (Norma Oficial Mexicana),
  - NOM, Monografía Z55 Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales, 1986.
  - NOM, Monografía Z Sistema General de Unidades de Medida Sistema Internacional de Unidades (SI).
  - NOM, Monografía Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 1988.
4. Comisión Internacional de Prácticas adecuadas de Manufactura para la Industria Farmacéutica, A. C., 1980. Guía de Prácticas adecuadas de Manufactura Farmacéutica, 3a. Ed. México, 312.

## II. TEMPERATURA

La medición de temperaturas es de gran importancia en la Industria Farmacéutica, sea el caso de un proceso o una operación de fabricación que requiere de calor, en el proceso de esterilización, en la cuantificación de principios activos y otras. La exactitud de la medición así como su aplicación, van a determinar el tipo de termómetro a utilizar, algunos sensores los podemos emplear a su vez junto con registradores o dispositivos de control.

Uno de los primeros requisitos para medir la temperatura, es establecer una escala de temperaturas que se pueda utilizar en el instrumento medidor de registro o control.

Las escalas de temperatura tomadas arbitrariamente y que se usan para medir la temperatura son:

Kelvin (K)

Grados Fahrenheit (°F)

Grados Rankine (°R)

Grados Celsius (°C)

En la tabla 2.1, encontramos una comparación de estas escalas con respecto al punto de ebullición y de congelación del agua.

Tabla 2.1 Escalas de Temperatura

				Punto de ebullición del agua
373.15	212	671.71	100	
	°F	°R	°C	
K				
273.15	32	491.7	0	Punto de congelación del agua

Sin embargo la base para la medición de la temperatura es la escala termodinámica, y la unidad de la temperatura termodinámica es el Kelvin (K), una unidad básica del Sistema Internacional de Unidades. La escala

termodinámica de temperatura queda fijada por el punto cero "absoluto" de la termodinámica,  $T=0$  K, y se basa en el punto triple del agua  $T= 273.16$  K.

La escala de temperaturas Celsius se distingue de la escala termodinámica de temperatura (Kelvin), solo por la posición de su punto cero, cuya temperatura termodinámica es de  $273.15$  K.

## A. Términos Fundamentales

### **1. Calor.**

Es el valor promedio del trabajo externo cambiado entre el sistema y el medio que lo rodea.

### **2. Temperatura.**

Medida del grado de calor o frío del sistema

### **3. Termómetro.**

Instrumento propio para medir la temperatura

### **4. División mínima de la escala.**

Intervalo de temperatura entre graduaciones sucesivas del termómetro.

### **5. Elemento detector.**

Fluido (líquido, gas o vapor) que se puede expandir contenido dentro de un sistema totalmente sellado y que es sensible a las variaciones de temperatura.

### **6. Dilatación volumétrica.**

Propiedad de los líquidos de modificar su volumen al dilatarse debido a la variación de su temperatura.

### **7. Longitud de la escala principal.**

Longitud axial en milímetros de la escala del termómetro desde su marca de temperatura nominal máxima hasta su marca de temperatura nominal mínima.

### **8. Columna emergente.**

Porción de la columna del líquido termométrico la cual permanece fuera del medio en el momento de tomar su temperatura.

### **9. Cámara de contracción.**

Dilatación en el diámetro interno del capilar de un termómetro dispuesto para suprimir un alcance de temperatura mayor a la del medio ambiente, que está siendo mostrada en la escala.

### **10. Cámara de expansión.**

Glándula en forma de pera en la parte superior del capilar de un termómetro, colocado para alojar el líquido termométrico en caso de que el termómetro se sobrecaliente.

### **11. Capilar.**

(del termómetro). Tubo de vidrio transparente de sección transversal circular o prismático generalmente provisto con un respaldo de vidrio opalino amarillo o blanco con un agujero circular u ovalado convenientemente colocado utilizado para vástago de termómetros.

### **12. Vástago.**

Porción de un termómetro arriba de su bulbo.

### **13. Verificación.**

Es el proceso de probar un termómetro conforme a especificaciones.

### **14. Termómetro de referencia.**

Termómetro certificado por autoridades apropiado para la calibración de termómetros teniendo una división mínima, menor que la del termómetro que está siendo calibrado.

### **15. Corrección de calibración.**

Valor algebraico sumado a la lectura del termómetro para obtener la temperatura verdadera.

### **16. Error de calibración.**

(de un termómetro) Desvío en la indicación de un termómetro de la temperatura verdadera existente durante la calibración.

## **B. Clasificación de los Instrumentos de Medición**

Para los instrumentos de medición de la temperatura, su clasificación se hace en base al principio físico en el que se basan para su funcionamiento.

### **1. Termómetros Bimetálicos.**

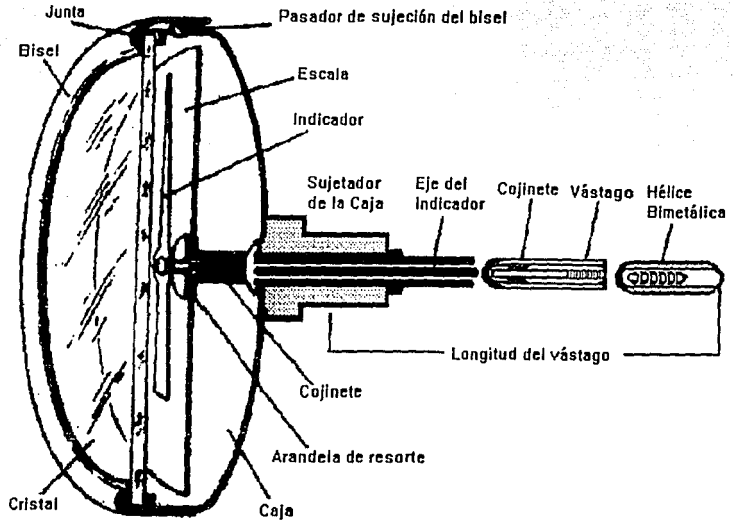
Los termómetros bimetálicos se construyen de dos laminillas de metales con diferente coeficiente de expansión que se unen a todo lo largo, y dependiendo de su uso, a esta tira se le puede dar la forma helicoidal, caso en el cual el metal con mayor coeficiente de expansión va a ser colocado en el lado externo.

Los metales con diferente coeficiente de expansión al aplicarles calor se expanden en velocidades y magnitudes diferentes. Un extremo de la bobina va soldado al vástago del termómetro y el otro, al eje del indicador.

Se puede poner el ejemplo del termómetro en el cual el bimetálico es de laminillas de latón e invar, con un espesor de 0.1 a 0.2 mm de espesor y son superpuestos. Cuando la temperatura es aplicada al vástago, el latón se expande, pero el invar queda casi invariable en su longitud, causando el invar una curvatura al bimetálico, el movimiento provocado por esta curvatura es usado para hacer que el indicador marque la temperatura. (Fig. 2.2)



FIG. 2.2  
ESQUEMA  
DE UN  
TERMÓMETRO  
BIMETÁLICO



El invar tiene el mismo módulo de estabilidad en un amplio rango de temperatura y una expansión térmica muy baja, el latón es útil hasta aproximadamente 132 oC.

El rango de trabajo de temperaturas varía en relación con la combinación de materiales usados para hacer el bimetal como lo muestra la tabla 2.3. A mayor calidad del bimetal, menor histeresis se va a presentar.

**Tabla 2.3 Combinaciones Bimetálicas**

metal (1)	metal (2)	temperatura de trabajo
Latón	Invar (Ni/Cu)	Arriba de 200 oC
Niquel (36%)	Acero	Arriba de 500 oC
Niquel (20%)	Acero	Arriba de 500 oC
Niquel (54%)	Acero	Arriba de 500 oC

## 2. Termómetros de Expansión de Fluido

Son los instrumentos para la medición de temperatura cuyo principio se fundamenta en la expansión volumétrica de un fluido, y se divide en dos grupos:

### a. Sistemas Termales.

Un sistema termal utiliza el principio de dilatación de un fluido, esta dilatación se comunica a través de un tubo capilar a un tubo bourdón el cual en base a la presión ejercida indicará la temperatura, el sistema puede ser activado por los siguientes fluidos:

i) Vapor

ii) Gas,

iii) Líquido o Mercurio.

i). Termómetros actuados por presión de vapor o clase II.

En este tipo de termómetros se utiliza un líquido volátil (metanol o etanol) como medio de llenado y existe una condición de equilibrio a cualquier temperatura. Esto significa que están presentes el estado de vapor y el estado líquido, y que la presión de vapor es exactamente la adecuada para evitar un cambio posterior de líquido a vapor. Conforme aumenta la temperatura, la mayor parte del líquido se transforma en vapor y ejerce más presión en el tubo bourdón. Este sistema no es apropiado cuando la temperatura ambiente o circundante es muy semejante a la temperatura que se va a medir. En la figura 2.4, se muestra un esquema del funcionamiento de este tipo de termómetros.

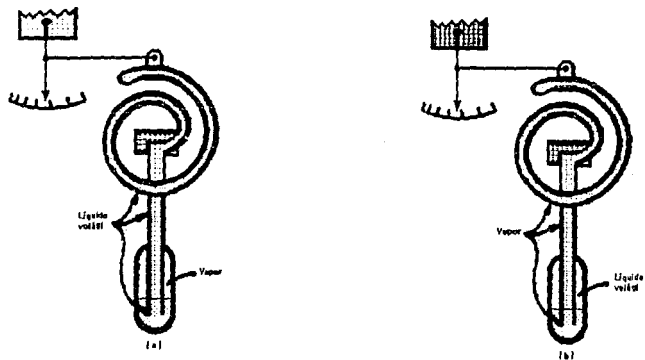


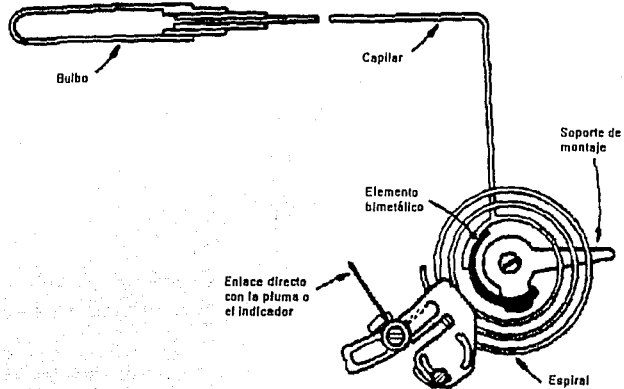
FIG. 2.4  
 TERMÓMTEROS  
 ACTUADOS POR  
 PRESIÓN DE  
 VAPOR

En los termómetros activados por vapor, las graduaciones de la escala se expanden al aumentar la temperatura y son más exactos a temperaturas más elevadas. El sistema térmico clase II, no requiere una compensación de la temperatura ambiente, ya que la presión del vapor depende sólo de la temperatura en la superficie entre el líquido y el vapor.

ii). Termómetros actuados por presión de Gas o clase III.

Este tipo de termómetros operan fundamentalmente con la ley de Charles, en esta ley se establece que un gas ideal de un peso dado y a un volumen constante produce una presión absoluta en proporción directa a la temperatura absoluta del gas. (Fig 2.5).

FIG. 2.5  
TERMÓMETROS  
ACTUADOS POR  
PRESIÓN DE  
GAS



Los termómetros activados por gas pueden ser dispositivos muy exactos para la medición de temperaturas. Entre los gases que se emplean para la fabricación de estos termómetros, encontramos al Nitrógeno, Helio y Argón, y que reúnen los siguientes requisitos: Son gases inertes, Alto coeficiente de expansión a volumen constante, baja viscosidad, bajo calor específico y está disponible en abundancia como producto comercial de alta pureza.

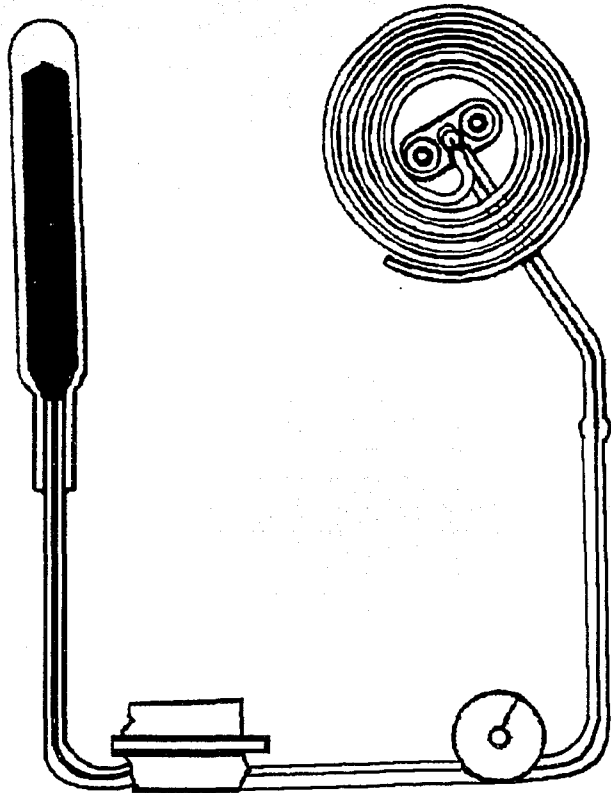
La instalación de sistemas térmicos activados por gas puede requerir una compensación si al aplicarlo no se puede utilizar un bulbo suficientemente grande para contener la mayor parte del gas empleado en el sistema, o si el capilar tiene que atravesar regiones de diversas temperaturas ambiente.

### iii) Termómetros activados por líquido o mercurio, o clase I.

Este tipo de termómetros es el más exacto que algún otro termómetro activado por presión, y es llenado con mercurio o algún otro líquido orgánico como xileno, alcohol o eter.

En realidad el termómetro de líquido en metal, también así llamado, funciona en base a un principio de presión, y el volumen queda más o menos fijo, variando la presión en función de la temperatura. El intervalo en la graduación de estos termómetros presenta un error por causa del tubo capilar, que es compensado con un bimetálico, y que podemos observar en la figura 2.6.

FIG. 2.6  
TERMÓMETROS  
ACTUADOS  
POR  
PRESIÓN DE  
LÍQUIDOS



Por lo general el fluido que más se utiliza en sistemas de termómetros de registro, es el mercurio, pero para los casos en los cuales no satisface los requisitos, se utilizan los termómetros activados con líquidos orgánicos.

## b. Termómetros De Líquido en Vidrio

Los termómetros de líquido en vidrio son aquellos cuyas indicaciones están basadas en el coeficiente de expansión térmica de un líquido (líquido termométrico) contenido en un bulbo de vidrio.

Los termómetros de líquido en vidrio se clasifican atendiendo a los siguientes aspectos:

### i) Según la profundidad de inmersión:

- De inmersión parcial. Termómetro de líquido en vidrio diseñado para indicar temperaturas cuando el bulbo y una parte específica del vástago son expuestos a la temperatura que está siendo medida.

- De inmersión total. Termómetro de líquido en vidrio diseñado para indicar temperaturas correctamente cuando justamente la porción del termómetro que contiene el líquido se expone a la temperatura que está siendo medida.

- De inmersión completa. Termómetro de líquido en vidrio diseñado para indicar temperaturas correctamente cuando todo el termómetro (incluyendo la cámara de expansión) es expuesto a la temperatura que en ese instante es medida.

### ii) Según el líquido termométrico usado:

- Humectante. Presenta el fenómeno de absorción, es decir, humedece las paredes del capilar, ejemplos de líquidos humectantes, toluol, alcohol y mezcla de pentano.

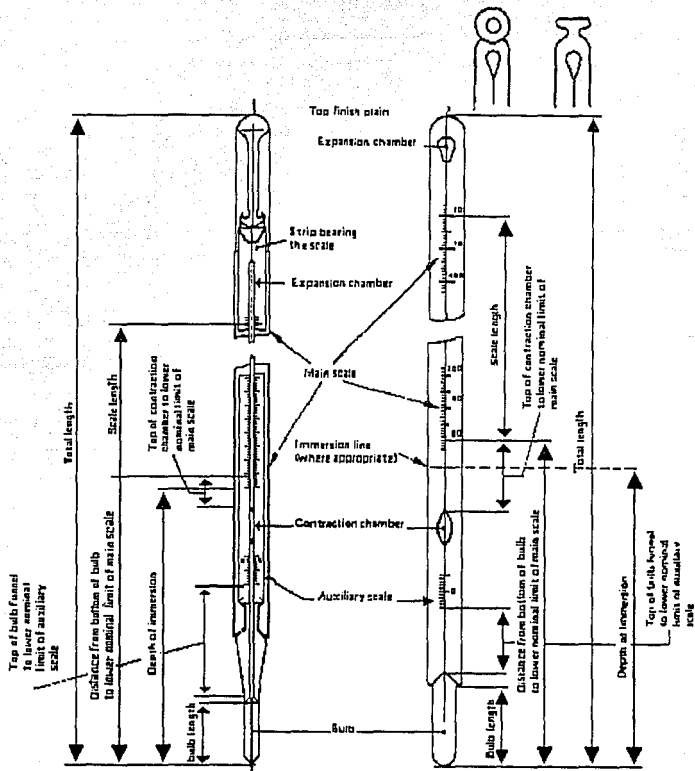
- No humectante. No presenta el fenómeno de absorción, es decir, no humedece las paredes del capilar, tenemos como ejemplo al mercurio y mezcla mercurio-talio.

### iii) Según la escala:

- Termómetro de barra. La escala se encuentra directamente sobre la pared gruesa del capilar.

- Termómetro de oclusión. La escala se encuentra sobre un soporte independiente separado del capilar.

En la figura 2.7 se pueden apreciar las partes que componen un termómetro de líquido en vidrio.



**oculación de barra**  
**FIG. 2.7 PARTES QUE COMPONEN UN TERMÓMETRO DE LÍQUIDO EN VIDRIO**

El funcionamiento de los termómetros de líquido en vidrio se basa en la dilatación térmica de un líquido termométrico introducido en un recipiente de vidrio de paredes delgadas comunicado con un capilar al cual se le ha asignado una escala. Al líquido termométrico que se encuentra en el capilar se le denomina columna, y su menisco (menisco de la columna) sirve como marca de lectura. El líquido termométrico más importante es el mercurio; en la mayoría de los casos encima del líquido termométrico en el capilar, hay

un relleno de gas protector sometido a mayor presión, constituido por un gas seco y libre de oxígeno ( pueden ser nitrógeno o argón) para una separación de líquido termométrico.

La indicación de un termómetro de líquido en vidrio, además de la temperatura del bulbo, también depende de la temperatura de la columna, por ello al utilizar el termómetro se debe tener especialmente en cuenta la profundidad de la inmersión.

### **3. Termómetros de Resistencia (RTD)**

Los termómetros de resistencia son los instrumentos de medición que operan midiendo la resistencia de un elemento que varía con la temperatura y son en principio, bobinas de alambre enrollado dentro o al rededor de soportes de material aislante, capaz de soportar la temperatura para la que se diseñó el termómetro, aún cuando siempre existe el riesgo de que el alambre o la tira se rompan o estiren si se sobrepasa el intervalo de temperatura . Los alambres están acomodados sobre el soporte de modo que exista una buena conductividad térmica y un alto índice de transferencia de calor.

El termómetro de resistencia es básicamente un instrumento para medir resistencias electricas .En la tabla 2.8 se muestran algunos resistores que son utilizados en la construcción del bulbo de la resistencia.

Cuando un material cambia de resistencia en función de una variación en la temperatura, se denomina "Coeficiente de temperatura de la resistencia" del material. Este coeficiente se expresa en ohms por grado de temperatura a una temperatura dada, y es positivo para la mayoría de los metales. Cada RTD cuenta con su propio coeficiente, lo que hace que cada uno de ellos presente un polinomio diferente y que por tanto sus tablas de valores sean individuales para cada uno de estos termómetros.



**Tabla. 2.8 Elementos más comunmente usados en la fabricación de termómetros de resistencia.**

Metal	Símbolo	Resistividad (OHMS/oC)
Oro	Au	13.00
Plata	Ag	8.8
Cobre	Cu	9.26
Platino	Pt	59.0
Tungsteno	W	30.0
Niquel	Ni	36.0

Por su baja resistividad, el oro y la plata son raramente usados como elementos en el RTD (Resistance temperature detector). El tungsteno tiene una resistividad relativamente alta pero es reservado para medir temperaturas muy altas, ya que es muy quebradizo y se dificulta trabajar con él; el cobre se utiliza ocasionalmente, siendo el elemento que más se utiliza el platino, ya que tiene una alta resistividad y un bajo costo, lo mismo que el níquel. En la figura 2.8, se muestra un esquema de las partes que forman un termómetro de resistencia, así como uno de sus usos.

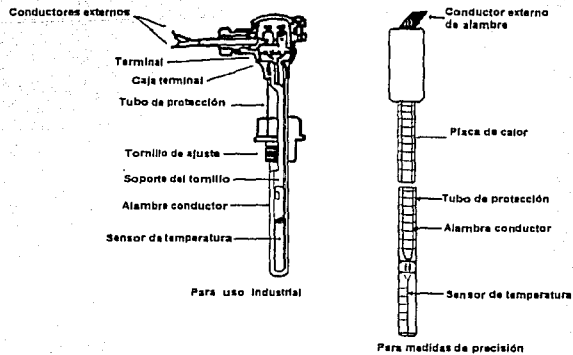
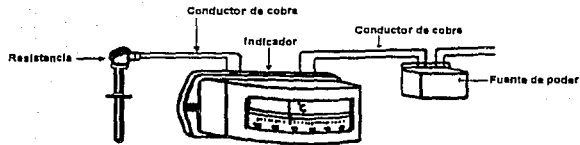


FIG. 2.8  
ESQUEMA DE  
UN  
TERMÓMETRO  
DE  
RESISTENCIA



Los termómetros de resistencia existen en tres tipos, el método de dos alambres, el método de tres alambres y el método de cuatro alambres, requiriendo cada uno, un diferente modo de conexión del bulbo de la resistencia al instrumento de la medición.

Con el fin de obtener la más alta sensibilidad de medición posible, es muy conveniente tener el mayor cambio de resistencia por grado para un valor de resistencia específica, pero también es necesario que el material posea una buena estabilidad a lo largo de los años y en una amplia gama de temperaturas sin cambiar sus características eléctricas. En la figura 2.8 se muestra un esquema de las partes que forman un termómetro de resistencia.

#### 4. Termistores.

Los termistores también llamados termoresistencias, son resistencias térmicamente sensibles ya que son muy sensibles a cambios relativamente pequeños de temperatura.

Los termorresistores están hechos por síntesis de una mezcla de óxido de cobre, óxido de níquel y otros óxidos a  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  y estos semiconductores son montados en un tubo de vacío que al ser atravesado por una corriente eléctrica, le opone una resistencia que disminuye al incrementarse la temperatura ya que tienen un coeficiente de temperatura negativo. En la figura 2.9 se muestra un esquema de cómo está compuesto un termistor.

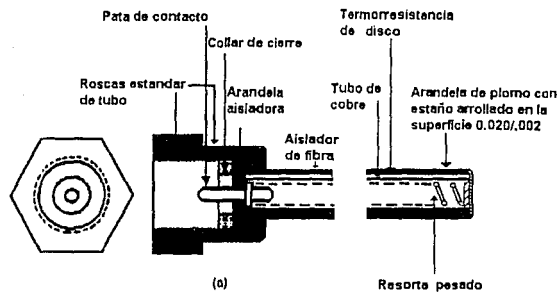
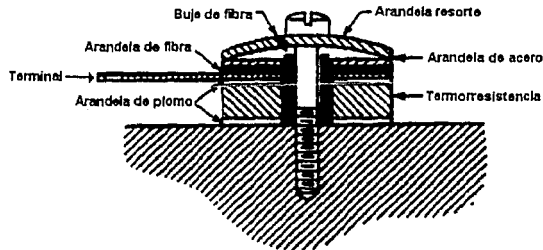


FIG. 2.9  
 ESQUEMA DE UN  
 TERMISTOR CON  
 TERMORRESISTENCIA  
 DE DISCO



Los termistores tienen grandes coeficientes de negativos de temperatura en contraste con los termómetros metálicos de resistencia que tienen pequeños coeficientes positivos de temperatura. El contacto eléctrico se puede hacer por medio de alambres incrustados en el material durante la operación

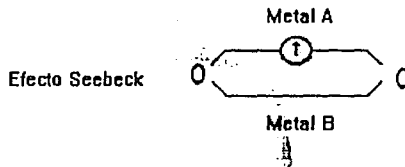
de prensado, por electrodeposición o mediante recubrimiento de metal y cerámica.

El tiempo de respuesta puede variar desde una fracción de segundos hasta minutos, dependiendo del tamaño de la masa detectora y de la capacidad térmica del termistor que varía inversamente con el factor de disipación. El límite inferior de temperatura de operación casi siempre está determinada por la resistencia que llega a un valor tan grande que no se puede medir por métodos estándares.

Los termistores se pueden ubicar en lugares muy alejados de sus circuitos de medición si se escogen unidades con valores de resistencia lo suficientemente elevados se debe tener en cuenta el hecho de mantener una corriente de medición tan baja como sea posible, con el objeto de evitar el calentamiento de la unidad detectora y para lograr que cualquier cambio de resistencia solo dependa de la variación de temperatura del área circundante.

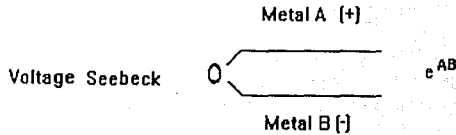
## 5. Termopares

Cuando dos alambres compuestos de diferentes metales se juntan en ambos extremos y uno de los extremos es calentado allí existe una corriente continua la cual fluye en el circuito termoelectrico y fue Thomas Seebeck quien hizo este descubrimiento en el año de 1821.



Una de las uniones en la mayoría de los casos se mantiene a una temperatura aproximadamente constante y es llamada unión de referencia o "unión fría".

Si este circuito es roto en el centro, el voltage del circuito abierto (voltage Seebeck) es una función de la temperatura de la union y de composición de los dos metales.



### GENERACIÓN DE UNA FEM

Todos los metales diferentes, presentan este efecto, para pequeños cambios de temperatura, el voltage Seebeck es lineal proporcionalmente a la temperatura.

Los descubrimientos posteriores revelaron que el flujo de corriente observado por Seebeck se devían, aparentemente a dos causas independientes. Cada una de ellas recibió el nombre del científico que las descubrió.

#### a. Efecto Peltier.

La FEM (fuerza electromotriz) de Peltier es la fem de la porción total de un termopar originado por una diferencia de potencial en la unión de dos conductores o alambres diferentes. Esta diferencia de potencial varía en función de la temperatura de unión, pero no existe ninguna garantía de que lo haga de un modo uniforme.

#### b. Efecto Thompson.

La porción de la fem total de un termopar, que existe debido a una diferencia de potencial en una sección de conductor que tienen un gradiente de temperatura, es la fem de Thompson. Esto significa que existe un potencial en un alambre de material homogéneo cuando uno de los extremos está a una temperatura mayor que el otro.

Los termopares en general, los podemos dividir en dos tipos diferentes dependiendo del elemento que los conforma:

a. Termopares de metales nobles.

Elemento termoeléctrico hecho de aleaciones para las más altas temperaturas. El límite superior de la temperatura depende de la calibración del elemento y ordinariamente requiere de protección.

Ejemplos de este tipo de termopares son los del tipo S y R.

b. Termopares de metales base.

Elemento termoeléctrico hecho de diversas combinaciones, se usan tres tipos ordinarios en altas temperaturas, y son los del tipo J, K y T que a su vez son estos tres tipos de termopares los que más se utilizan en la industria farmacéutica.











































En la tabla 2.10, se da una clasificación general de los termopares, así como el código de identificación y materiales del que están compuestos.

En la industria, la elección de los materiales empleados para la fabricación de un termopar depende del rango de temperaturas que se va a medir, del tipo de atmósfera al que estará expuesto el material y de la precisión requerida en la medición. El material de los termopares se debe elegir por su buena resistencia a la oxidación y la corrosión en la atmósfera y el intervalo de temperatura en el que se va a usar, por su resistencia al cambio de características que afecten su calibración.

Los termopares se utilizan rara vez no recubierto, excepto por la unión de detección. El recubrimiento puede consistir en un barniz resistente al calor, hule resistente al calor, tejido de algodón encerado, tejido de vidrio impregnado de silicio, tejido de fibra de vidrio, tejido de teflon y vidrio y Óxido de molibdeno.

## 2.10 TABLA DE TERMOPARES

# Thermocouple Wire Identification Guide

ANSI Code	Alloy Combination		Color Coding		Magnetic Lead	Maximum Useful Temperature Range	EMF (mV) Over Useful Temperature Range	Limits of Error (Which-ever is Greater) Standard Specific	National Standards for Output of Thermocouple Conductors	BRITISH to BS 1841	GERMAN to DIN 43716	JAPANESE to JIS C 1602	FRENCH to NF C 42-321	Comments Environment - Grade Wire
	+Lead	-Lead	Thermocouple Grade	Extension Grade										
J	IRON Fe	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni	 + WHITE BROWN	 + WHITE BLACK	IRON (+)	32 to 1382°F 0 to 750°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	0 to 42.283	2.2°C or 0.75% 1.1°C or 0.4%	ANSI/MC96.1 Type J BS4937 part 3 JIS C 1602 NFC 42-321	 YELLOW BLACK	 + RED BLUE	 + WHITE YELLOW	 BLACK BLUE	Reducing, Vacuum, Inert Limited Use in Oxidizing at High Temperatures. Not Recommended for Low Temperatures.
K	CHROME/EL NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	ALUMEL NICKEL-ALUMEL Ni-Ni	 + YELLOW BROWN	 + YELLOW YELLOW	ALUMEL (-)	-328 to 2282°F -200 to 1250°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	-5973 to 50.633	2.2°C or 0.75% Above 0°C 2.2°C or 2.0% Below 0°C	ANSI/MC96.1 Type K BS4937 part 4 JIS C 1602 NFC 42-321	 BROWN RED	 + RED GREEN	 + WHITE BLUE	 YELLOW BLACK	Clean Oxidizing and Inert Limited Use in Vacuum or Reducing. Wide Temperature Range. Most Popular. Calibration.
T	COPPER Cu	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni	 + BLUE BROWN	 + BLUE WHITE	NONE	-328 to 562°F -200 to 350°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	-5.602 to 17816	1.0°C or 0.75% Above 0°C 1.0°C or 1.5% Below 0°C	ANSI/MC96.1 Type T BS4937 part 5 JIS C 1602 NFC 42-321	 + WHITE BLUE	 + RED BROWN	 + WHITE BROWN	 YELLOW BLUE	Mild Oxidizing. Reducing Limited Use in Vacuum Where Moisture is Present. Low Temperature and Cryogenic Applications.
E	CHROME/EL NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni	 + PURPLE BROWN	 + PURPLE PURPLE	NONE	-328 to 1552°F -200 to 900°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	-8.624 to 68.783	1.7°C or 0.5% Above 0°C 1.7°C or 1.0% Below 0°C	ANSI/MC96.1 Type E BS4937 part 6 DIN 43710 JIS C 1602 NFC 42-321	 BROWN BLACK	 + RED BLACK	 + WHITE PURPLE	 YELLOW PURPLE	Oxidizing or Inert. Limited Use in Vacuum or Reducing. Highest EMF Change per Degree.
N	OMEGA™ NICHROSIL Ni-Cr-Si	OMEGA™ NISIL Ni-S-Mg	 + ORANGE BROWN	 + ORANGE RED	NONE	-450 to 2372°F -270 to 1300°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	-4.345 to 47.502	2.2°C or 0.75% Above 0°C 2.2°C or 2.0% Below 0°C	NONE ESTABLISHED	NO STANDARD USE AMERICAN COLOR CODES			Alternative to Type K. More Stable at High Temps.	
R	PLATINUM- 10% RHODIUM Pt-13% Rh	PLATINUM Pt	NONE ESTABLISHED	 + BLACK GREEN	NONE	32 to 2642°F 0 to 1450°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	0 to 16.741	1.5°C or 0.25% 0.6°C or 0.1%	ANSI/MC96.1 Type R BS4937 part 2 DIN 43710 JIS C 1602 NFC 42-321	 GREEN BLUE	 + RED WHITE	 + WHITE BLACK	 YELLOW GREEN	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temperature.
S	PLATINUM- 10% RHODIUM Pt-10% Rh	PLATINUM Pt	NONE ESTABLISHED	 + BLACK GREEN	NONE	32 to 2642°F 0 to 1450°C Thermocouple Grade 32 to 392°F 0 to 200°C Extension Grade	0 to 14.973	1.5°C or 0.25% 0.6°C or 0.1%	ANSI/MC96.1 Type S BS4937 part 1 DIN 43710 JIS C 1602 NFC 42-321	 GREEN WHITE	 + RED WHITE	 + WHITE BLACK	 YELLOW GREEN	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temperature.
B	PLATINUM- 30% RHODIUM Pt-30% Rh	PLATINUM- 6% RHODIUM Pt-6% Rh	NONE ESTABLISHED	 + GREEN GREEN	NONE	32 to 3092°F 0 to 1700°C Thermocouple Grade 32 to 212°F 0 to 100°C Extension Grade	0 to 12.426	0.5% over 800°C NOT ESTABLISHED	ANSI/MC96.1 Type B BS4937 part 7 DIN 43710 JIS C 1602 NFC 42-321	NO STANDARD USE COPPER WIRE	 + WHITE GREEN	 + RED GREEN	NO STANDARD USE COPPER WIRE	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temperature. Common Use in Glass Industry.
G	TUNGSTEN W	TUNGSTEN- 26% RHENIUM W-26% Re	NONE ESTABLISHED	 + WHITE BLUE TRACE	NONE	32 to 4208°F 0 to 2320°C Thermocouple Grade 32 to 500°F 0 to 260°C Extension Grade	0 to 38.564	4.5°C to 425°C 1.0% to 2320°C	NOT ESTABLISHED	NONE ESTABLISHED	NO STANDARD USE AMERICAN COLOR CODES			Vacuum, Inert Hydrogen. Beware of Embrittlement. Not Practical Below 750°F. Not for Oxidizing Atmosphere.
C	TUNGSTEN- 5% RHENIUM W-5% Re	TUNGSTEN- 26% RHENIUM W-26% Re	NONE ESTABLISHED	 + WHITE BLUE TRACE	NONE	32 to 4208°F 0 to 2320°C Thermocouple Grade 32 to 500°F 0 to 260°C Extension Grade	0 to 37.066	4.5°C to 425°C 1.0% to 2320°C	NOT ESTABLISHED	NONE ESTABLISHED	NO STANDARD USE AMERICAN COLOR CODES			Vacuum, Inert Hydrogen. Beware of Embrittlement. Not Practical Below 750°F. Not for Oxidizing Atmosphere.
D	TUNGSTEN- 3% RHENIUM W-3% Re	TUNGSTEN- 25% RHENIUM W-25% Re	NONE ESTABLISHED	 + WHITE BLUE TRACE	NONE	32 to 4208°F 0 to 2320°C Thermocouple Grade 32 to 500°F 0 to 260°C Extension Grade	0 to 39.506	4.5°C to 425°C 1.0% to 2320°C	NOT ESTABLISHED	NONE ESTABLISHED	NO STANDARD USE AMERICAN COLOR CODES			Vacuum, Inert Hydrogen. Beware of Embrittlement. Not Practical Below 750°F. Not for Oxidizing Atmosphere.

\* Not Official Symbol or Standard  
† Extension Grade

Not Official Symbol or Standard  
Extension Grade



## 6. Pirómetros.

En las mediciones en que se requiere hacer lecturas de más de 1063 °C se utilizan los pirómetros y estos para su estudio los vamos a dividir en dos tipos basado en el fundamento de su funcionamiento.

### a. Pirómetro Óptico.

El pirómetro óptico, es el dispositivo oficial reconocido internacionalmente para medir temperaturas superiores a 1063 °C. Se ha utilizado para establecer la escala internacional de temperaturas superior a esta misma.

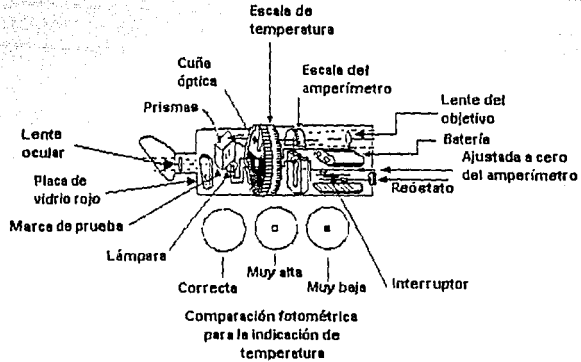
El pirómetro óptico mide la intensidad de la energía radiante emitida en una banda angosta de longitudes de onda del espectro visible.

El pirómetro óptico es un dispositivo para medir la temperatura de un objeto caliente por la brillantes de la superficie de dicho objeto. El ojo humano sin ninguna ayuda, fue el primer pirómetro óptico que se uso para determinar la temperatura de objetos candentes. Este método era aproximado y cuando mucho, permitia hacer solo una estimacion, pero constituia el unico medio disponible para determinar altas temperaturas. El ojo humano sigue desempeñando un papel muy importante en la pirometria optica, ya que sirve para comparar la brillantes de un objeto con la de otro en forma muy precisa. En realidad la pirometria optica usa un instrumento con el que se mide la brillantes desconocida de un objeto, comparandola con la brillantes conocida de una fuente fija.

En todos los pirómetro ópticos se utiliza un filtro rojo que va entre el objeto y el ojo del observador. La luz monocromica escogida tiene una longitud de onda (rojo) de máxima sensibilidad con el fin de minimizar o eliminar el factor de diferencias individuales en el juicio sobre los colores o la sensación de estos. Los pirómetros ópticos a su vez los podemos clasificar en dos tipos generales que son:

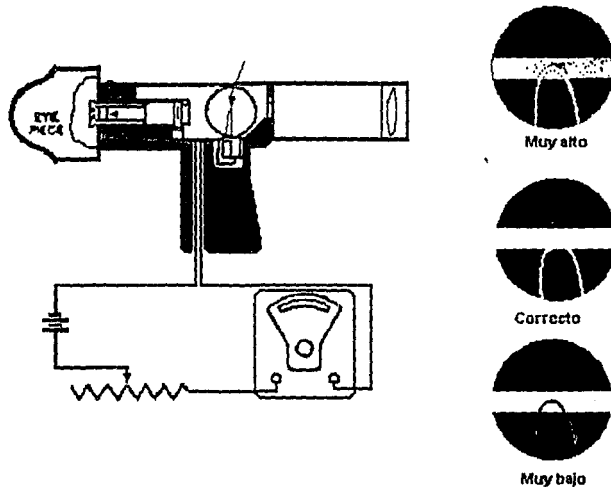
i). Pirómetro óptico tipo cuña. Compara opticamente la luz del objeto caliente con la de una lampara en el instrumento. La comparación con el cuerpo caliente se lleva a cabo haciendo girar una cuña de absorción optica graduada para cambiar la brillantes aparente del cuerpo caliente hasta que se esfume la pequeña marca de prueba luminosa que aparece en el campo de vision. En la figura 2.11 a, se puede observar el funcionamiento y comoposición de un pirómetro de cuña.

FIG. 2.11 a  
PIRÓMETRO  
ÓPTICO  
TIPO CUÑA



ii). Pirómetro óptico tipo filamento disipado. Hace variar la intensidad de la luz de una lámpara de comparación calibrada para equipararla con la luz emitida por el objeto caliente. Un ejemplo de este tipo de pirómetros lo podemos encontrar en la figura 2.11 b.

FIG. 2.11 b  
PIRÓMETRO  
ÓPTICO  
TIPO  
FILAMENTO



b. Pirómetro de Radiación.

La pirografía de radiación mide el calor radiante emitido o reflejado por un objeto caliente, los pirómetros de radiación prácticos son sensibles a una banda limitada de longitudes de onda de energía radiante. El funcionamiento de los pirómetros de energía radiante se basa en los conceptos del cuerpo negro, y ha permitido la medición y el control automático de temperaturas en condiciones que no permiten utilizar otros elementos sensores de temperatura.

En la tabla 2.12, se muestran los distintos sensores de temperatura, haciendo una comparación de sus rangos de trabajo, así como su exactitud, repetibilidad, ventajas y desventajas de los mismos.

**Tabla 2.12. Comparación de Sensores de Temperatura**

	RANGO DE TRABAJO	EXACTITUD	REPETIBILIDAD	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TERMÓMETROS BIMETÁLICOS	-50 °C 500 °C		$\pm 0.25\%$	ECONÓMICO LINARID.	MEDIDA LOCAL
TERMÓMETROS DE RESIST.	-200 °C 950 °C	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.0$ $\pm 0.03\%$	EXACTO SENSIBLE	FRÁGIL CARO
TERMÓMETROS DE LIQ. EN V.	-200 °C 630 °C	$\pm 0$		ECONÓMICO PRÁCTICO	FRÁGIL
TERMÓMETROS DE EXP. EN F.	-30 °C	$\pm 1$	$\pm 0.2$ $\pm 0.25\%$	ECONÓMICO	LENTO VOLUMINOSO
TERMISTORES	-50 °C 400 °C	$\pm 0$	0.03% 0.11%	RESPUESTA RÁPIDA	NO LINEAL
TERMOPARES	-200 °C 2000 °C		$\pm 0.1$ $\pm 0.11\%$	PRÁCTICO ECONÓMICO	COMPENSAC. UNIÓN FRÍA
PRÓMETROS	700 °C 4000 °C		$\pm 0$ $\pm 0.5\%$	MIDEN ALTAS TEMPERAT.	DIFÍCIL DE CALIBRAR

### C. Patrones

En termometría se cuenta con diferentes tipos de patrones, dependiendo de la capacidad del laboratorio y del tipo de termómetros que van a ser calibrados.

Los patrones para la calibración de termómetros los vamos a dividir en tres grupos, dependiendo de su exactitud.

#### **1. Patrones Primarios.**

Estos patrones los vamos a utilizar para la calibración de patrones secundarios, ya que requieren de condiciones muy controladas para poder llevarlas a cabo y se denominan puntos fijos asignados.

#### **Puntos Fijos Asignados.**

Son los puntos obtenidos a una temperatura exacta mediante el cambio de estado físico que presenta un elemento químicamente puro, bajo condiciones de presión controlada. Existen 13 puntos fijos propuestos por la Escala Internacional de Temperaturas y se enlistan en la tabla 2.13.

**Tabla 2.13 Puntos Fijos Asignados**

PUNTO DE EQUILIBRIO	TEMPERATURA °C
Punto triple de hidrógeno	- 259.34
Fase liq./vap. del hidrógeno	-256.108
Punto de ebullición del hidrógeno	-252.87
Punto de ebullición del neón	-246.048
Punto triple del oxígeno	-182.962
Punto triple del agua	0.01
Punto de ebullición del agua	100.0
Punto de solidificación del zinc	419.58
Punto de solidificación de la plata	961.93
Punto de solidificación del oro	1064.43

## 2. Patrones Secundarios.

Los patrones secundarios para termometría pueden ser los puntos fijos determinados que se explicaran en el siguiente párrafo, y los sensores de temperatura que son calibrados contra patrones primarios y pueden ser RTD's, Termistores, Termopares, Termómetros de líquido en vidrio, Pirómetros, etc...

### Puntos Fijos Determinados.

Son los puntos obtenidos teóricamente por medio de calculos matematicos y extrapolacion de los puntos fijos asignados; se cuenta con 34 puntos determinados, y presentamos 10 de los más importantes en la tabla 2.14.

**Tabla 2.14 Puntos Fijos Determinados**

PUNTO DE EQUILIBRIO	TEMPERATURA oC
Equilibrio sol./vap CO <sub>2</sub>	- 78.476
Solidificación del mercurio	38.862
Solidificación del agua	0.0
Punto triple del fenoxibenceno	26.87
Punto triple del ácido benzóico	122.37
Solidificación del Indio	156.634
Solidificación del cadmio	321.108
Solidificación del plomo	3227.502
Ebullición del mercurio	356.66
Solidificación del aluminio	660.46

En termometría, los patrones secundarios con los que se cuenta, son los termómetros que han sido calibrados contra patrones primarios.

### 3. Patrón de Referencia.

Este patrón va a estar en función de la capacidad que tenga nuestro laboratorio para proporcionarnos un buen termómetro, ya que este va a ser el de más alta exactitud con que contemos para realizar nuestras calibraciones, y puede ser un termómetro de resistencia, un termistor o hasta un termómetro de líquido en vidrio.

## D. Bibliografía

1. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial  
(Norma Oficial Mexicana)
  - NOM, Monografía CH-73- Instrumentos de Medición-Temperatura-Clasificación y Definiciones, 1986.
  - NOM, Monografía CH-75- Instrumentos de Medición-Termómetros de líquido en vidrio-Términos y Definiciones 1986.
2. Japan Industrial Standards
  - JIS, Monografía 1-2
  - Monography-1-28- General Remarks on Measuring Apparatus and Systems Group Training Course in Metrology and Measurements Stardad, 1980.
3. Norma Oficial Cubana.  
NC90-14-24-"Termómetros de Líquido en vidrio, Clasificación", 1984.
4. International Standard Organization (ISO).  
ISO 386 (E)- "Liquid-in-glass-Laboratory Thermometers-Principles of Design", 1977.
5. Organisation Internationale de Metrologie Legale  
OIML No.18- "Visual Disappearing-Filament Pyrometers", 1988.
6. American Society for Testing and Materials (ASTM).  
ASTM E 77- "Standard Method for Verification and Calibration of liquid-in-glass thermometer", 1984.
7. Reglamento de Pruebla de Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).  
Termómetros de vidrio con liquid, Wehmey Ofsset, Baunschweig, Alemania, 1983.

8. Omega Complete Engineering

Temperatura Measurement Handbook and Encyclopedia, 1987.

9. Farmacéuticos Lakeside, S. A. de C. V.

04-00-24-"Procedimiento de Calibración de Termómetros de Líquido en vidrio".

04-00-02-"Calibración de Termómetros Bimetálicos y Termómetros de Lectura Remota actuados por Fluido".

10. Alonso M, Finn E J, 1976. Fisica. ED. Fondo Educativo Interamericano, Distrito Federal, Mexico, Vol. I, 269-274.

11. Resnick R, Hallyday D, 1975. Fisica. Ed. Compania Editorial Continental, S. A., Distrito Federal, Mexico, Parte I, 691-738.

12. Soison H E, 1980. Instrumentacion Industrial, Ed. Limusa, Distrito Federal, Mexico, 107-199.



### III. MASA

La masa, que es la propiedad de los cuerpos, definida como una magnitud escalar que determina la cantidad de materia que contienen, va a estar dada en función del peso que presenta dicha masa, y esta determinación la vamos a llevar a cabo con la ayuda de los instrumentos de medición que se emplean en la medición de ésta.

Es importante saber a que nos referimos cuando hablamos de peso, es entonces que decimos que el peso de un cuerpo es la acción que ejerce la fuerza de la gravedad sobre la masa del mismo.

Durante el proceso mediante el cual vamos a determinar el peso, vamos a realizar una fuerza, a la que vamos a definir como toda causa capaz de producir un movimiento o de modificarlo, considerando al reposo como un estado especial del movimiento.

Los elementos que definen una fuerza son: Su magnitud o intensidad, su dirección o línea de acción y su sentido. Cuando una fuerza esta actuando sobre un cuerpo es necesario indicar su punto de aplicación. La fuerza la podemos dividir en dos tipos, la primera, como la fuerza entre superficies o de contacto, y la segunda, como la fuerza entre cuerpos o distancia, siendo esta ultima la que nos interesa, ya que involucra a la fuerza de atracción de la tierra, que está íntimamente relacionada con el peso.

Si decimos que esa fuerza tiene capacidad para hacer girar un cuerpo, lo llamaremos momento de una fuerza, y este momento es igual al producto de la fuerza por su brazo de palanca, que es la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza y el eje de rotación del cuerpo sobre el que se está aplicando esa fuerza.

La mayoría de los instrumentos para pesar automáticos o no, de tipo mecánico, utilizan una o mas palancas en su constitución, lo que nos lleva a buscar una descripción más amplia de lo que es fuerza.

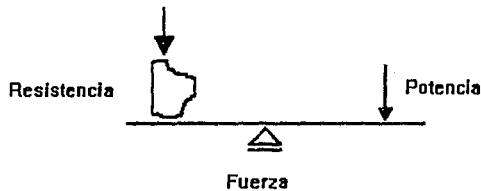
Las fuerzas que actúan sobre una palanca las agrupamos en dos clases: una de resistencia o de carga, y la otra de potencia.



Se aclara que la palabra "potencia" es definida como la fuerza que se opone a la carga o resistencia.

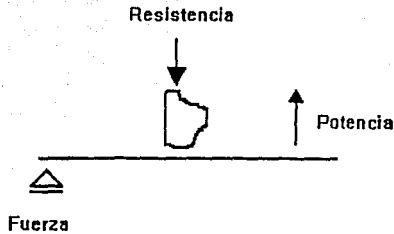
Según la posición de la potencia, la resistencia y el punto de apoyo, consideramos tres tipos de palancas:

1. De primer género o interfulcrales.



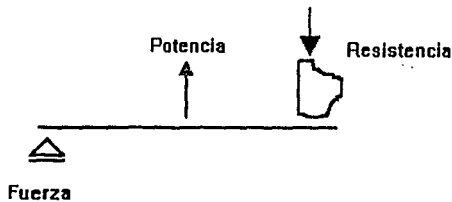
Ejemplos: Pinzas, columpios y sacaclavos.

2. De segundo género o interresistentes.



Ejemplos: Exprimidor de limones, rompe nueces, carretilla.

3. De tercer género o interpotentes.



Ejemplos: Pala, pinzas de hielo, tenazas para pan.

En los instrumentos para pesar la palanca es usada para una comparación directa de fuerzas (como es el caso de una balanza de brazos iguales); es usada para alterar la magnitud de una fuerza (como es el caso de la palancas multiplicadoras o reductoras situadas bajo la plataforma de una báscula).

Otro concepto de suma importancia es el de "centro de gravedad", en especial para la determinación de la sensibilidad, con lo que se persigue que el cuerpo permanezca en un punto fijo.

El centro de gravedad es el punto de un cuerpo en donde se considera concentrado su peso. En superficies y cuerpos regulares de dimensiones y densidad uniforme, el centro de gravedad coincide con el centro de masa del cuerpo, en cuerpos irregulares o de densidades no homogéneas el cuerpo de gravedad se determina suspendiendo el cuerpo en varios puntos, el punto de intersección de las verticales trazadas determina el centro de gravedad.

Con toda la información anterior, podemos darnos una idea entonces del funcionamiento de una balanza y que será descrito más adelante.

### **A. Términos Fundamentales**

#### **1. Pesar.**

Es la determinación de la masa de un cuerpo.

#### **2. Instrumento para pesar.**

Es un instrumento para medir, que sirve para determinar el valor de la masa de un cuerpo utilizando la acción de la gravedad. También puede servir para determinar otras magnitudes, cantidades o atributos en función de la masa.

#### **3. Capacidad.**

La capacidad de una balanza es la masa máxima que puede medir con seguridad.

#### **4. Carga límite.**

Es la carga estática máxima que pueden soportar los instrumentos sin alteración permanente de sus cualidades metrológicas.

#### **5. Extensión de medición.**

Es la diferencia entre el valor del alcance máximo de medición y de la pesada mínima.

#### **6. Extensión de la medición completa.**

Es el valor máximo de medición que se puede obtener con un instrumento en una sola operación de pesaje, utilizando exclusivamente sus dispositivos indicadores graduados.

### **7. Longitud de la división mínima de la escala.**

Es el valor del desplazamiento realtivo del dispositivo indicador y de la escala que corresponde al valor de la división mínima de la escala. Este desplazamiento se medirá sobre la base de la escala.

### **8. Alcance Máximo.**

Es la capacidad máxima de pesaje sin tener en cuenta la capacidad aditiva de tara. Este valor debe ser soportado por el instrumento en una sola operación de pesaje, sin alteración permanente de sus cualidades metrológicas.

### **9. Alcance Mínimo.**

Es el valor de la carga abajo de la cual el instrumento es susceptible de tener errores relativos demasiado importante.

### **10. Pesada Mínima.**

Es el valor de la carga abajo de la cual, el instrumento es susceptible de tener errores superiores al máximo tolerado.

### **11. Movilidad.**

Es la aptitud de un "instrumento de medición" para responder a pequeñas variaciones del valor de la señal de entrada, es decir, es el valor de más pequeñas sobrecargas, que depositada sobre el reseptor de carga, es necesario para modificar el estado de equilibrio de un instrumento y su valor debe ser "menor o igual a una división mínima".

### **12. Resolución.**

Expresión cuantitativa de la aptitud de un dispositivo indicador para presentar significativamente la distincion entre valores muy próximos de la magnitud indicada.

### **13. Fidelidad.**

Es la aptitud de un instrumento a proporcionar resultados idénticos para una misma carga depositada varias veces sobre el receptor de carga, en condiciones de prueba sensiblemente estables.

#### **14. Clases de Exactitud.**

Es la clasificación que se establece para un instrumento atendiendo a su alcance máximo, división mínima y el número de divisiones mínimas que tiene. Se consideran cuatro clases de exactitud: especial, fina, media y ordinaria.

#### **15. Valor Nominal.**

Valor utilizado para designar una característica de un dispositivo o para servir de guía durante su utilización prevista.

#### **16. Error Máximo Tolerado de Exactitud.**

Es la diferencia máxima, en más o menos, reglamentariamente tolerada, entre el resultado de una pesada y el equivalente en pesas patrones o masas patrones de la masa de la carga pesada, habiéndose nivelado previamente el aparato a cero en carga nula.

#### **17. Graduación.**

Es el conjunto de números, trazos o muescas que permiten valorar la posición del indicador y que constituyen las divisiones de las escalas continuas.

#### **18. Índice.**

Es el elemento fijo con relación al cual se despalaza una graduación móvil.

#### **19. Aguja.**

Es el elemento móvil que se despalaza en relación a una graduación fija.

#### **20. Base de la escala.**

Es la línea materializada o no, que une los puntos negros de las senales más cortas de la escala, siguiendo la trayectoria del elemento indicador.

#### **21. Pesas.**

Medida materializada que permite reproducir de una forma constante una masa de valor conocido.

## **22. Marco de Pesas.**

Conjunto de pesas presentado generalmente en un estuche, compuesto de forma que permita todas las pesadas comprendidas entre la masa de la pesa de menor valor nominal y la suma de las masas de todas las pesas del conjunto.

### **B. Clasificación de los instrumentos de Medición**

La clasificación de los instrumentos de medición de masa, la encontramos en base a diferentes aspectos, sin embargo todos ellos tienen un sistema de funcionamiento que puede ser mecánico, electrónico eléctrico, con celdas hidráulicas o neumáticas, sistemas dinámicos, o con una combinación de todos ellos, dependiendo del tipo de transductor que utilizan.

#### **1. Por su Principio de Funcionamiento.**

##### **a. Balanzas.**

Son los instrumentos que miden la masa de un cuerpo por comparación con otro de masa equivalente. (Ver figura 3.1 y 3.2).

BALANZA

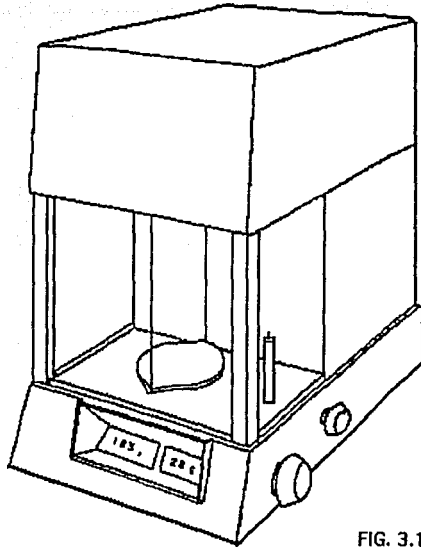


FIG. 3.1

BALANZA

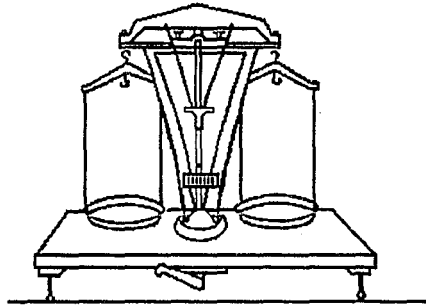


FIG. 3.2

b. Romanas.



Son los instrumentos para pesar constituidos principalmente por una palanca de primer género con brazo variable. Dentro de éste término están comprendidos los instrumentos simples de contrapeso pendular. Con excepción de este último caso, todas las romanas son instrumentos de una sola posición de equilibrio. (Ver figura 3.3 y 3.4).

ROMANA DE  
INDICACION  
CONTINUA DE  
CUCHARON Y DE  
MOSTRADOR

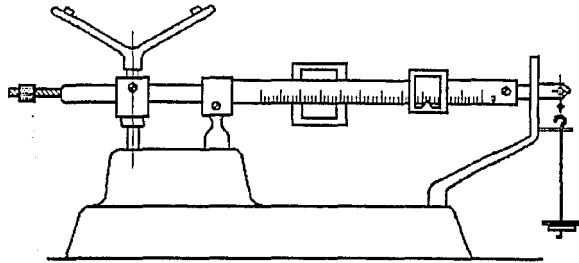


FIG. 3.3

ROMANA

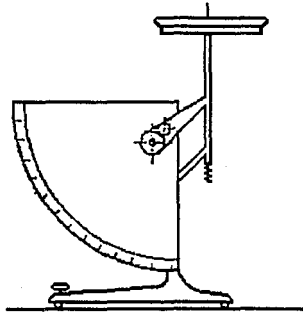


FIG. 3.4

c. Básculas.

Son los instrumentos para pesar constituidos por sistemas sensores, transmisores, indicadores o impresores, mediante transmisión de fuerza por sistemas de palancas. (Ver figura 3.5 y 3.6) También se denomina con este término a los instrumentos medidores de masa que en forma indirecta la determinan y que las vamos a clasificar como sigue:

- i. Mediante la variación de características eléctricas
- ii. Velocidad de fluidos
- iii. Recepción de partículas
- iv. Por deformación elástica (Ver figura 3.7)
- v. Por flejes

BASCULA DE INDICACION NO AUTOMATICA DE PLATAFORMA PARA FOSA Y DE PESADA DISCONTINUA CON ALTO ALCANCE DE MEDICION.

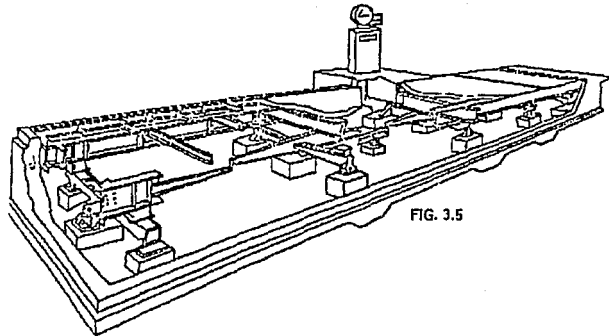


FIG. 3.5

BASCULA DE INDICACION DIGITAL Y MEDIANO ALCANCE DE MEDICION PARA CARGAS EN REPOSO.

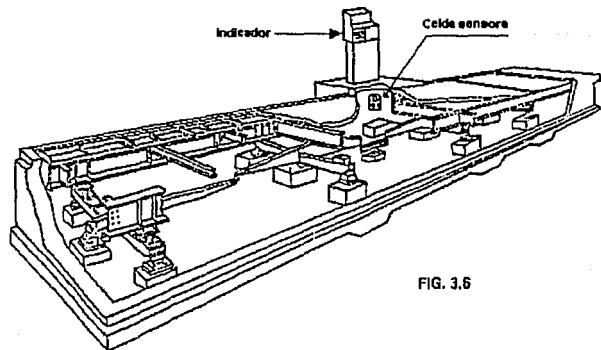


FIG. 3.6

BASCULA DE  
DEFORMACION  
ELASTICA DE  
INDICACION  
AUTOMATICA

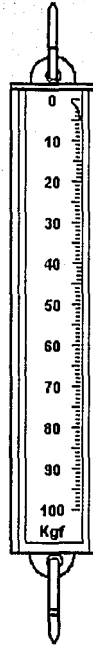


FIG. 3.7

**2. Por su Tipo de Funcionamiento.**

a. Instrumentos de Funcionamiento Automático.

Son los que realizan la operación de pesaje sin exigir la intervención del operador para la colocación y retiro de las cargas en el dispositivo receptor de carga, desarrollando un proceso automático característico del instrumento (ver figura 3.9).

BASCULA DE  
INDICACION  
AUTOMATICA

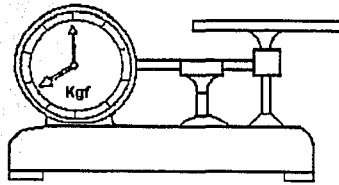


FIG. 3.8

BASCULA DE  
FUNCIONAMIENTO  
AUTOMATICO DE  
PESADA CONTINUA

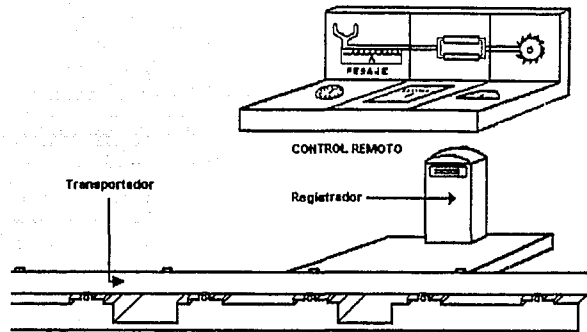


FIG. 3.9

b. Instrumento de Funcionamiento no Automático.

Son aquellos que necesitan la intervención de un operador en el transcurso de la pesada, para la colocación y retiro de las cargas en el dispositivo receptor de carga del instrumento independiente de la determinación del resultado (ver figura 3.11 y 3.26).

BASCULA DE  
INDICACION NO  
AUTOMATICA DE  
CUCHARON Y  
ALCANCE DE  
MEDICION  
ADICIONAL

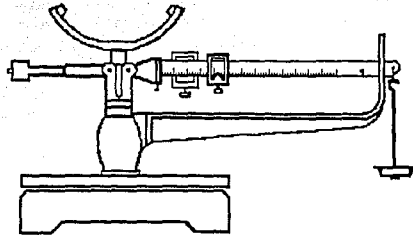


FIG. 3.10

BASCULA DE  
FUNCIONAMIENTO  
NO AUTOMATICO E  
INDICACION NO  
AUTOMATICA  
ALCANCE DE  
MEDICION  
ADICIONAL Y BAJO  
ALCANCE DE  
MEDICION.

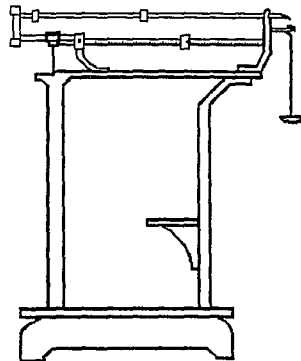


FIG. 3.11

### 3. Por su Indicación.

#### a. Instrumentos para Pesar de Indicación Automática.

Son los instrumentos en los que la posición de equilibrio se obtiene sin la intervención del operador (ver figuras 3.7, 3.8 y 3.12).

BASCULA DE  
INDICACION  
AUTOMATICA

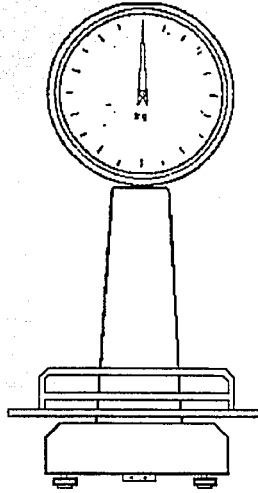


FIG. 3.12

b. Instrumentos para Pesar de Indicación no Automática.

Son los instrumentos en los que la posición de equilibrio es obtenida completamente por el operador (ver figuras 3.5, 3.10 y 3.11)

c. Instrumentos para Pesar de Indicación Semiautomática.

Son los instrumentos en los que el operador interviene después de un determinado valor, llamado "valor total de indicación automática", para restablecer la posición del equilibrio (ver figura 3.13).

BASCULA DE  
INDICACION  
SEMIAUTOMATICA  
Y ALCANCE DE  
MEDICION  
COMPLETA

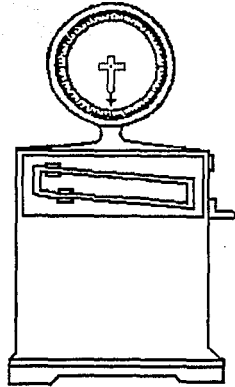


FIG. 3.13

d. Instrumentos para pesar de Indicación o Impresión Continua o Analógica.

Son los instrumentos cuyos dispositivos indicadores permiten evaluar la posición de equilibrio en valores menores a la división mínima (ver figuras 3.3 y 3.18).

BASCULA DE  
INDICACION  
CONTINUA Y DE  
BAJO ALCANCE DE  
MEDICION

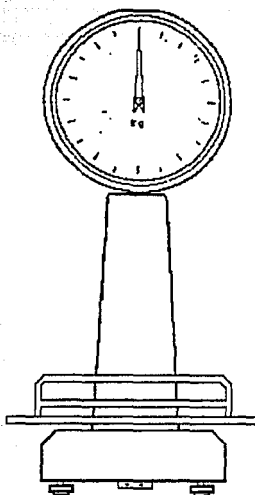


FIG. 3.18

e. Instrumentos para Pesar de Indicación o Impresión Discontinua o Digital.

Son los instrumentos cuyos dispositivos indicadores no permiten la interpolación entre la división mínima. Se conoce también como de lectura recta o de numeros saltantes (ver figura 3.6).

#### 4. Por su Función Especifica.

a. Balanzas de Falta-Sobra (más-menos).

Son instrumentos para pesar que comparan la masa medida con otra equivalente indicando su diferencia en más o en menos, en exceso o en defecto (ver figura 3.14).



BALANZA DE  
FALTA-SOBRA

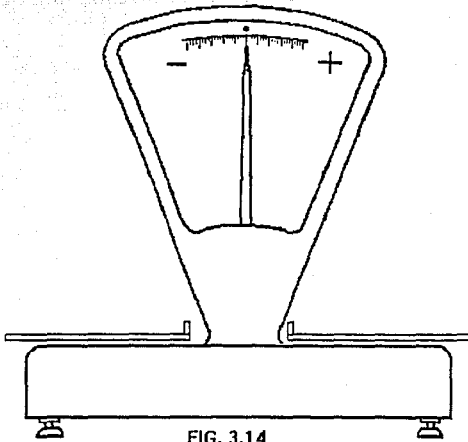


FIG. 3.14

b. Báscula Contadora.

Es el instrumento de relación que sirve para determinar el número de piezas iguales en base a una unidad de muestra de igual masa (ver figura 3.15).

## BASCULA CONTADORA

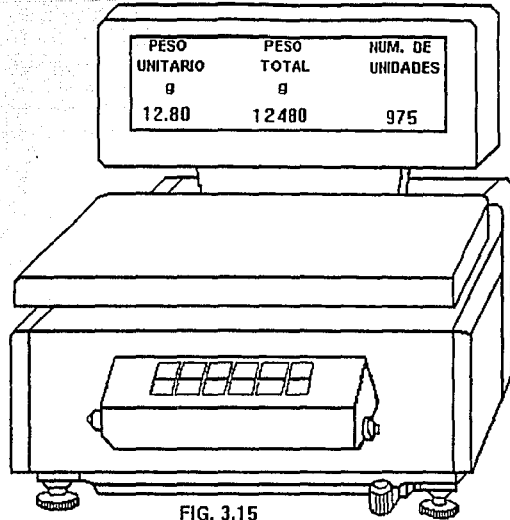


FIG. 3.15

### c. Báscula Peso-Precio.

Es el instrumento para pesar que indica o computa el precio de una mercancía en función de su peso y de su precio unitario (ver figuras 3.16 y 3.17).

## BASCULA PESO- PRECIO

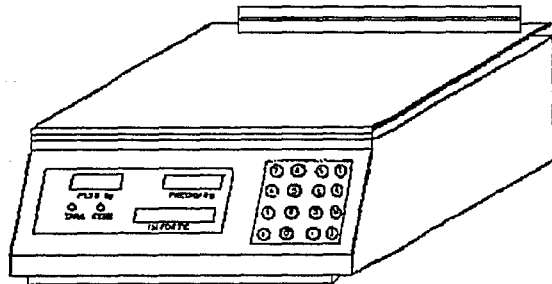


FIG. 3.16

## BASCULA PESO- PRECIO DE MOSTRADOR

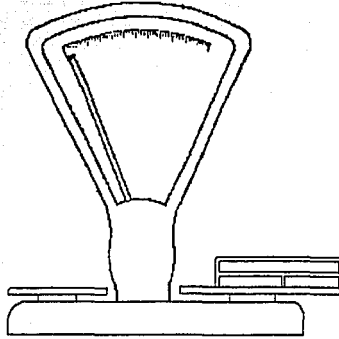


FIG. 3.17

### 5. Por el tipo de Dispositivo Receptor de Carga.

#### a. De Plataforma.

Son instrumentos cuyo dispositivo receptor esta constituido por una superficie horizontal generalmente construida de concreto, madera o metal (ver figura 3.5).

#### b. De Vía.

Son instrumentos cuyo dispositivo receptor de carga esta constituido por vias que se apoyan sobre el puente estructural (ver figura 3.19).

## BASCULA DE VIA

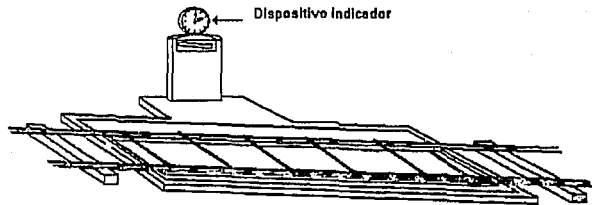


FIG. 3.19

#### c. De Plataforma y Vía.

Son aquellos instrumentos para pesar cuyo sistema receptor de carga lleva vías integradas a la plataforma, permitiendo el pesaje de transporte ferroviario y/o de carretera (ver figura 3.20).

### BASCULA DE PLATAFORMA Y VIA

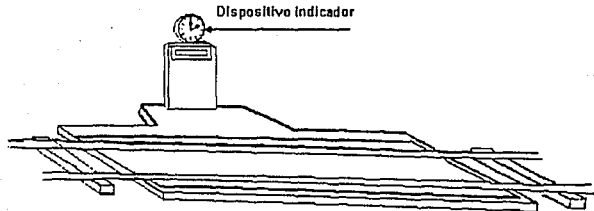


FIG. 3.20

### d. De Tolva o Tanque.

Son aquellos instrumentos para pesar cuyo dispositivo receptor de carga esta constituido por cualquiera de estos dos tipos de recipientes (ver figura 3.21).

### DE TOLVA O TANQUE PARA PESADAS REPETITIVAS

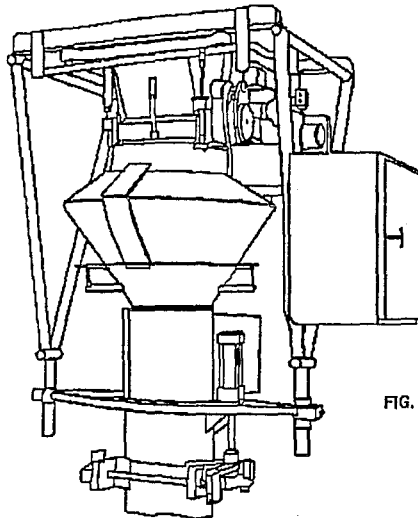


FIG. 3.21

e. De Redila.

Son los instrumentos para pesar cuyo dispositivo receptor de carga esta constituido por una plataforma y redilas, generalmente utilizado para el pesado de ganado (ver figura 3.22).

BASCULA DE  
REDILA

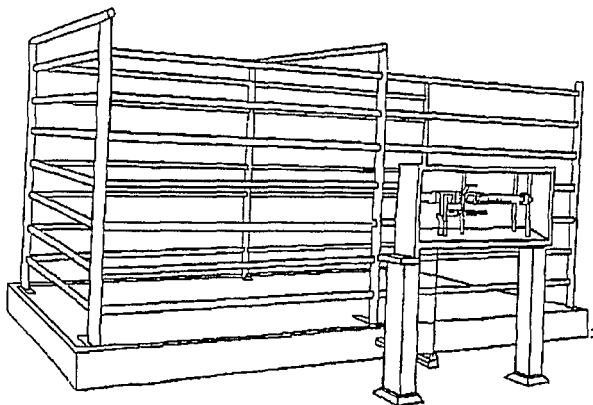


FIG. 3.22

f. De Cucharón o Plato.

Son aquellos instrumentos para pesar, de mostrador, cuyo dispositivo receptor de carga está constituido por un cucharón o plato (ver figura 3.3).

g. De Plataforma y Cucharón o Plato.

Son los instrumentos para pesar de bajo alcance de medición, cuyo dispositivo receptor de carga es una plataforma y un cucharón o plato (ver figura 3.10).

**6. Por la Forma de Obtener su Alcance Máximo de Medición.**

a. Instrumentos para Pesar de Alcance de Medición Completa.

Son los instrumentos en los cuales el valor máximo de su indicación en una sola operación de pesaje, se obtiene utilizando exclusivamente sus dispositivos indicadores graduados (ver figuras 3.13 y 3.24).

b. Instrumentos para Pesar de Alcance de Medición Adicional.

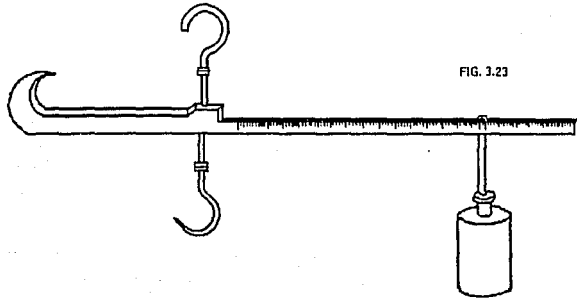
Son los instrumentos en los cuales el valor máximo de su indicación en una sola operación de pesaje, se obtienen utilizando además de sus dispositivos indicadores graduados, contrapesos adicionales (ver figura 3.10 y 3.11).

### 7. Por su Colocación.

#### a. Instrumentos de Suspensión.

Son aquellos instrumentos para pesar cuyo sistema transductor y/o receptor de carga, se encuentran suspendidos (ver figura 3.23 y 3.24).

#### BASCULA DE SUSPENSION



BASCULA DE  
ALCANCE DE  
MEDICION  
COMPLETA DE  
SUSPENSION

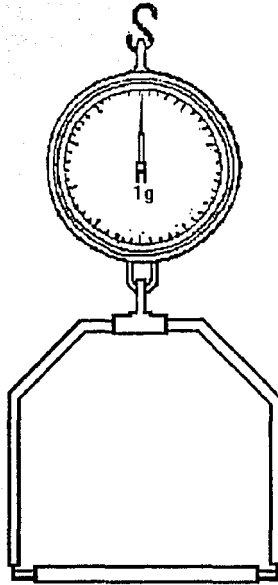


FIG. 3.24

b. Instrumentos para Empotrar.

Son aquellos instrumentos para pesar que se instalan en ménsulas empotradas, formando estas parte de las estructuras del instrumento (ver figura 3.25).

### BASCULA DE EMPOTRAR

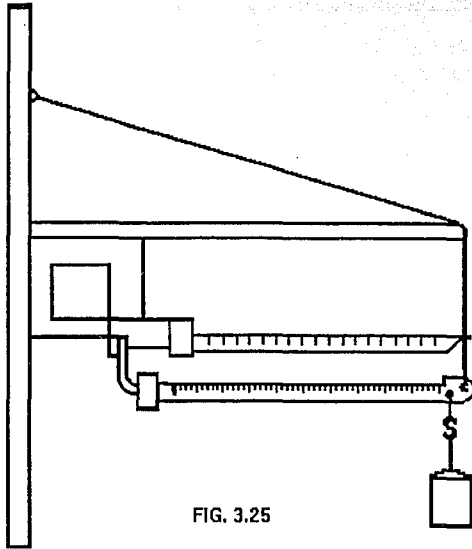


FIG. 3.25

#### c. Instrumentos para Mostrador.

Generalmente son aquellos instrumentos para pesar de bajo alcance de medición hasta de 15 kg, manejables que comunmente se colocan sobre mesas o bancos (ver figuras 3.3 y 3.17).

#### d. Instrumentos para Fosa.

Son aquellos instrumentos para pesar que se instalan dentro de una fosa, quedando el dispositivo receptor de carga o de plataforma a nivel del piso (ver figura 3.5, 3.27 y 3.28).

### BASCULA PARA FOSA, DE ALTO ALCANCE DE MEDICION Y CARGAS EN MOVIMIENTO

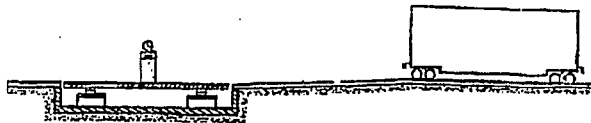


FIG. 3.27



BASCULA PARA FOSA, DE ALTO ALCANCE DE MEDICION PARA PESAJES POR EJES.

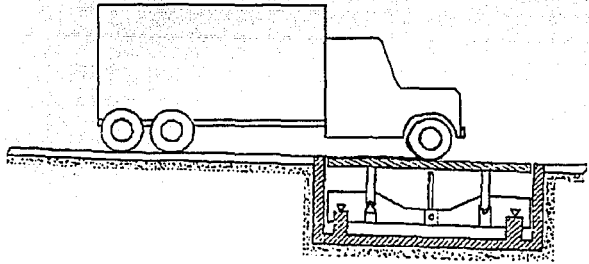


FIG. 3.28

e. Instrumentos para Piso.

Son aquellos instrumentos para pesar que se colocan sobre el piso (ver figura 3.26).

BASCULA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO PARA PISO.

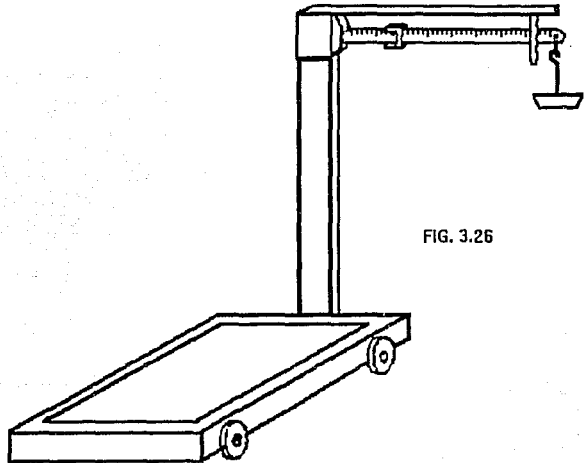


FIG. 3.26

## 8. Por el Tipo de Pesadas.

a. Instrumentos para Pesadas Repetitivas de Valor Constante.

Son los instrumentos para pesar que se utilizan para dosificar, ensacar o envasar, en los cuales se predetermina el valor de la masa a medir, realizándose las operaciones de pesaje en forma sucesiva (ver figura 3.21).

b. Instrumentos para Pesadas Continuas.

Son los instrumentos para pesar de operación continúa a las cuales el valor total de la masa se va integrando con relación al tiempo y a la velocidad del dispositivo receptor de carga (ver figura 3.9).

c. Instrumentos para Pesadas Discontinuas.

Son los instrumentos para pesar en los cuales el valor de la masa se determina en una sola operación de pesaje (ver figura 3.5).

## **9. Por su Alcance de Medición.**

### **a. De Bajo Alcance de Medición.**

Son instrumentos cuyos alcances de medición son iguales o menores a 500 kg (ver figuras 3.11 y 3.18).

### **b. De Mediano Alcance de Medición.**

Son instrumentos para pesar cuyo alcance de medición esta comprendido entre más de 500 kg y 5 toneladas (ver figura 3.6).

### **c. De Alto Alcance de Medición.**

Son los instrumentos para pesar cuyo alcance de medición es mayor a 5 toneladas (ver figura 3.5, 3.27 y 3.28).

## **10. De acuerdo con la Naturaleza de la Carga a Medir.**

### **a. Para Cargas en Reposo.**

Son los instrumentos para pesar, destinados para el pesaje de cargas estáticas (ver figura 3.6).

### **b. Para Cargas en Movimiento.**

Son los instrumentos para pesar cargas en movimiento continuo sobre el dispositivo receptor de carga (ver figura 3.27).

### **c. Para Pesajes por Ejes.**

Son los instrumentos para pesar cuyo dispositivo receptor de carga unicamente permite la colocación de las ruedas de un vehículo correspondiente a un solo eje, para despues continuar la operación de pesaje en los siguientes ejes; en estos casos la masa total es la suma de las masas parciales que inciden en las ruedas de cada eje (ver figura 3.28).

Existe tambien otra clasificación en la cual la diferencia entre una balanza y una báscula, ésta dado unicamente por la capacidad de pesaje que esta presente, es decir, se clasifican como balanzas aquellas cuya capacidad es menor a 200 gramos y como básculas las de mayor capacidad, pero esta Clasificación, carece de fundamentos.

### C. Cuidados de Básculas y Balanzas

Al instalar una balanza, se debe de tener cuidado en los siguientes aspectos, los cuales pueden repercutir directamente en el estado en el que esta se va a encontrar, así como su calibración:

- No debe instalarse cerca de puertas, pasillos y ventanas
- No debe colocarse donde pueda darle directamente el sol
- No deben percibirse oscilaciones debido a corrientes de aire, vibraciones y otros.
- No cerca de focos térmicos o aparatos de acondicionamiento de aire que expulsen el aire frío o en su defecto caliente directamente sobre las mismas.
- En ningún caso la balanza se situara cerca de lugares donde haya desprendimiento o escape de gases corrosivos o toxicos.

### D. Patrones

Para poder llevar a cabo una verificación o una calibración de un instrumento de medición de masa, es necesario contar con pesas patrón tambien llamadas masas legales las cuales nos permiten conocer los errores que tienen nuestros instrumentos de medición.

Es bien sabido que la unidad de masa es el kilogramo, y que esta definido por el Prototipo Internacional que se encuentra en Francia, este es un cilindro de Platino (90%) e Iridio (10%) que presenta una densidad de  $21,500 \text{ kg/m}^3$ .

En Mexico se cuenta con un kilogramo patrón conocido como el Prototipo No. 21, en Direccion General de Normas , que presenta las mismas características del que se encuentra en Francia.

Siguiendo la trazabilidad de estos patrones, tenemos despues del prototipo nacional a los testigos, que son dos pesas fabricadas de un material diferente al del prototipo y que cuentan con el mismo peso.

Estos testigos son utilizados para calibrar los patrones primarios, estos patrones primarios estan hechos de materiales de baja densidad (al rededor de  $8,000 \text{ kg/m}^3$ ) y pueden ser:

1. Platino o Platino-Iridio;

2. Acero Inoxidable (Cromo 25%-Niquel 20%);
3. Cromo-Niquel:
  - a. Cromo 20%-Niquel 20%
  - b. Cromo 20%-Niquel 80%
4. Latón con cubierta de metal
5. Aleaciones Niquel-Plata (Pesos <1 g)
6. Aluminio (Pesos <0,1 g)
7. Acero
8. Bronce
9. Titanio

A partir de estos, son calibrados los patrones secundarios de alta exactitud para la calibración de pesas de trabajo con las cuales se van a calibrar los instrumentos de medición.

### **1. Clasificación y Características.**

Tres organizaciones internacionales han propuesto cada una de ellas una Clasificación para los marcos de pesas en base a la exactitud de las mismas, y son las siguientes:

- Organisation Internationale de Metrologie Legale (OIML) Clasificación: E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>.
- American National Standards Institute (ANSI)
- American Society for Testing and Materials (ASTM) Clasificación: 1, 1.1, 2, 3, 4, 5, 6.
- National Bureau of Standards (NBS) Clasificación: J, M, S, S-1, P, O, T, F, 44, A&B, C.

En las clasificaciones anteriores, el orden de los marcos de pesas fue en orden descendente de exactitud.

Dentro de las Normas Oficiales Mexicanas, la Clasificación a la cual se hace referencia es a la presentada por loa OIML, esta organizacion hace la

Clasificación en base a la clase de precisión de sus marcos de la siguiente forma:

- E<sub>1</sub>. Clase de precisión especial superior
- E<sub>2</sub>. Clase de precisión especial inferior
- F<sub>1</sub>. Clase de precisión fina superior
- F<sub>2</sub>. Clase de precisión fina inferior
- M<sub>1</sub>. Clase de precisión media superior
- M<sub>2</sub>. Clase de precisión media inferior

En la tabla 3.29 podemos encontrar la exactitud asignada y permitida para cada una de las pesas dependiendo del marco al que pertenecen para esta Clasificación.

Dentro de un laboratorio de calibración y metrología, se deben de tener dos tipos diferentes de marcos patrones, los de referencia, que deben de ser de una alta exactitud y serán calibrados por dirección general de normas, los cuales no deberán salir del laboratorio; el otro tipo de marcos, puede ser de una exactitud menor, y este será el de trabajo, el cual podrá salir del laboratorio a realizar las verificaciones de campo, este marco puede ser mandado a calibrar a dirección general de normas o bien, puede ser calibrado con el marco de referencia del laboratorio.

De acuerdo con el uso que se les va a dar se recomienda que los patrones de referencia sean de acero inoxidable, en tanto que los patrones de trabajo sean de bronce, ambos de una buena calidad para que las alteraciones de las masas de las mismas en condiciones normales de uso, sea despreciable en relación a los errores máximos tolerados.

Las pesas deben estar ajustadas dentro de los límites de los errores máximos tolerables correspondientes a los valores de las masas que se les asignen por comparación con las pesas patrón.

También dependiendo del tipo de pesa, esta va a presentar o no cavidades de ajuste, generalmente van a presentar esta cavidad las de mayor peso, en tanto que las pequeñas de menor peso, van a ser únicamente calibradas.

La superficie total de la pesa, comprendiendo la base y aristas deben estar pulidas y no deben mostrar ninguna porosidad a simple vista.

En la tabla 3.30, encontramos los periodos de tiempo de calibración propuesto por Dirección General de Normas, dependiendo de la exactitud y la capacidad del marco de pesas.

**Tabla 3.29 Exactitud para los marcos de pesas de acuerdo a la OIML.**

TOLERANCIAS DE PESAS MÉTRICAS								
Denominación métrica	No. 2					No. 1.2		No. 52
	E <sub>1</sub> mg	E <sub>2</sub> mg	F <sub>1</sub> mg	F <sub>2</sub> mg	M <sub>1</sub> mg	M <sub>2</sub>		
						Accept mg	Maint mg	Accept mg
50 kg	25	75	250	750	2500	+ 8000 - 0	8000	25000
20 kg	10	30	100	300	1000	+ 3200 - 0	3200	10000
5 kg	2.5	7.5	25	75	250	+ 800 - 0	800	2500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100	+ 400 - 0	400	1000
1 kg	0.5	1.5	5	15	50	+ 200 - 0	200	500
200g	0.1	0.30	1.0	3.0	10	+ 50 - 0	50	100
50 g	0.03	0.10	0.30	1.0	3.0	+ 30 - 0	30	
10 g	0.02	0.06	0.20	0.6	2.0	+ 20 - 0	20	
1 g	0.010	0.030	0.10	0.3	1.0	+ 5 - 0	5	
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6			
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4			
10 mg	0.002	0.008	0.025	0.08	0.25			
5 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20			
2 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20			
1mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20			

**Tabla 3.30 Períodos de Calibración Propuestos por DGN**

EQUIPO O INSTRUMENTO	CLASE DE EXACTITUD	USO	PERIODO MAXIMO
Marco de pesas	E <sub>1</sub> E <sub>2</sub> (OIML)	P. secundario	2 años
	J.S.M. (NBS) St. P. (NBS)	P. de referencia	1 año-6 meses
		P. secundario	1 año-6 meses
Pesas paralelepípedas	F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> Q. T. F (NBS)	P. secundario	2 años
		P. de referencia	1 año
		P. de trabajo	6 meses
		P. de referencia	1 año
Pesas cilíndricas, básculas y balanzas analíticas	Ordinaria Especial	P. de trabajo	6 meses
		P. de referencia	1 año
Balanza de brazos iguales	Especial	Inst. de trabajo	6 meses
		P. de referencia	1 año
	Fina media	Inst. de trabajo	6 meses
		P. de referencia	6 meses

## 2. Cuidados.

Para el manejo de las pesas de referencia y de trabajo se deben tener cuidados especiales tales como:

- a. No tenerlas en lugares de condiciones extremas como temperatura, humedad y vibración.
- b. Dejarlas en un lugar firme donde no puedan sufrir caídas o golpes ya que puede ocasionar que se descalibren.
- c. Al manipularlas, se recomienda que se haga con la ayuda de guantes o pinzas, para evitar que se adhiera grasa o mugre de las manos.
- d. La limpieza de éstas debe realizarse con la ayuda de una brocha suave (de preferencia de pelo de camello), una gamusa suave, o paño libre de grasa y pelusa, que no presente abrasión. En la limpieza de las pesas también se pueden emplear disolventes tales como algún alcohol y agua destilada.

Las pesas a utilizar como patrones de referencia deben ser calibradas y certificadas por la Dirección General de Normas. Los patrones de trabajo se



pueden mandar a calibrar junto con el patrón de referencia o calibrarse con el patrón de referencia ya calibrado.

## E. Bibliografía

1. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial  
(Norma Oficial Mexicana)
  - NOM, Monografía CH- 4-Sistemas de medición-Pesas Paralelepípedas., 1980.
  - NOM, Monografía CH- 6-Pesas Cilíndricas de Clase de Precisión Media M72 1de 1 g a 10 kg., 1983.
  - NOM, Monografía CH- 8-Instrumentos de Medición-Pesas de Clase de Precisión E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, y M<sub>1</sub>, de 1 mg a 50 kg., 1983.
  - NOM, Monografía CH-34-Instrumentos de Medición - Aparatos para Pesar-Terminología General Básica., 1982.
  - NOM, Monografía CH-35-Instrumentos de Medición - Aparatos para Pesar-Clasificación y sus Definiciones.1982.
  - NOM, Monografía CH-36-Instrumentos de Medición - Aparatos para Pesar-Características y Cualidades Metroológicas., 1982.
2. Japan Industrial Standards
  - JIS. Mass Standards-"Group Training Course in Metrology and Measurement Standards", 1980.
3. International Organisation of Legal Metrology (OIML)  
(International Recommendation)
  - IR. No. 1-"Cylindrical Weights, from 1 gram to 10 kilograms". 1976.
  - IR. No. 2-"Rectangular Bar Weights, from 5 kilograms to 50 kilograms", 1976.
  - IR. No. 20-"Weights of Accuracy Classes E711, E721, F711, F721, M711, from 50 kg to 1 mg", 1975.
4. Resnick R, Hallyday D, 1975. Física. Ed. Compañía Editorial Continental, S. A., Distrito Federal, México, Parte I, 125-144.

## IV. PRESION

Las mediciones de presión son de las mas importantes que se hacen en las industrias de procesos continuos. La cantidad de instrumentos que miden la presión puede ser mucho mayor que la que se utiliza en cualquier otro tipo de mediciones.

La presión es una fuerza que se ejerce en una area determinada y se mide en unidades de fuerza por unidades de area. Esta fuerza se puede aplicar en un punto, en una superficie o distribuirse sobre esta. Cada vez que se ejerce se produce una deflexion, una distrocion o un cambio de volumen o dimension. Las mediciones de presión pueden ser desde valores muy bajos que se consideran un vacio, hasta miles de toneladas por unidad de area.

La presión es expresada en cualquiera de las siguientes unidades, siendo la unica correcta la primera, que es la correspondiente al sistema internacional de unidades:

- Pascales (Newtons por metro cuadrado  $N/m^2$ )
- Gramos por centimetro cuadrado ( $g/cm^2$ )
- Milímetros de mercurio (mm Hg)
- Libras por pulgada cuadrada ( $Lb/plg^2$ )
- Pulgadas de agua ( $plg H_2O$ )
- Pulgadas de mercurio ( $plg Hg$ )
- Micrones ( $10^{-3}$  mm Hg)
- Torrs (1 mm Hg)
- Atmósferas (atm)
- Tonelada por pulgada cuadrada o por pie cuadrado ( $ton/plg^2$  o  $ton/pie^2$ )

Se hace referencia a estas unidades ya que, el uso del sistema internacional de unidades no se ha generalizado.

La presión se mide ya sea como un valor absoluto, que es la fuerza total ejercida, o como un valor diferencial, que es la diferencia algebraica entre el valor absoluto y el valor que se obtiene de considerar la atmósfera

circundante en el tiempo y el lugar de la medición. En forma de ecuación, las presiones del medidor y el vacío se pueden expresar como:

$$P_g = P_a - P_s$$

$$P_v = P_s - P_a$$

en donde  $P_g$  = presión manométrica,  
 $P_a$  = presión absoluta,  
 $P_s$  = presión atmosférica en el tiempo y lugar de medición,  
 $P_v$  = presión del vacío,

En aplicaciones industriales, la presión se mide normalmente mediante medidores o registradores indicadores. Estos instrumentos pueden tener un funcionamiento mecánico, electromecánico, eléctrico o electrónico.

### A. Términos Fundamentales.

Las definiciones que se presentan a continuación, son las que consideramos necesarias para un mejor entendimiento del presente capítulo.

#### 1. Presión.

Magnitud física que se define como la derivada de la fuerza respecto al área (P)

Esto es:  $P = dF/dA$

Cuando la fuerza se ejerce normal y uniformemente distribuida sobre una cierta superficie plana su medida se obtiene dividiendo la fuerza que actúa sobre el área correspondiente, es decir:

$$P = F/A$$

#### 2. Vacío.

Condición que reúne un espacio donde no existe sustancia.

Pero este término es también utilizado comúnmente para significar la presión por debajo de la atmosférica.

### **3. Presión Atmosférica.**

Presión aerostática de la atmosfera que rodea la tierra. Esta cambia con la altura (sobre el nivel del mar), la latitud y las condiciones atmosféricas. Es la presión absoluta de la atmósfera en un punto e instante dados.

### **4. Presión Normal.**

Presión absoluta igual a 101.325 kPa ( $P_n$ ).

### **5. Sobrepresión.**

Cualquier presión mayor que la presión atmosférica o también, es la presión absoluta menos la presión atmosférica cuando esta diferencia es positiva ( $P_a$ ).

Esto es:  $P_s = P_{ab} - P_{at}$

### **6. Depresión.**

Cualquier presión menor que la presión atmosférica, o también es la presión atmosférica menos la presión absoluta, cuando esta diferencia es positiva ( $P_d$ ).

Esto es:  $P_d = P_{at} - P_{ab}$

### **7. Presión Estática.**

Presión que, en los fluidos en equilibrio, está determinada por el peso específico y por la altura del mismo actuando sobre el punto que se considere ( $P_e$ ).

### **8. Presión Dinámica.**

Presión que, según la ecuación de Bernoulli, es necesaria para acelerar un fluido desde el estado de equilibrio hasta una velocidad dada ( $P_k$ ).

### **9. Presión Estable.**

Presión que, referida a un instrumento determinado, no varía, o varía lentamente de manera continua y de forma tal que cumple simultáneamente:

- a. Su velocidad de cambio instantáneo es menor o igual al 1% del límite superior de medición por segundo (o de la suma de los límites de medición).
- b. La variación total en un minuto no sobrepase del 5% del límite superior de medición (o de la suma de los límites de medición).

### **10. Presión Variable.**

Presión que, referida a un instrumento determinado, varía de manera continua o discontinua, siguiendo o no una ley periódica, con una velocidad de cambio mayor al 1% del límite superior de medición por segundo (o de la suma de los límites de medición) y/o la variación total de un minuto sobrepase del 5% del límite superior de medición (o de la suma de los límites de medición).

### **11. Presión Parcial.**

Presión de cada uno de los componentes de una mezcla gaseosa.

### **12. Presión Crítica.**

Presión, para un sistema en equilibrio que corresponde al denominado "punto o estado crítico", para una sustancia determinada.

### **13. Presión Total.**

Es la suma de las presiones parciales (Pt).

### **14. Presión de Vapor Saturado.**

Presión, para una sustancia cualquiera, de su vapor en equilibrio con el líquido o con el sólido a una temperatura determinada. Es función de la temperatura.

### **15. Manómetro.**

Nombre genérico de todos los instrumentos utilizados para la medición de la presión.

### **16. Barómetro de Columna Líquida.**

Instrumento fundamental para medir la presión atmosférica. Consiste en un tubo de vidrio, cerrado en uno de sus extremos, lleno de mercurio e invertido en un recipiente de mercurio, donde la presión barométrica en mm Hg es la altura de la columna de mercurio con respecto al nivel en el recipiente.

### **17. Manóstato.**

Manómetro provisto de uno o dos toques (presión mínima y presión máxima) que provoca el cierre o apertura de válvulas destinadas a hacer que la admisión o el escape del gas permitan volver a la presión del normal.

## 18. Error de Capilaridad.

Cantidad en que un menisco de mercurio es reducido de la altura correspondiente a la presión diferencial aplicada como consecuencia de la tensión superficial del mercurio.

## B. Clasificación de los Instrumentos de Medición

Los instrumentos de medición de presión, los vamos a clasificar atendiendo a dos diferentes aspectos:

### 1. Según el Tipo de Presión que Miden.

Según esta clasificación los vamos a subdividir en tres tipos diferentes que son:

#### a. Manómetros de Presión Relativa (Manométrica).

Instrumento utilizado para la medición de la presión con relación a la presión atmosférica.

i. Manómetros. Manómetro para medir la sobrepresión.

ii. Vacuómetros. Manómetro para medir la depresión.

iii. Manovacuumetros. Manómetro para medir la depresión y la sobrepresión.

#### b. Manómetros de Presión Absoluta.

Instrumento utilizado para la medición de la presión a partir del vacío absoluto, y se subdividen en dos grupos:

i. Manómetros para presiones absolutas pequeñas, que comprenden el intervalo desde 0 hasta 1 kPa.

ii. Manómetros de presiones absolutas medianas, que comprenden el intervalo desde 1 hasta 400 kPa.

#### c. Manómetros de Presión diferencial.

Instrumento que mide la diferencia entre dos presiones cualesquiera, para una misma presión de referencia.

## 2. Según su Principio de Funcionamiento.

### a. Manómetros de Líquido.

Manómetro cuyo principio de funcionamiento se basa en la determinación de la presión en función de la diferencia de altura de los niveles de líquido o fluido.

#### i) Manómetro de tubo en forma de "U".

Medidor de columna líquida, que se usa con mucha frecuencia en la industria que consta de dos tubos verticales, generalmente de vidrio y diámetro aproximadamente iguales, mutuamente conectados, en el cual la presión es proporcional a la diferencia de nivel del líquido en ambos tubos, en la figura 4.1, podemos observar un manómetro de tubo en U.

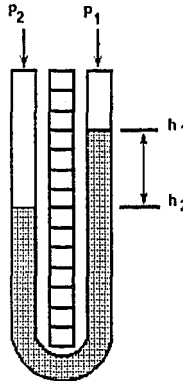


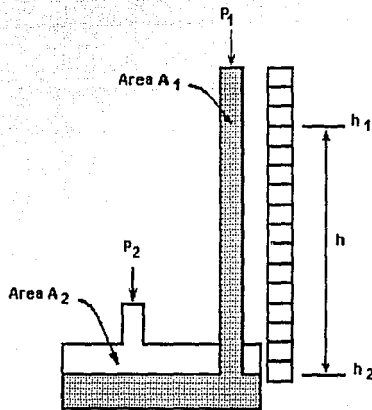
FIG. 4.1 MANÓMETRO DE TUBO EN "U"

#### ii) Manómetro de tubo y recipiente.

Manómetro de líquido que consta de un tubo generalmente de vidrio, y un recipiente de diámetro considerablemente mayor, mutuamente conectados, en el cual la presión que se mide es proporcional a la diferencia de nivel del líquido (mercurio) en el tubo y en el recipiente, en la figura 4.2, se muestra este tipo de manómetro.



FIG. 4.2  
MANÓMETRO  
DE  
TUBO DE  
RECIPIENTE



iii) Manómetro con flotador o de campana flotante.

Manómetro de líquido, en cuyo recipiente se encuentra una campana invertida que se encuentra sumergida y encerrada para poder aplicar la presión por ambos lados, la posición de la campana es proporcional a la presión diferencial cuya señal es transmitida por medio de un tubo de torsión o de un cojinete de cierre hermetico.

iv) Manómetro de anillo.

Manómetro de líquido constituido principalmente por un anillo hueco parcialmente lleno de líquido y un compensador, donde la presión que se mide es proporcional a la rotación de dicho anillo provocada por la presión.

v) Manómetro de anillo balanceado.

Instrumento que consta de un anillo tubular seccionado con conexiones flexibles y que gira alrededor de una cuchilla central, donde la presión diferencial desplaza al mercurio dentro del anillo provocando una inclinación que, es una medida de la presión diferencial, la figura 4.3 nos muestra este tipo de manómetros.

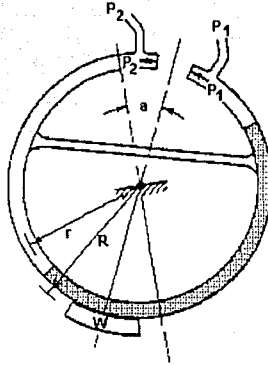
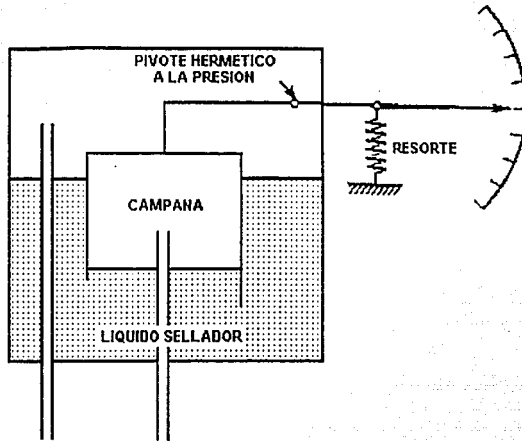


FIG. 4.3  
MANÓMETRO  
DE  
ANILLO  
BALANCEADO

vi) Manómetro de campana.

Manómetro de líquido cuyo funcionamiento se basa en la variación de la altura de inmersión de una o más campanas en un líquido. Esta variación es provocada por la diferencia entre la presión exterior y la presión interna a la campana, en donde la campana actúa como un sello, balanceada por un resorte calibrado, la figura 4.4, nos muestra un medidor de presión de campana.

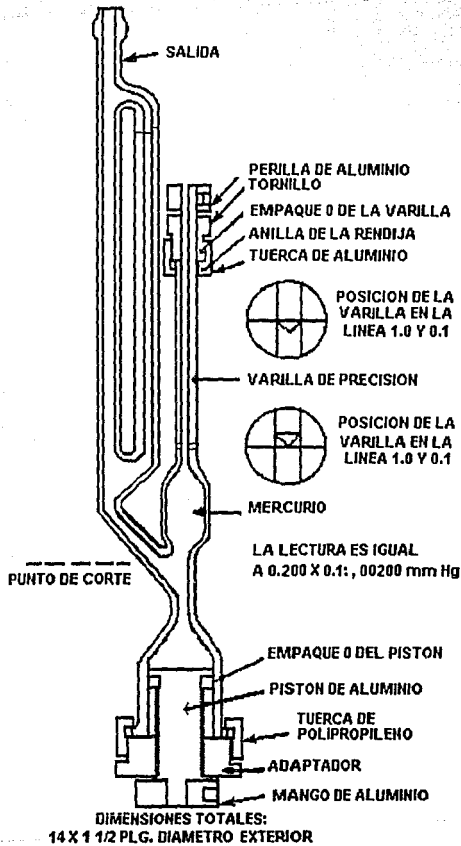
FIG. 4.4  
MANÓMETRO  
DE  
CAMPANA



vii) Manómetro de Mc-Leod.

Este es un medidor de mercurio para medir presiones absolutas y tienen un rango de medición de 2 micrómetros a 100 milímetros de mercurio, su funcionamiento se basa en la compresión de un gas bajo presión absoluta se mide mediante una columna de líquido alrededor de un pivote en un ángulo equivalente a  $90^{\circ}\text{C}$  con respecto a la horizontal determinándose la variación de volumen que sufre el gas. (Está basado esencialmente en la ley de Boyle-Mariotte). En la figura 4.5, se muestra un medidor de este tipo.

FIG. 4.5  
MANÓMETRO  
MC - LEOD



#### b. Manómetros de Pistón y Pesas.

Manómetro cuyo funcionamiento se basa en el principio de Pascal y donde la presión que se mide es proporcional a la fuerza que actúa sobre la superficie

transversal de un pistón de area conocida. Esta fuerza es producida por un peso calibrado que se equilibra con el pistón de un sistema hidraulico de movimiento libre.

#### c. Manómetros Eléctricos.

Manómetro cuyo principio de funcionamiento se basa en la variacion de alguna característica eléctrica y/o magnética, producida por la acción de la presión.

##### i) Manómetro de resistencia.

Manómetro eléctrico cuyo funcionamiento se basa en la variacion de la temperatura de una resistencia eléctrica de un conductor por influencia de la presión de un gas.

##### ii) Manómetro piezoeléctrico.

Manómetro eléctrico cuyo funcionamiento se basa en la utilizacion del efecto piezoeléctrico, (transductor de cuarzo) por medio de un diafragma sin cápsula.

##### iii) Manómetro inductivo.

Manómetro eléctrico cuyo funcionamiento se basa en la modificacion de la inductancia de un circuito magnético provocada por acción de la presión que se mide.

##### iv) Manómetro tensométrico.

Manómetro eléctrico cuyo funcionamiento se basa en la variación de la resistencia eléctrica de un elemento sensor cuando este sufre una deformación producida por la acción de la presión que se mide.

##### v) Manómetro capacitivo.

Manómetro eléctrico cuyo funcionamiento se basa en la variacion de la capacitancia de un condensador cuando varia alguno de sus parametros bajo la acción de la presión que se mide.

#### d. Manómetros Térmicos.

Manómetro cuyo principio de funcionamiento se basa en la proporcionalidad entre la conductividad térmica de un gas y su presión a través de un elemento caliente alimentado con una entrada de energia constante.

e. Manómetros de Viscosidad.

Manómetro cuyo principio de funcionamiento se basa en la teoría de cinética de los gases, donde la viscosidad es proporcional a la presión ejercida por intercambio de cantidad de movimiento de un gas.

f. Manómetros Radiométricos.

Manómetro cuyo principio de funcionamiento se basa en la dependencia entre la cantidad de movimiento de un gas transportado por sus moléculas entre dos superficies que se encuentran a diferentes temperaturas, cuando la distancia entre ellas es menor que la longitud media del recorrido libre de las moléculas.

g. Manómetros de Ionización (De filamento caliente).

Manómetro cuyo principio de funcionamiento se basa en la medición de la presión en función de la corriente iónica. Esto es, utiliza un tubo al vacío de tres elementos conteniendo el gas que se trata de medir a baja presión, las moléculas se ionizan por medio de los electrones procedentes del filamento, fluyen hacia la placa, se descargan y proporcionan una corriente de placa proporcional a la presión.

i) Manómetro de ionización eléctrica.

Manómetro en el que la ionización del gas se efectúa por la acción de los electrones acelerados por el campo eléctrico, donde el número de iones positivos es directamente proporcional a la presión.

ii) Manómetro radioisotópico de ionización.

Manómetro en el que la ionización del gas se efectúa bajo la acción de la irradiación de fuentes radiactivas.

h. Manómetros de Descarga Eléctrica.

Manómetro cuyo principio de funcionamiento está basado en la dependencia existente entre la descarga eléctrica del gas enrarecido y la presión.

i) Manómetro magnético de descarga eléctrica.

Manómetro en el cual la descarga eléctrica tiene lugar en un campo magnético.

#### j. Manómetros de Deformación Elástica.

Este es de los medidores de presión de mayor uso en la industria, pues se aprovecha la deformación cuantitativa de una membrana elástica para medir la presión. Estos son principalmente los medidores de tubo de Bourdón y de fuelle metálicos. También se utilizan diafragmas metálicos en medidores diferenciales y sistemas de relevadores, donde sus deflexiones se pueden restringir para soportar presiones relativamente altas en condiciones de emergencia.

Generalmente se pueden emplear con seguridad a presiones más o menos elevadas para detectar diferenciales pequeños.

#### i) Manómetro de Bourdón.

Probablemente es el medidor de presión industrial que más se usa y se aplica tanto a presiones como a vacíos. Al igual que el medidor de fuelle o de diafragma, se puede utilizar para presiones y vacíos ya sea por separado o en un medidor compuesto. Los tubos de Bourdón se pueden fabricar en cualquier tipo de material que tenga las características elásticas adecuadas para el rango de presión y la resistencia al medio corrosivo que se va a medir en las aplicaciones en particular. Los materiales que se usan en la elaboración del Bourdón los podemos dividir en dos tipos:

##### - Ferrosos:

- . Acero de carbón
- . aleaciones de acero-níquel molibdeno
- . latón
- . aleaciones con base de hierro, níquel, cromo y titanio
- . aceros inoxidables

##### - No Ferrosos:

- . cobre-berilio
- . bronce
- . aleación cobre-níquel-aluminio

### bronce fosforado

El tubo de bourdón puede tener la forma de una C (ver figura 4.7a) espiral o helice, siendo el mas empeado el de forma en C. Se le da la forma aplanando un tubo redondeado y luego, doblandolo para obtener la forma en C, una espiral o una helice, se sella uno de los extremos del tubo y se le ajusta a un mecanismo indicador o de control. El tubo bourdón se sujeta por su base fija, de manera que la presión ejercida es proporcional a su movimiento. Cada arreglo requiere una ejecución cuidadosa para producir un movimiento lineal de la aguja indicadora sobre una escala calibrada o un mecanismo de registro. En la figura 4.6, se pueden ver las partes que conforman un medidor de presión tipo bourdón típico.



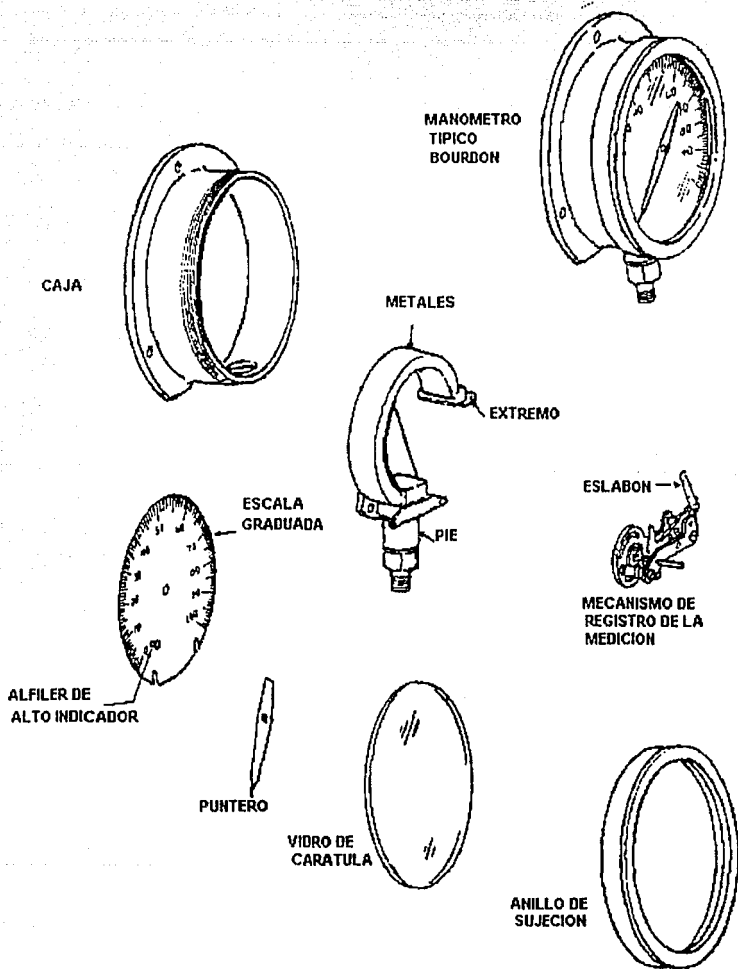


FIG. 4.6 MEDIDOR DE PRESIÓN TIPO BOURDON

ii) Manómetro de tubo espiral.

Manómetro de deformación elástica cuyo elemento sensible es un tubo curvado en forma de espiral plana. La sección transversal del tubo puede

tener formas diferentes. Un ejemplo de este tipo de manómetros, se muestra en la figura 4.7c.

iii) Manómetro de tubo helicoidal.

Manómetro de deformación elástica cuyo elemento sensible es un tubo curvado de forma helicoidal. La sección transversal del tubo puede tener formas diferentes. Ejemplo. Figura 4.7b.

iv) Manómetro de membrana simple.

Manómetro de deformación elástica cuyo elemento sensible es una placa con ondulaciones concéntricas, donde su ondulación es proporcional a la presión.

v). Manómetro de diafragma.

Se acostumbra usar diafragmas metálicos en medidores de presión diferencial, transmisores neumáticos de presión y transmisores eléctricos de presión en los que la presión estática puede ser muy superior a la fuerza de ruptura del material utilizado en los fuelles. Estos diafragmas se construyen en forma de discos y, con mucha frecuencia tienen superficies corrugadas para incrementar el área de superficie y la capacidad de deflexión de esta. En la figura 4.7f, se puede ver la constitución de un diafragma. La deflexión del diafragma depende del tipo de material, de su espesor, del diámetro del disco, de la forma del corrugado, y de la presión aplicada. Los diafragmas se han utilizado tradicionalmente en medidores para presión más o menos bajas y mediciones de vacío.

v) Manómetro de Cápsula.

Manómetro de deformación elástica cuyo elemento sensible está formado por membranas simples unidas por los bordes y que forman una especie de cápsula, un ejemplo de este lo tenemos en la figura 4.7e.

vi) Manómetro de fuelle.

Manómetro de deformación elástica cuyo elemento sensible está formado por una caja con paredes laterales onduladas. Se restringe casi siempre a presiones bajas cuando se miden presiones absolutas o manométricas. Sin embargo, el medidor de fuelles puede emplearse para mediciones de presión diferencial a presiones relativamente altas.

En la figura 4.7d, se muestra un fuelle.

- Manómetro de fuelle metálico. Los fuelles metálicos son una serie de partes circulares que se asemejan a los pliegos de un acordeón.

Estas partes se forman o juntan de tal manera que se expanden o contraen axialmente debido a los cambios de presión. Los metales usados en la construcción de los fuelles deben ser lo suficientemente delgados para ser flexibles, lo bastante dúctiles para tener una fabricación más o menos fácil y para resistir firmemente a las fallas por desgaste, los materiales que más se usan son latón, bronce, cobre de berilio, aleaciones de níquel y cobre, acero y monel. Los metales o aleaciones difíciles de trabajar se usan principalmente para satisfacer requisitos de resistencia a la corrosión. En su mayor parte, los fuelles utilizados en medidores de presión carecen de soldaduras. Por lo común, el fuelle tiene la capacidad de desplazarse a una mayor distancia que la requerida en una aplicación de presión, de modo que un resorte de alcance que se puede calibrar para un rango de presión particular sirve para oponerse al movimiento. Como regla general, cuando más pequeña es la deflexión, tanto mayor es el ciclo de vida del fuelle. Instrumento en el cual el núcleo magnético de un transformador variable se encuentra conectado al fuelle. Las variaciones de la presión se transforman en señales eléctricas de salida, las cuales son indicadas por medio de un medidor adecuado.

- Manómetro de presión absoluta de fuelle simple. Instrumento cuyos fuelles al vacío se encuentran instalados dentro de un recipiente en donde la presión que se desea terminar, transmite el movimiento hacia afuera del recipiente a través del sello.

- Manómetro de presión absoluta de doble fuelle. Instrumento construido con fuelles opuestos o de balanceo con balancín, uno de ellos se encuentra al vacío y el otro conectado a la presión desconocida.

- Manómetro diferencial de fuelle simple. Instrumento cuyo fuelle dentro de la caja se someten a una presión baja por uno de los lados y a una presión alta por el otro. La extensión del fuelle representa la medida de la presión diferencial.

- Manómetro diferencial de doble fuelle. Instrumento cuyos fuelles opuestos en la caja de dos partes se llenan con líquido, se balancean por medio de un resorte y están conectados entre sí mediante el eje que pasa a través de la restricción. Se le aplica una presión alta en uno de los extremos y una presión baja en el otro.

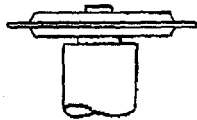
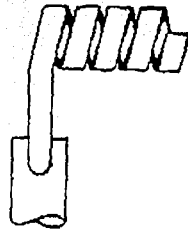
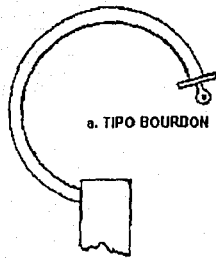


FIG. 4.7 ELEMENTOS CLÁSICOS

## C. Patrones

Para poder realizar la verificación o calibración, de un instrumento de medición de presión, se debe contar con patrones de referencia con los cuales vamos a trabajar en el laboratorio, ya sean primarios o secundarios.

### 1. Patrones Primarios.

Consideraremos dos tipos de patrones primarios con los que podemos contar en un laboratorio y son:

#### a. Columna de Mercurio.

Este tipo de patrones, ha sido descrito en la sección de "manómetros de líquido", para la columna del tubo en "U", no es necesario hacer ninguna corrección, ya que en ambos lados del tubo se cuenta con las mismas condiciones, pero en el caso del tipo cisterna o de recipiente, deben realizarse una doble corrección que se describe a continuación:

#### i. Corrección por depresión de capilaridad.

Esta se debe hacer para obtener una mayor exactitud del valor obtenido, por recomendaciones prácticas se ha elegido el valor de  $0.450 \text{ N/m}^2$  (NBS) para la tensión superficial del mercurio.

El valor de la altura corregida se obtiene con la siguiente ecuación:

$$h_1 = h + k$$

$h_1$  = Lectura corregida por depresión de capilaridad de la columna de mercurio en mm.

$h$  = Lectura leída en la escala de la columna de mercurio en mm correspondientes a los puntos elegidos de calibración.

$k$  = Corrección por depresión de capilaridad en mm obtenido de la tabla 4.8.

**Tabla 4.8 Corrección por depresión de capilaridad**

Diámetro del tubo. mm	Altura del menisco en milímetros									
	(*)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
6	.128	.254	.379	.500	.617	.729	.836	.937	1.03	1.11
7	.088	.176	.263	.348	.430	.510	.587	.661	.730	.794
8	.063	.126	.189	.250	.310	.368	.424	.478	.530	.579
9	.046	.093	.138	.183	.228	.271	.313	.353	.392	.429
10	.035	.069	.103	.137	.170	.202	.234	.264	.294	.322
11	.026	.052	.078	.104	.128	.153	.177	.200	.223	.245
12	.020	.040	.059	.079	.098	.117	.135	.153	.170	.137
13	.015	.030	.045	.060	.075	.089	.104	.117	.131	.144
14	.012	.023	.035	.046	.058	.069	.080	.090	.101	.111
15	.009	.018	.027	.036	.045	.053	.062	.070	.078	.086
16	.007	.014	.021	.028	.035	.041	.048	.054	.060	.067
17	.006	.011	.016	.022	.027	.032	.037	.042	.047	.052
18	.004	.008	.013	.017	.021	.025	.029	.033	.036	.040
19	.003	.006	.010	.013	.016	.019	.022	.026	.028	.031
20	.003	.005	.008	.010	.013	.015	.017	.020	.022	.024
21	.002	.004	.006	.008	.010	.012	.014	.015	.017	.019
22	.002	.003	.005	.006	.008	.009	.011	.012	.013	.015

\* Tensión superficial 0.450 Nw/m<sup>2</sup>

ii. Corrección por temperatura.

Si la temperatura ambiente en el lugar de la calibración es diferente de la temperatura a la cual fue calibrada la escala graduada, se requiere una corrección por diferencia de temperatura debido a la dilatación del material de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$h_2 = 1 + \alpha (t - T_r) h_1$$

$h_2$  = Lectura corregida por temperatura, en mm.

$t$  = temperatura ambiente en el lugar de la calibración en °C.

$\alpha$  = Coeficiente de expansión térmica del material con el que esta hecha la escala.

$T_r$  = Es la temperatura de referencia a la cual fue calibrada la escala, en °C.

La presión es obtenida por medio de la ecuación:

$$P = p - p_0 - \rho g h_2 (1 + a/A)$$

$P$  = Valor de la presión que debe ser registrada como lectura patrón en pascales.

$p$  = Presión en la cisterna, en pascales.

$p_0$  = Presión sobre la columna líquida (vacío en el sistema cerrado o presión atmosférica en el sistema abierto, en pascales.

$\rho$  = Densidad del líquido (mercurio) en kg/m<sup>3</sup>.

$g$  = Aceleración de la gravedad en el lugar de la calibración en m/s.

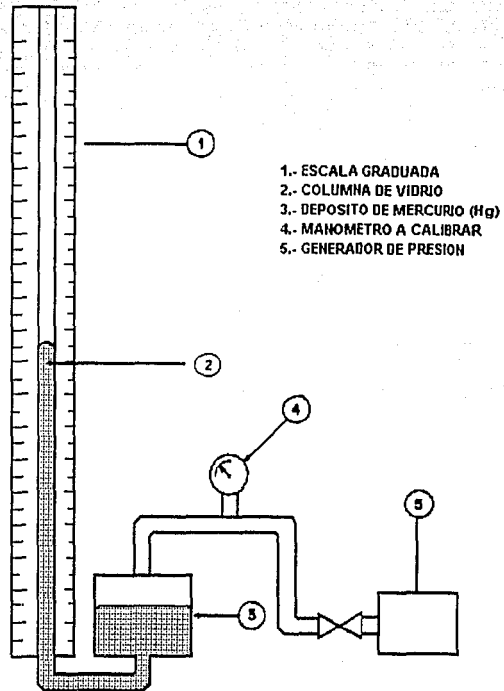
$a$  = Área de la sección transversal interna de la columna en m<sup>2</sup>

$A$  = Área de la sección transversal interna de la cisterna, en m<sup>2</sup>.

$h_2$  = Lectura corregida por temperatura en metros.

En la figura 4.9, se muestra un esquema de la instalación de un patrón de columna tipo cisterna. Para el caso del patrón tipo "U", lo único que cambia es la cisterna por la continuación del tubo para formar la "U".

FIG. 4.9  
PATRÓN DE  
COLUMNA  
TIPO  
CISTERNA



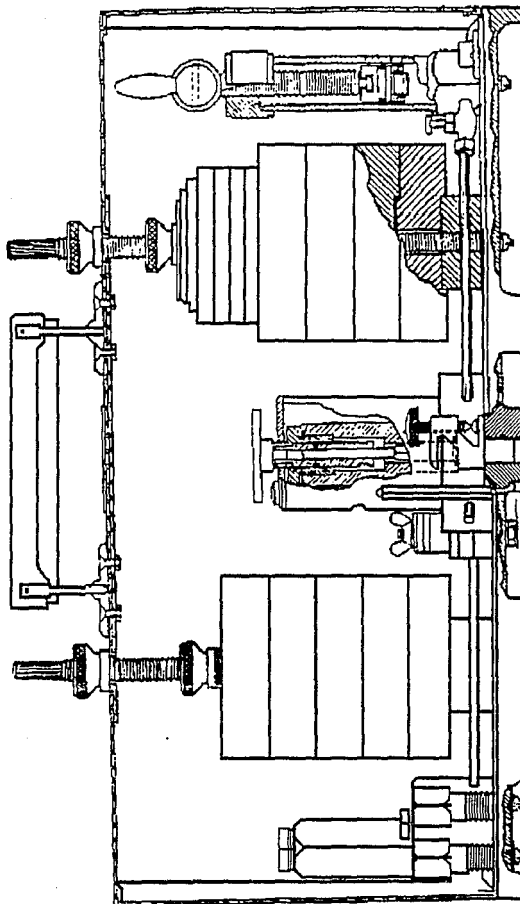
#### b. Balanza de Pesos Muertos.

Una balanza de pesos muertos tiene como principio de funcionamiento el de balancear pesos conocidos, contra la acción producida por la fuerza de una presión conocida en un pistón hidráulico de área conocida. Cuando estas fuerzas alcanzan el equilibrio y balance, la presión desconocida iguala al total de las pesas y el pistón.

Este instrumento tienen una bomba automática para generar presión la cual permite a la balanza ser usada para checar manómetros.



Esta balanza debe contar con un certificado de calibración que certifique su clase o exactitud. En la figura 4.10 se muestra a grandes rasgos, una balanza de pesos muertos.



**FIG. 4.10 BALANZA DE PESOS MUERTOS**

Cuando se utilice una balanza de pesos muertos para realizar la calibración, para manómetros de clase 0.4 o menor, deberá realizarse la corrección por gravedad local:

$$P_v = (P \times G_l) / G_s$$

donde:

$P_v$  = Presión real debido a corrección por gravedad local.

$P$  = Presión indicada por la balanza a la gravedad estándar.

$G_s$  = A la gravedad estándar = 9.80665 m/s<sup>2</sup>.

$G_l$  = Gravedad local.

Es muy importante al utilizar la balanza de pesos muertos, manejar las pesas de la misma con guantes de algodón, ya que estas se encuentran calibradas.

## **2. Patrones Secundarios.**

Consideramos patrones secundarios, aquellos instrumentos de medición de la presión a los manómetros que han sido calibrados contra un patrón primario.

Consideraremos un manómetro patrón aquellos de clase 0.1 a 0.6, siendo los manómetros de clase mayor de 0.6 hasta 4.0 como medios de medición de trabajo.

## **3. Patrón de Referencia.**

Llamamos patrón de referencia al instrumento contra el cual vamos a calibrar nuestro instrumento de medición de presión, y el cual debe cumplir con los siguientes puntos:

- a. Su límite de medición será no inferior al límite de medición del instrumento que se verifica.
- b. Su error absoluto máximo permisible será no mayor que 0.25% del error absoluto máximo permisible del instrumento que se calibra.
- c. Se permite la calibración de instrumentos de clase 1.5 con patrones de clase 0.4.

d. La calibración de los instrumentos cuya documentación técnica los acompaña, se realizará conforme a lo que en el se establece.

## **D. Condiciones de Trabajo**

### **1. Presión Máxima de Trabajo.**

Esta va a estar dada en función de la cantidad de mediciones que se realizan con el instrumento y van a ser de dos tipos:

- i. Para presiones constantes. La presión máxima de trabajo sera del 75% del alcance máximo de medición indicado en la caratula.
- ii. Para presiones variables. La presión máxima de trabajo sera del 60% del alcance máximo de medición indicado en la caratula.

### **2. Temperatura de Trabajo.**

La temperatura ambiental del lugar donde se realice la calibración sera:

$(23 \pm 2)$  °C para los instrumentos de las clases desde 0.4 hasta 1, inclusive.

$(23 \pm 15)$  °C para los instrumentos de las clases mayor que 1 hasta 4.

Durante la calibración, la temperatura ambiente no variara mas de:

2 °C para los instrumentos de la clase desde 0.4 hasta 1 inclusive.

3 °C para los instrumentos de las clases mayor que 1 hasta 4.

Se podrá trabajar con temperaturas diferentes a las señaladas siempre que se establezca la corrección necesaria de los errores sistemáticos introducidos por esta, cuando los mismo excedan de 0.2 del valor máximo permitido para el error máximo del instrumento.

### **3. Humedad de Trabajo.**

La humedad relativa máxima permisible en el lugar donde se realice la verificación sera del 80%.

### **4. Condiciones de Vibración.**

En el lugar de trabajo no habra vibraciones ni sacudidas que puedan provocar oscilaciones de la aguja indicadora que excedan 0.1 division de la escala.

### **5. Condiciones Ambientales.**

El aire ambiental no contendrá polvo ni mezclas agresivas con relación a los materiales de los cuales están fabricados los instrumentos que se verifican y los patrones.

## E. Bibliografía

1. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial  
(Norma Oficial Mexicana)  
  
NOM, Monografía CH-10-Instrumentos de Medición de Presión con Camara Elástica, 1987.  
  
NOM, Monografía CH-65-Instrumentos de Medición-Manómetros-Calibración con Patrón de Columna de Mercurio, 1986.  
  
NOM, Monografía CH-69-Instrumentos de Medición- Presión-Clasificacion-Definiciones, 1986.  
  
NOM, Monografía Z-60-Mediciones de Presión-Terminologia, 1986.
2. Norma Cubana  
  
NC-90-07-01-"Manómetros-Clasificacion General y Clases de Presicion", 1981.  
  
NC-90-07-03-"Manómetros, Vacuometros y Manovacuumetros de Deformación Elástica, Indicadores de Trabajo", 1985.  
  
NC-90-07-12-"Mediciones y Presión, Terminos-Definiciones y Simbolos", 1981.  
  
NC-90-0713- "Manómetros de Deformación Elástica, Instalacion y Utilizacion", 1981.
3. Organisation Internationale de Metrologie Legale. (OIML)  
  
OIML No. 17- "Indicating Pressure Gauges-Vacuum Gauges and Pressure-Vacuum gauges-Ordinary Instruments", 1981.
4. American National Standards Institute  
  
ANSI B40.1- "Gauges-Pressure-Indicating Dial Type-Elastic Element, 1980.
5. Soisson E, 1980. Instrumentacion Industrial. Ed. Limusa, Distrito Federal, Mexico. 58-100.
6. Farmaceuticos Lakeside, S. A de C: V

04-00-04-"Manejo de Balanza de Pesos Muertos"

04-00-05-"Procedimiento de Calibración y Ajuste de Manómetros Tipo Bourdón".

7. Manual de balanza de WIT 5 a 1000 Psi, modelo 35260-2, 1986.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los objetivos que se persiguen en una institución de estudios superiores, encontramos que es de suma importancia el desarrollo de investigación científica, que va a servir como apoyo, ayudando al fortalecimiento del país, lo cual va a redundar en un desarrollo mas acelerado; estos cambios generados, se van a ver influenciados directamente por la veracidad de los datos proporcionados.

En la mayoría de los casos, los resultados obtenidos en una investigación, están en función de datos proporcionados por equipos e instrumentos de medición, y que van a ser confiables en la medida que estos equipos esten calibrados.

Este problema de calibración de equipos e instrumentos lo podemos extrapolar a la Industria Farmacéutica donde encontramos que es básico el control de la calidad de los productos elaborados, que representa un alto riesgo por tratarse de insumos que afectan la salud.

Dentro de esta industria, la cantidad de equipo e instrumentos de medición es muy variado, y todos éstos deben de encontrarse en óptimas condiciones de funcionamiento.

Analizando todo lo anterior, encontramos que es muy importante contar con personal capacitado en el area de calibración, que tenga los conocimientos necesarios sobre el tema.

Tomando como referencia el problema planteado, se da la posibilidad de implementar un Laboratorio de Metrología y Calibración en la ENEP "ZARAGOZA", puesto que la enseñanza que se imparte es de tipo modular , y esto facilitaría la incorporación de la metrología al plan de estudios, se debe de tomar en cuenta que dentro del plantel de estudios, es donde el alumno que posteriormente será el profesionista va a adquirir los conocimientos básicos para su desarrollo, en el caso de la metrología, en la actualidad dentro de la Industria Farmacéutica se tiene el problema de no contar con el personal capacitado dentro de esta área, es entonces cuando el profesionista se enfrenta a problemas tales como no saber como abordar los

problemas referentes a la metrología, y que podrían ser solventados al brindarse dentro del plantel materias relacionadas con la metrología y que además se puedan llevar a la práctica, lo que ayudaría a que fuera más pedagógica la enseñanza, además de que, dentro de este laboratorio, se podría llevar a cabo la investigación referente a este tema que no ha sido totalmente desarrollado y al cual podemos dar una o varias aportaciones en su desarrollo.



## OBJETIVO

Desarrollar un laboratorio de Metrología y Calibración a nivel básico para la enseñanza teórico-práctica, que apoye la veracidad de los datos obtenidos en la investigación, y preste servicios de calibración a la Industria Farmacéutica que así lo solicite.

## HIPOTESIS

Tomando como referencia la necesidad de calibrar equipo e instrumentos, se pretende implementar un Laboratorio de Metrología y Calibración de interés farmacéutico, por lo que se realizará una investigación con la cual se puedan determinar las magnitudes que son de mayor importancia durante el proceso de elaboración y análisis de un medicamento.

Una vez contando con esta información, se procederá a hacer un estudio a cada una de las magnitudes, que nos permita clasificar los instrumentos de medición, tener conocimiento de los patrones que podemos utilizar para cada una de las magnitudes y saber los métodos de calibración.

Toda la información anterior nos puede ayudar en la adecuada instalación del laboratorio para contar con los requisitos mínimos indispensables que en materia de equipo, espacio, condiciones ambientales y personal serán requeridos para realizar el trabajo.

Para terminar, una vez teniendo integradas las necesidades del laboratorio, se llevará a cabo una investigación posterior, sobre la documentación y condiciones con que debemos contar por parte de las autoridades para obtener el permiso correspondiente para la apertura del laboratorio.

## MATERIAL Y METODO

En este capítulo, se plantean los métodos de calibración para las tres magnitudes con que se contará en el laboratorio, con el fin de agilizar el conocimiento de las personas que estén interesadas en la parte práctica en cuanto al método de calibración de los instrumentos de medición de masa, presión y temperatura, y puedan comparar los resultados con los criterios de aceptación correspondientes a cada magnitud.

### I Métodos de Calibración para Instrumentos de Medición

#### A. Temperatura

El método de calibración que se propone, sera un método general al cual posteriormente se le haran algunas aclaraciones, dependiendo del tipo de termómetro y en caso de que se requiere dar alguna indicación extra.

Podemos decir que dentro de la calibración tenemos tres pasos fundamentales que se deben de seguir y que son los siguientes:

1. Revision visual del termómetro
2. Procedimiento de calibración
3. Cálculos de corrección (para el caso que asi lo requiera).

#### **1. Revisión Visual del Termómetro.**

La revision visual del termómetro, va a consistir en la observacion detenida y detallada del aparato de medición y verificar que no tenga algún defecto físico visible, a simple vista o con la ayuda de una lupa que pueda interferir o variar los datos obtenidos en la lectura del termómetro dando como resultado errores en las mediciones. Esta inspeccion va a ser especifica para cada tipo de termómetros.

## 2. Procedimiento de Calibración.

Equipo:

- Termómetro de referencia. El termómetro a utilizar debe estar en condiciones y se recomienda que sea un termómetro de resistencia de platino por ser de gran exactitud.
- Baño de hielo. En la bibliografía podemos encontrar la forma correcta de preparar un baño de hielo, y que siguiendo los pasos al pie de la letra, da lecturas con una exactitud de 0.01 K. En la la figura 5.1 se muestra un baño de hielo sencillo.

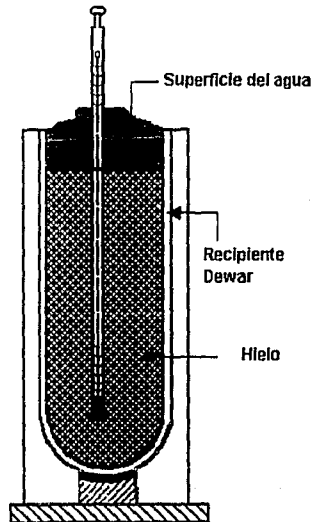


FIG. 5.1  
ESQUEMA DE UN  
BAÑO DE HIELO  
SIMPLE

- Baño de temperatura controlada. Este equipo lo podemos encontrar, desde su forma más sofisticada en el mercado, hasta un vaso de precipitado acondicionado adecuadamente para poder controlar la temperatura. Generalmente estos baños constan de recipiente para el baño aislado térmicamente, uno o más elementos electricos de calentamiento y un robusto agitador, tal como lo muestra la figura 5.2.

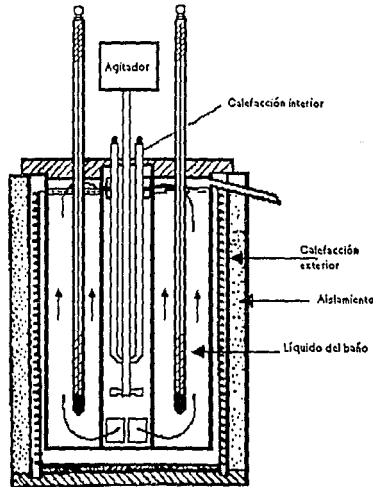


FIG. 5.2  
ESQUEMA DE  
UN BAÑO  
DE  
TEMPERATURA

- Termómetro a calibrar. El termómetro que vamos a calibrar, debe estar debidamente identificado, desde el tipo de termómetro, hasta una etiqueta propia que nos permita tener un seguimiento del mismo y poder establecer la frecuencia de calibración.

La calibración se va a realizar conforma a la comparación con un patron primario, que es el punto de solidificación del agua, por medio de un baño de hielo, y contra un patron secundario en otros puntos tomando como referencia un termómetro de resistencia.

a. Calibración a punto de hielo.

- Estabilizar el baño con el termómetro patron de referencia marcando cero grados.
- Introduzca el termómetro o sensor en el baño y esperar 15 minutos.
- Tomar un mínimo de tres lecturas de temperatura con intervalos de tiempo de 5 minutos cada una.

b. Verificación de temperaturas en otros puntos.

Para esta verificación, seleccionar temperaturas de referencia, dependiendo de la escala del termómetro, del intervalo en el que se trabaja, y de la capacidad de los baños.

- Introducir el termómetro y estabilizar el baño de temperatura.
- Una vez estabilizado esperar 15 minutos.
- Hacer las lecturas, mínimo tres lecturas con un intervalo de tiempo de 5 minutos.

En el caso de los pirómetros, la calibración se realiza por comparación con un pirómetro óptico y en muchos casos, la calibración se efectúa a una sola temperatura.

Sin embargo, los pirómetros ópticos están sujetos a los mismos errores que los pirómetros de radiación aunque de diferente magnitud.

El factor importante es el de tener la seguridad de que todos los errores se mantienen constantes durante la calibración.

Para poder llevar un registro de todas las calibraciones que se realizan en un laboratorio, es necesario contar con datos específicos del instrumento a calibrar y de los cuales se debe tener un registro para poder darle un seguimiento al instrumento, vamos a dar una lista de los datos indispensables con que se debe contar para realizar la calibración de un termómetro.

- Lugar. Este dato identifica el lugar en el que se lleva a cabo la calibración.
- Fecha. La fecha nos permite saber cuando se realiza la calibración, para poder establecer una frecuencia en el tiempo de calibración.

- Solicitante. Permite saber que departamento o industria, es el que esta solicitando el servicio de calibración.

- Equipo. En el equipo nos referimos a la clasificación del instrumento de medición que quieren sea calibrado, ejemplo:

"termómetro de líquido en vidrio de inmersión parcial".

- No. de Calibración. Esta es, por así decirlo, la clave con la cual nosotros vamos a identificar cada termómetro, va a ser su identificación única, y esta puede ponerse de acuerdo con la forma que nosotros queramos, por ejemplo: Podemos tomar la "Z" de zaragoza, la "C" de calibración y la T de temperatura, y el número en forma secuencial, quedando así nuestro número de calibración: ZCT-001.

- Marca y serie. Estos datos están dados por el proveedor y también nos sirven para identificar el termómetro, ejemplo: Marca "Taylor", Serie 6333-G, en algunos casos, estos datos nos van a referir a las tablas propuestas por el fabricante en el que determina el error para este tipo de termómetros.

- Intervalo. Vamos a poner el valor mínimo y el valor máximo de la escala, para saber cual es el intervalo en el que trabaja el termómetro, ejemplo. de -20 C a 150 C.

- División mínima de la escala. Nos va permitir conocer el intervalo de temperatura entre dos graduaciones sucesivas del termómetro, y de esta manera, si no se cuenta con datos de error máximo permisible, determinarlo en base a este dato.

- Intervalo de calibración. En este punto, vamos a poner el intervalo dentro del cual se encuentran los puntos que vamos a verificar, por ejemplo, si nuestro intervalo es de -20 C a 150 C, nuestro intervalo de calibración puede ser de 0 C a 120 C.

- Patrón de Referencia. Vamos a determinar el tipo de sensor que se va a tomar como patrón de referencia, por ejemplo un RTD 50 OHMS.

- Procedimiento de Calibración. Identificar por medio de la clave el número que tenga el procedimiento que se va a seguir.

- Temperatura ambiente. Es la temperatura que se tiene en el momento de realizar la calibración, y que servirá posteriormente para realizar los cálculos.

- Lecturas Patrón. Son las lecturas de temperatura obtenidas a la temperatura del baño con el termómetro de referencia.

- Termómetro a calibrar. Temperaturas obtenidas a la temperatura del baño con el termómetro que se está calibrando.
- Error. Datos obtenidos de la diferencia entre las lecturas obtenidas con el termómetro patrón y el termómetro que se está calibrando.

Observaciones. En este renglón se puede incluir cualquier aclaración o fenómeno fuera de lo común que se pudiera presentar en el instrumento que se está calibrando o durante la calibración.

### **3. Cálculo de la Corrección (en caso que así lo requiera).**

Como se mencionó anteriormente, para algunos termómetros es necesario hacer correcciones, como es el caso de los termómetros de líquido en vidrio.

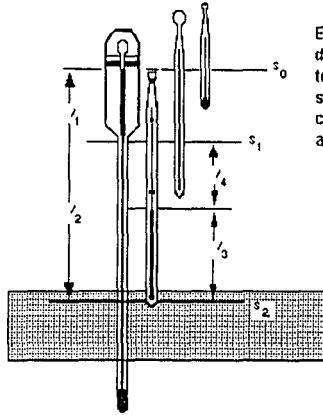
En los termómetros de líquido en vidrio, la corrección por columna emergente es indispensable en los dos casos siguientes:

- Cuando un termómetro ajustado en inmersión total, sobresalga una parte de la columna en la temperatura a medir.
- Cuando un termómetro ajustado en inmersión parcial, la temperatura de la columna difiera de la temperatura de referencia de la misma columna.



En la figura 5.3 se muestra una manera de tomar la temperatura de la columna emergente durante la calibración del termómetro.

FIG. 5.3  
DETERMINACIÓN  
DE LA  
TEMPERATURA  
MEDIA DE LA  
COLUMNA  
EMERGENTE



Ejemplo para la determinación de la temperatura media del segmento emergente de la columna de un termómetro ajustado en inmersión parcial

La fórmula general para la corrección por columna emergente es la siguiente:

$$\text{CORR} = KN(T - T_0)$$

donde

K = Coeficiente de expansión diferencial del líquido en el vidrio y tienen un valor de 0.00016 C<sup>-1</sup> para el mercurio.

N = Numero de grados que quedan fuera del baño.

T<sub>0</sub> = Temperatura promedio de la columna emergente de "N" grados

T = Temperatura del baño.

Para el caso específico de los termómetros ASTM, la corrección por columna emergente se realiza por medio de la fórmula anterior pero con algunas variaciones quedando como sigue:

$$\text{CORR} = KN(T_s - T_0)$$

donde

$K$  = Coeficiente de expansión diferencial del líquido en el vidrio.

$N$  = Numero de grados que quedan fuera del baño

$T_s$  = Temperatura teorica promedio de la columna emergente

$T_o$  = Temperatura promedio obtenida experimentalmente de la columna emergente.

### **B. Masa**

El método que a continuación se propone, es un método general para básculas y balanzas al cual dependiendo de las características propias de cada una de éstas se le deben hacer las variaciones correspondientes.

El método de calibración lo vamos a dividir en cuatro pasos fundamentales a seguir y son los siguientes:

1. Examen exterior.
2. Comprobación de funcionamiento.
3. Limpieza
4. Procedimiento de calibración.
  - a. Definición de la clase de exactitud del instrumento de medición
  - b. Sensibilidad y Movilidad
  - c. Error de Excentricidad o Fidelidad
  - d. Prueba de Ascenso y Descenso.

#### **1. Examen Exterior.**

En éste paso se comprueba que las características principales, accesorios y partes en general corresponden a la documentación técnica del medio de medición. Una vez comprobado, se procede a realizar la comprobación del funcionamiento.

## 2. Comprobación de Funcionamiento.

En este paso se comprueba que todos y cada uno de los accesorios funciona adecuadamente y conforme a especificaciones del fabricante.

## 3. Limpieza.

La limpieza de la báscula o balanza, se debe realizar con cuidado, tratando de no maltratar el equipo, esta se puede realizar con una borcha suave o con un paño limpio y libre de grasa, se pueden utilizar disolventes tales como alcoholes y agua de preferencia destilada.

## 4. Procedimiento de Calibración.

Equipo:

- Pesas patrones. Son las pesas con las cuales se van a realizar las determinaciones y en cantidades que cubran el alcance de medición del instrumento.
- Calibrador Vernier. Este debe de ser con una división mínima de 0.1 mm.

### a. Sensibilidad y Movilidad.

Para instrumentos de equilibrio no automático, vamos a considerar la sensibilidad como el cociente que resulta de dividir el desplazamiento del dispositivo indicador en unidades de longitud entre el incremento de carga que produce ese desplazamiento en unidades de masa.

Para instrumentos de equilibrio semiautomático y automático, la determinación de la sensibilidad y la movilidad se van a realizar en la misma prueba que consiste en lo siguiente:

Con el instrumento con y sin carga depositada, se coloca sobre el dispositivo receptor de carga, una sobrecarga equivalente a la división mínima.

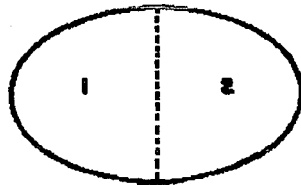
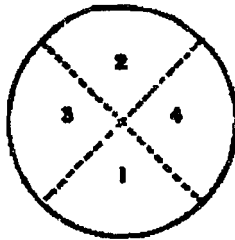
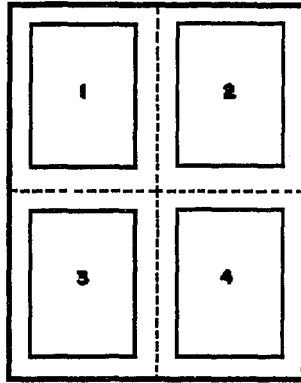
En el caso de instrumentos electrónicos de indicación digital se anota el valor que indique el instrumento.

La movilidad y la sensibilidad se determinan en el punto cero y a la mitad del alcance de medición máximo de medición del instrumento.

b. Error de Excentricidad o Fidelidad.

Con los dispositivos indicando cero, se colocan masas patrones de valor nominal aproximado igual al la mitad del alcance máximo, en cada uno de los cuatro sectores del receptor de carga y se toma la lectura de la báscula (ver figura 5.4).

FIG. 5.4 POSICIÓN DE LAS PESAS EN LA PRUEBA DE FIDELIDAD



La etapa anterior se repite moviendo las masas patrones a los otros sectores del receptor de carga consecutivamente. En cada ocasión, se toma la lectura que indique el aparato.

c. Prueba de Ascenso y Descenso.

Con los indicadores de los instrumentos colocados en cero, colocar en el dispositivo receptor de carga y distribuidos uniformemente masas patrón en un mínimo de 10 puntos desde cero, hasta el alcance máximo de medición en orden ascendente y posteriormente en forma descendente. Este ciclo se repite 3 veces.

Durante el desarrollo de esta prueba se puede realizar la prueba de movilidad y sensibilidad si se desea.

Para poder llevar un registro de todas las calibraciones que se realizan en un laboratorio, es necesario contar con datos específicos del instrumento a calibrar y para poder darle un seguimiento al instrumento, daremos una lista de los datos indispensables con que se debe contar para realizar la calibración.

- Fecha. La fecha nos va a permitir saber cuando se realiza la calibración.
- Solicitante. Permite saber que departamento o industria es la que ésta solicitando el servicio.
- Equipo. En esta nos referimos a la Clasificación de nuestro equipo y que nos puede servir para identificarlo.
- No. de Calibración. Este es la clave personal para cada equipo y que se proporciona en el laboratorio.
- Marca y Serie. Estos datos son proporcionados por el fabricante del equipo y es la identificación que este le da.
- Alcance máximo- Para saber la capacidad máxima de pesaje y calcular su clase de exactitud.
- División mínima. Capacidad que tiene nuestro equipo para realizar la mínima lectura.
- No. de divisiones mínimas. Para saber la clase de exactitud del instrumento de medición.
- Clase de Exactitud. Para conocer el error máximo tolerado.
- Error máximo tolerado. Nos permite hacer la comparación posterior con nuestros resultados.

Procedimiento de calibración. Identificar por medio de la clave el numero que tiene el procedimiento que se va a seguir.

Patrón utilizado. Identificar por medio de su Clasificación el patrón empleado para la calibración.

### C. Presión

El método de calibración que se propone a continuación es para manómetros de presión relativa de deformación elástica ya que son los mas utilizados en la industria farmacéutica.

Equipo:

- Dispositivo de creacion de presión (Columna de mercurio, balanza de pesos muertos).
- Manómetro patrón calibrado
- Manómetro a calibrar
- Juego de herramientas.

### **1. Examen Exterior.**

En el examen exterior se comprueba que:

- a. Las partes metálicas de los instrumentos esten protegidas contra la corrosión.
- b. El vidrio u otro material transparente del dispositivo protector de la escala sea transparente y libre de suciedad y defectos que dificulten o impidan la lectura de las indicaciones.
- c. Los trazos de la escala sean nitidos y fácilmente legibles.
- d. Toda aguja de indicación o señalización que posea el instrumento, cubra solamente una parte de los trazos de la escala, de manera que disminuya la introducción de errores de paralaje en la lectura.
- e. El extremo de la aguja de indicación o cualquier otra permita la apreciacion de la lectura a 0.2 del valor de división como mínimo, en cualquier parte del intervalo de medición.

## 2. Limpieza

El manómetro a calibrar deberá ser limpiado en su interior y exterior, usando cuando sea necesario soluciones disolvente.

## 3. Comprobación de la Presión Cero.

La comprobación de la indicación correspondiente a la posición cero de la aguja se ejecutara con el instrumento en posición de trabajo y sometido solamente a la presión atmosférica.

En los instrumentos que posean elemento de tope de la posición de indicación cero, la aguja estara en contacto con dicho elemento.

En los elementos con mas de una aguja de indicación, todo lo establecido para una aguja, se cumplira para todas las existentes.

## 4. Comprobación de la Hermeticidad.

El instrumento que se verifica se conecta al dispositivo de creacion de presión, y se crea en el sistema una sobrepresión o depresión según se requiera, igual al límite superior de medición del instrumento que se verifica. Si despues de transcurridos dos minutos la indicación no varia en mas del 1% del límite superior de medición, el instrumento se considera hermetico.

## 5. Procedimiento de Calibración.

El instrumento se colocará en el dispositivo para la creacion de presión en la posición de trabajo indicado en su esfera. Si esta indicación falta, el instrumento se verificara en la posición en la que el plano de su esfera se encuentre vertical. La desviación máxima permisible para la posición de colocacion es de 5° con respecto a la de referencia.

Cuando la calibración se realice con manómetros patrón de deformación elástica y no se señale en la esfera del instrumento el medio de trabajo para la transmisión de presión se utilizará como medio:

- a. Para sobrepresiones no mayores que 0.25 MPa (2.5 kgf/cm<sup>2</sup>): aire o gas neutro.
- b. Para sobrepresiones mayores que 0.25 MPa y no mayores que 60 MPa (600 kgf/cm<sup>2</sup>): aceite de transformador.
- c. Para sobrepresiones mayores que 60 MPa y hasta 250 MPa (2 500 kgf/cm<sup>2</sup>) aceite de ricino o mezcla de glicerino (80%) y etilenglicol (20%).



Los instrumentos para la medición de sobrepresión de oxígeno, se recibirán con una garantía escrita que asegure que los mismos estén desengrasados y su calibración se realizará con aire o agua no contaminados con aceite o impurezas orgánicas o utilizando cámaras divisorias con estos medios que garanticen estas características.

Para la calibración vamos a realizar pruebas de ascenso y descenso, y se realizara por lo menos en los siguientes puntos:

- 8 puntos para los instrumentos de exactitud comprendida entre 0.4 y 0.6, ambas incluidas.

- 5 puntos para los instrumentos de clase entre 1 y 2.5, ambas inclusive.

- 3 puntos para los instrumentos cuya clase de exactitud sea  $> 2.5$ .

Estos puntos deben tener una distribución uniforme en toda la escala e incluir los límites de medición del instrumento.

Los manovacuómetros se verifican en ambos intervalos de la escala cada uno de los cuales cumplirá con el inciso anterior.

Los valores de indicación para los cuales se establece la condición de los aparatos serán los obtenidos despues de golpear suavemente el instrumento. La desviación de la indicación producida por el golpe no excederá en ninguna de las observaciones realizadas en mas de  $\pm 0.5\%$  del error absoluto permisible.

La lectura de las indicaciones se realizara en ascenso de la presión para cada punto de verificación seleccionado, manteniéndose 5 minutos como mínimo a la presión correspondiente al límite superior de medición del instrumento, despues de lo cual se realizaran las lecturas en descenso de la presión para los mismos puntos.

Debido a la necesidad de llevar un registro de las calibraciones que se lleven a cabo, se propone una hoja de registro, en la cual pondremos los datos indispensables con los que se debe contar para realizar la calibración.

- Fecha. Día de la calibración

- Solicitante. Persona o departamento que hace la solicitud de calibración.

- Equipo. Clasificación del equipo para identificarlo.

- Marca y Serie. Identificación que les da el fabricante.
- No. de Calibración. Identificación propia para cada equipo que da el laboratorio de calibración y es única.
- Alcance Máximo. Saber cual es la presión máxima que mide, y a su vez, calcular la clase de exactitud del instrumento.
- División Mínima. Lectura mínima que realiza nuestro instrumento de medición.
- Clase de Exactitud. Clase a la que pertenece el instrumento dependiendo del error máximo tolerado para toda la escala.

## II. Criterios de Aceptación

### A. Temperatura

Para la determinación de los criterios de aceptación o rechazo, en la presente sección se dan algunas tablas de límites de error obtenidas en la literatura.

En el caso de que no se cuente con esta información, se considera el error máximo tolerado de una división mínima de la escala.

En las siguientes páginas de este capítulo, podemos encontrar tablas con información sobre el error máximo tolerado para algunos tipos de termómetros.

**Tabla 5.5 Temperaturas de verificación para termómetros de líquido en vidrio.**

División mínima	0-5 °C		1.0 °C		2.0 °C		
Intervalo o C	0-38	0-50	0-100	0-150	0-200	0-250	0-300
T e m p e	0	0	0	0	0	0	0
	25	25	37	50	50	50	50
	30	37	50	75	100	100	100
	37	50	75	100	150	150	150
			100	150	200	200	200
						250	250

**Tabla 5.6 Tolerancias aceptadas para termómetros bimetálicos**

Intervalo de la escala	División mínima	Tolerancia aceptada
0.1 grado	Menos de 0 grados	0.2 grados
	100 grados o menos	0.1 grados
	200 grados o menos	0.2 grados
	más de 200 grados	0.3 grados
0.2 grados	200 grados o menos	0.2 grados
	más de 200 grados	0.4 grados
0.5 grados		0.5 grados
más de 1 grado		1.0 grados

**Tabla 5.7 Tolerancia aceptada para termómetros de líquido en vidrio**

Intervalo de la Escala	División mínima	Tolerancia aceptada
0.1 grados	-20 grados o menos	0.2 grados
	100 grados o menos	0.1 grados
	300 grados o menos	0.2 grados
	más de 300 grados	0.3 grados
	menos de 0 grados	0.2 grados
0.2 grados	100 grados o menos	0.1 grados
	200 grados o menos	0.2 grados
	300 grados o menos	0.3 grados
	más de 300 grados	0.4 grados
0.5 grados	100 grados o menos	0.3 grados
	más de 100 grados	0.5 grados
1.0 grados	200 grados o menos	0.5 grados
	más de 200 grados	1.0 grados

Tabla 5.8 Error Máximo permitido para líquidos no humectantes (°C)

Intervalo de Medición		Valor de división de escala								
		Error máximo permisible								
DESDE	HASTA	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5.10
-58	+5	-	-	0.1	0.3	0.35	1	1	2	3
-35	-21	-	-	-	-	-	1	1		
-30	-1	-	-	-	0.3	0.3	1	-	-	-
-35	0	0.05	0.08	0.15	0.4	0.4	1	1	2	5
-5	30				0.2	0.2		1		
0	60	0.04	0.08	0.15	0.20	0.25	0.5	1	1.5	5.10
60	100	0.04	0.08	0.15	0.25	0.3	1	1	2.5	5
101	200	-	0.1	0.25	0.5	0.5	1	2	3	5.10
201	300	-	-	0.4	1	1	2.5	3	3.5	5.10
301	400	-	-	-	1	1	3	4	4	10.10
401	500	-	-	-	-	-	3.5	5	5	10.10
501	600	-	-	-	-	-	-	6	6	10.15
600	650	-	-	-	-	-	-	6	6	15

**Tabla 5.9 Error máximo permisible para líquidos humectantes**

Intervalo de medición		Valor de división de la escala					
Desde	Hasta	Error máximo permisible					
		0.2	0.5	1	2	5	10
-200	-60	-	3	3	4	6	6
-185	-81	-	-	3	4	5	-
-80	-41	1	2	3	4	5	-
-58	-5	1	1	2	4	6	6
-70	-60	-	-	3	-	-	-
-60	-5	-	1	2	4	6	6
-38	-20	-	-	2	-	-	-
-40	-21	0.8	1	2	4	5	-
-90	60	-	-	3	-	-	-
-60	0	-	-	2	-	-	-
-20	100	0.4	1	1	2	5	-
-5	60	0.5	1	1	2	5	5
100	200	-	-	3	4	-	-

**Tabla 5.10 Máximo errores tolerados para Pirómetros**

Clase de Precisión	Rangos de Medición en °C	Tolerancia máxima de error	Valores máximos permisibles de las lecturas de medición
		Como porcentaje del máximo valor del rango	del máximo de medición
Ordinaria	800 - 1400	+ 1.5	1
	1400 - 2000	- 1.5	1
	2000 - 3200	+ 2.5	2
	3200 - 6000	+ 4.0	3
Alta	800 - 1400	+ 1.6	0.25
	1400 - 2000	+ 0.6	0.25
	2000 - 3200	+ 1.2	0.50
	3200 - 6000	+ 2.0	1.00

### **B. Masa**

Para poder determinar los errores máximos tolerados, es necesario conocer la clase de exactitud de nuestro equipo, y esto se hace con la ayuda de la figura 5.11 en el cual conocido el valor de la división mínima y el número de divisiones mínimas, por interpolación podemos definir la clase de exactitud.

- Exactitud especial (I)
- Exactitud fina (II)
- Exactitud media (III)
- Exactitud ordinaria (IV)

Si un instrumento por sus características se encuentra en una zona común de dos grados de exactitud, se debe clasificar en el grado de exactitud inferior.

El numero de divisiones mínimas las vamos a obtener dividiendo el alcance máximo entre la menor división

Una vez que se conoce la exactitud, con esta información mos vamos a la figura 5.11 con la que vamos a obtener la información correspondiente al error máximo tolerado.



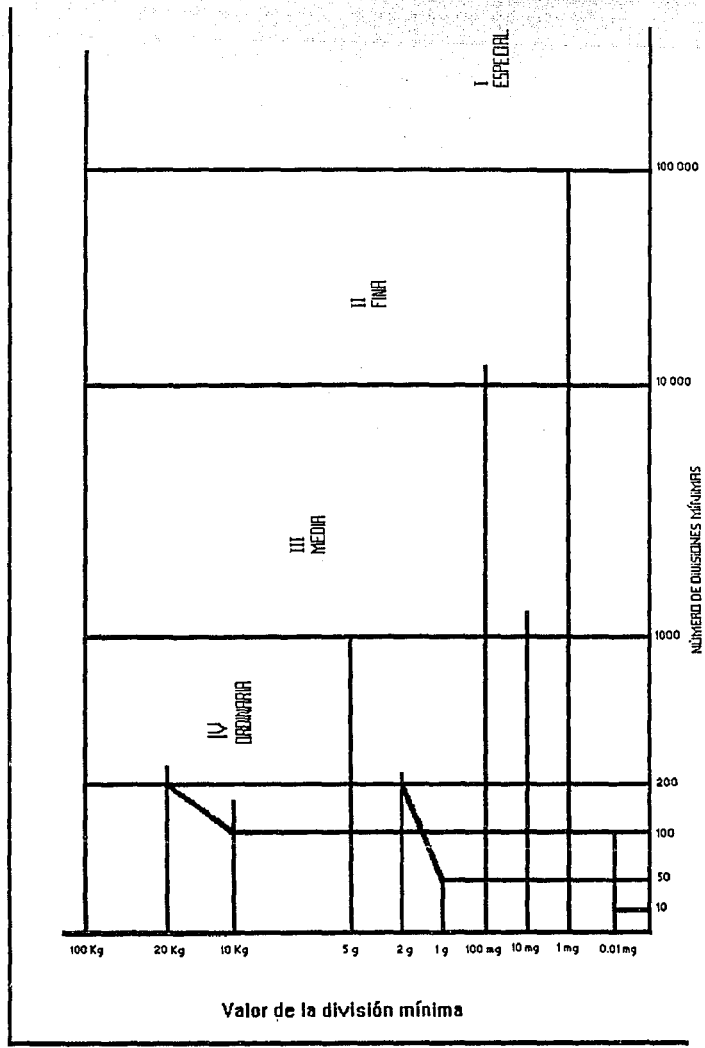
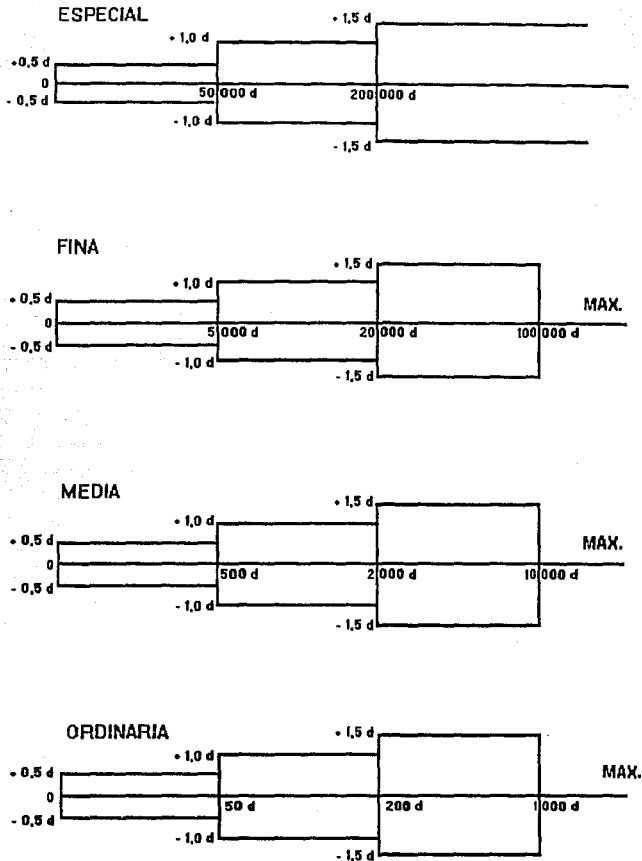


FIG. 5.11  
 EXACTITUD DE LOS INSTRUMENTOS A PESAR

En la figura 5.12 se muestran los criterios para los errores máximos tolerados oficialmente para instrumentos de medición de masa.

CLASES DE PRECISION



ERRORES MAXIMOS TOLERADOS

FIG. 5.12

En seguida se da la forma de calcular cada uno de los parametros metrologicos que se vieron en el inciso anterior:

### 1. Sensibilidad y Movilidad.

De este, unicamente se hace una comparación con el error máximo tolerado.

### 2. Error de Excentricidad o Fidelidad.

El error de excentricidad sera la diferencia entre la lectura y la carga de prueba. Tambien se puede hacer el calculo de la desviación estandar.

### 3. Prueba de Ascenso y Descenso.

Este sera la diferencia entre el valor de la indicación menos el valor de la carga de prueba.

Tambien podemos determinar con esta misma información dos parametros más que son:

#### a. La repetibilidad.

Esta se determina para cada punto de contraste, restando al valor máximo, el valor mínimo de cada serie de tres lecturas.

#### b. Linearidad o Error de Reversibilidad de Cero.

Este se obtiene restando el valor máximo y el valor mínimo en el punto de contraste de cero.

### C. Presión

El error absoluto máximo permisible de indicación, para cualquier valor de presión tanto en ascenso como en descenso, sera:

$\pm \Delta$  para los instrumentos que se encuentren en uso o almacenados

$\pm 0.8\Delta$  para los instrumentos acabados de producir, importar o reparar.

Este error se calcula por la formula siguiente:

$$\Delta = \pm (L_M \cdot C) / 100$$

donde:

$\Delta$  = Valor del error absoluto máximo permisible del instrumento.

$L_M$  = Diferencia algebraica entre los límites de la escala del instrumento.

$C$  = Clase de exactitud del instrumento.

Nota. En los instrumentos que no tengan su clase de exactitud esta se puede calcular con la siguiente ecuación:

Clase de exactitud =  $(\text{Division mínima}/\text{Alcance máximo})100$

Además de que la clase de exactitud nos da a conocer el % de error de toda la escala.

La diferencia entre los valores de ascenso y descenso de la presión, para un punto de verificación, no excedera de  $\pm \Delta$ .

Los valores de indicación serán obtenidos despues de golpear suavemente, con la mano, el instrumento. La desviación de la indicación producida por el golpe en ninguna de las observaciones realizadas podra exceder  $\pm \Delta$ .

## RESULTADOS

De acuerdo con lo mencionado anteriormente en este trabajo, se puede exponer como resultado la instalación del laboratorio de metrología, contando con las instalaciones básicas o por decir de otra forma, mínimas necesarias para la calibración de instrumentos de medición de las magnitudes de masa, presión y temperatura

### I. INSTALACION DEL LABORATORIO

En este capítulo, se encuentran recomendaciones que sirven como guía para el diseño, construcción, operación y organización de laboratorios estandar, sin llegar a ser obligatorias, ya que en nuestro país por ser éste un campo nuevo, no está totalmente reglamentado.

La Instruments Society of America (ISA) en su 23 conferencia de 1968 hizo una conferencia al documento "Recommended Environments for Standards Laboratories" de 1964 de la cual tomamos los siguientes parámetros, y que son los que más información proporcionan respecto a los requerimientos que un laboratorio de metrología debe cumplir para poder prestar sus servicios en la evaluación de un instrumento de medición.

Para poder determinar las condiciones ambientales con que debe contar un laboratorio va a estar en función del escalón al cual pertenece y que son tres:

Escalón 1. Este escalón tiene custodia de estándares nacionales y calibra estándares de bajo nivel por comparación con ellos.

Escalón 2. Todos los escalones entre el escalón 1 y el 3. Agencias típicas incluidas en este nivel son los laboratorios estándares de empresas, universidades, y laboratorios comerciales de calibración. En algunas ocasiones el laboratorio del escalón 2 es dividido en dos niveles, el superior (tipo 1), son calibrados con estándares del escalón 1. En general, los estándares en el nivel inferior, (tipo 2), son usados para calibrar estándares en el escalón 3.

Escalón 3. Es el nivel en el cual los instrumentos de medición son calibrados antes de ser usados por el usuario. Agencias típicas en este nivel son departamentos de prueba de producción en línea y departamentos de servicio de manufactura de instrumentos y la reparación y calibración fac de instrumentos usados, los estándares en este escalón pueden ser calibrados nuevamente con estándares del escalón 2.

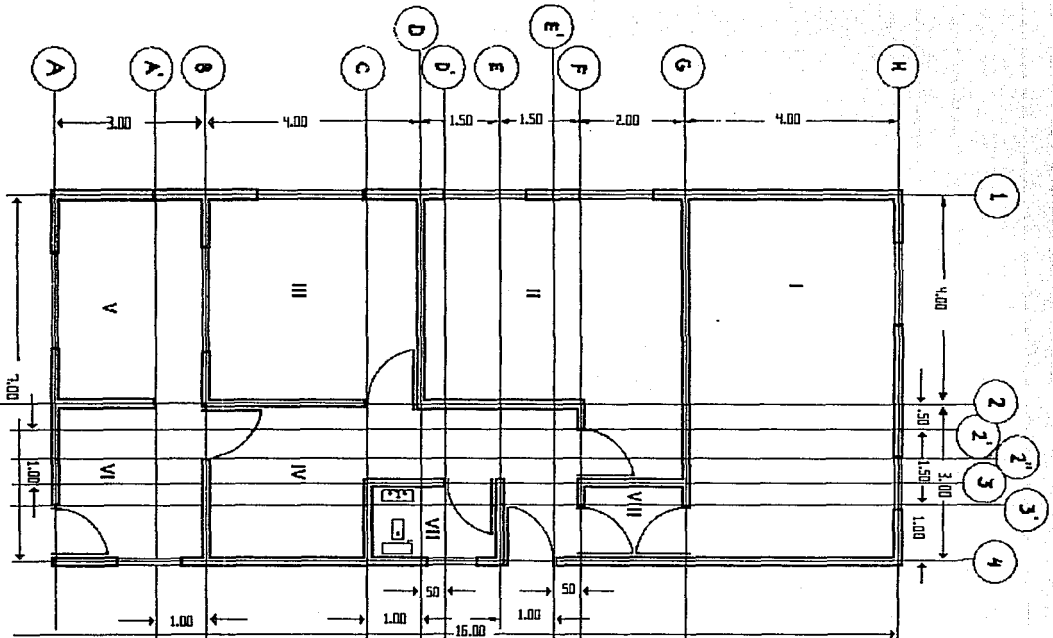
## A. Espacio Físico

El laboratorio que se quiere proyectar, caería dentro de los laboratorios del escalón 2, lo que permite que nuestro laboratorio tenga cierta flexibilidad en cuanto a sus características, siendo no tan rígidas, como lo serían para un escalón superior.

### 1. Distribución del espacio

El espacio va a ser distribuido de acuerdo con las áreas que se requieren para el mejor funcionamiento y aprovechamiento del espacio, en el plano 6.1, se da un plano piloto de la distribución probable para un laboratorio de metrología, teniendo sus áreas definidas.

- I. MASA Y PRESION
- II. TEMPERATURA
- III. OFICINA
- IV. BIBLIOTECA
- V. RECEPCION
- VI. RECEPCION
- VII. ESCLUSA O TRAMPA
- VIII. BAÑO

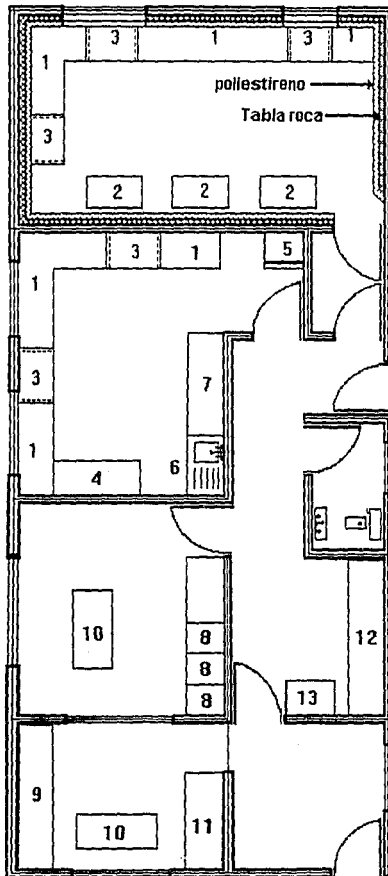


ESC. 1:75

PLANO 6.1



En el caso en particular de las áreas de masa y presión, se debe de realizar una modificación a las paredes durante su construcción para contar con un espacio más aislado y en mejores condiciones para la realización de las calibraciones; en el plano 6.2, se muestran las características con que deben de contar estas paredes.



PLANO 6.2

## 2. Condiciones ambientales

### a. Acústica

i) Aplicable a todo tipo de laboratorios. El máximo de ruido será de 75 decibeles.

### b. Conteo de partículas

i) Aplicable a laboratorios de masa, presión y temperatura. A menos de  $7 \times 10$  partículas mayores a  $1 \mu\text{m}$  por  $\text{m}^3$ . menos de  $4 \times 10$  partículas mayores de  $0.5 \mu\text{m}$  por  $\text{m}^3$ , no partículas mayores de  $50 \mu\text{m}$ .

### c. Campo magnético y eléctrico

i) Aplicable a laboratorios de Presión-vacío. Libre de objetos magnéticos. No necesitan requerimientos especiales, excepto para los instrumentos de medición electrónica los cuales serán protegidos localmente.

ii) Aplicable a laboratorios de Temperatura. Libre de objetos magnéticos. Campo de fuerza de radiación máxima de  $100 \mu\text{V}/\text{m}$ , con una resistencia de la tierra para corriente directa menor de  $2\Omega$  y una resistencia menor a  $5\Omega$  para tierra a corriente alterna.

### d. Presión del aire

i) Aplicable a todo tipo de laboratorios. Mantener una presión positiva de 10 pascales (newtons por  $\text{m}^2$ , (0.1 milibar), (0.05 pulgadas de agua) en el laboratorio.

### e. Iluminación

i) Aplicable a todo tipo de laboratorios. De 625 a 750 lux, (lumens por  $\text{m}^2$ ). Iluminación auxiliar localizada a nivel del banco.

### f. Humedad relativa

i) Aplicable a laboratorios de presión, masa y temperatura. Alrededor de 45% al 65% de humedad a una temperatura regulada de  $23^\circ\text{C}$ .

### g. Temperatura

i) Aplicable a laboratorios de presión y temperatura. De  $23^\circ\text{C} \pm 12^\circ\text{C}$ .

#### h. Vibración

i) Aplicable a laboratorios de Masa y Presion. Amplitud de desplazamiento máximo de 0.25 micrómetros (250 nm). (10 micro pulgadas) de 0.1 Hz, a 30 Hz.

ii) Aplicable a laboratorios de temperatura. No se especifican requerimientos.

#### i. Regulación de voltaje

i) Aplicable a todo tipo de laboratorios que emplean instrumentos de medición electronicos. El cambio máximo de voltaje promedio debe ser menor del 0.1%, con consideración de corriente de paso mínimo. El total del valor de rms de todos los armónicos será no mayor al 5% del fundamental, desde desde que el regulador está en vacío, hasta plena carga.

### **B. Equipo de Control**

#### **1. Acústico.**

El control se puede hacer por medio del tipo de proteccion que se ponga a puertas y ventanas y material de construccion.

#### **2. Partículas de polvo.**

Para el control de estas partículas, se hace indispensable la instalación de filtros de aire en las áreas de entrada de aire, y que a su vez pueden ser cuantificadas por medio de un equipo especializado como lo es el climet, que está diseñado para hacer precisamente el conteo de partículas.

#### **3. Campo magnético y eléctrico (protección)**

Este va a ser protegido por medio de una tierra fisica.

#### **4. Presión del aire.**

El control de la presion se puede realizar facilmente por medio de un manometro de presion diferencial.

#### **5. Iluminación.**

Para la iluminaci3n del laboratorio en general, se recomienda la instalaci3n de lamparas fluorescentes tipo SLIM LINE de 2 X 74 watts, y para

asegurar la cantidad adecuada, se hace el cálculo de luxes desde que se diseña la instalación eléctrica.

#### 6. Humedad relativa y temperatura.

Se hace necesario para el control de la humedad, la instalación de un humidificador en caso de ser necesario humedecer el ambiente, o bien de secadores para un caso inverso; el control de este parámetro, se puede llevar a cabo con la ayuda de un higrotermógrafo, el cual hace el control de las dos variables por medio de gráficas, al mismo tiempo y durante las 24 horas del día.

#### 7. Vibración.

Un método para la determinación de la vibración, es el sismógrafo.

#### 8. Regulación de voltage.

Este punto se contempla desde el diseño de la instalación eléctrica.

### C. Organización del Laboratorio

#### 1. Area de Temperatura.

- a. Area de trabajo de  $5 \times 4 \text{ m}^2$ .
- b. Corriente regulada de 110 Volts, 6 enchufes.
- c. Mobiliario:
  - i) Mesa para instrumentos y equipo con cubierta de formica, gabinetes de guarda y espacios de trabajo.
  - ii) Silla para laboratorio, para utilizar con la mesa de trabajo  $30 \times 30 \text{ cm}$  y 60 cm de altura del asiento.
  - iii) Mesita para el digidstrip,  $86 \times 52 \text{ cm}$  y 90 cm de alto, según diseño.
  - iv) Campana de guillotina para extracción de gases según diseño.
  - v) Anaqueles para la colocación de herramienta e instrumentos.
  - vi) Tarja para lavado de material y desechos líquidos.
  - vii) Refrigerador o congelador para la generación de hielo.

d. Equipo para calibración de termopares:

- i) Digistrip III, Kaye Instruments. 62 cm x 48 cm y 30 cm de altura.
- ii) Baño de Ice point reference, Kaye Instruments. 35 cm x 16 y 21 cm de altura.
- iii) Baño de temperatura HTR/150, Kaye Instruments. 38 cm x 22 cm y 40 cm de altura.
- iv) Baño de temperatura HTR/300, Kaye Instruments. 38 cm x 22 cm y 47 cm de altura.
- v) RTD/monitor, Kaye Instruments. 22 cm x 28 cm y 13 cm de alto.

e. Equipo para calibrar instrumentos de medición de temperatura:

- i) Baño de temperatura Liquitherm\*FV, Bohering Mannheim. 38 cm x 14 cm y 30 cm de altura.
- ii) Calibrador portátil Versa-Cal, Biddle. 28 cm x 20 cm y 15 cm de altura.
- iii) Multímetro, Fluke. 16 cm x 10 cm.
- iv) Termómetro de resistencia de platino (RTD), Kaye Instruments.
- v) Termopares tipo "T" y tipo "J", calibre 20 y 30.

## 2. Área de presión y temperatura

- a. Área de trabajo de 7 x 4 m<sup>2</sup>.
- b. Corriente regulada 110 volts, 6 enchufes.
- c. Línea de aire (para presión).
- d. Mobiliario:
  - i) Mesa para instrumentos y equipo con cubierta de formaica, gabinetes de guarda y espacios de trabajo.
  - ii) Sillas para laboratorio para la mesa de trabajo, 30 cm x 30 cm, y 60 cm de alto del asiento.

iii). Mesitas de estabilidad de 50 cm x 40 cm, con anclaje al piso, según diseño.

e. Equipo necesario para el área de presión:

i) Balanza de pesos muertos, DE WIT. 43 cm x 13 cm y 20 cm de altura, con pesas de acero inoxidable y una exactitud de  $\pm 0.03\%$  de 0.5 a 35 bar.

ii) Manómetro patrón clase 0.3, 0 a 10 kgf/cm<sup>2</sup> 1subdivisión 0.05 a 6.5 pulgadas de diámetro, DE WIT.

iii) Barómetro con columna de mercurio automática, incluye su propia bomba, independiente de servicios externos. La bomba de vacío produce 74 cm Hg (28" Hg) indicado en una escala doble, marca DE WIT.

iv) Equipo generador de presión y vacío "Air Cadet" vacuum and pressure station, Cole Parmer Instrument Company. 31 cm x 8cm y 24 cm de altura.

e. Equipo para medir presión diferencial "Microtector" de 0 a 50  $\mu$  A, Dwyer. 20 cm x 14 cm y 28 cm de altura.

v) Bomba comparativa de presión para comparar manómetros de uso estándar, con manómetros tipo patrón, para una posible calibración. El líquido en el cilindro es puesto a presión por medio de una manivela, de 0 a 75 bar. (0-1000 psi), marca DE WIT.

f. Equipo necesario para el área de masas:

i) Marcos de pesas paralelepípedas de 10 y 20 kg, certificadas.

ii) Marcos de pesas de 10 mg a 100 g, clase E22 1certificado.

iii) Marcos de pesas de 1g a 2kg, clase E22 1certificado.

iv) Marco de pesas de 10g a 4 kg, clase E22 1certificado.

### 3. Recepción.

- a. Escritorio metálico , cubierta volada, 3 cajones lado izquierdo y 2 al derecho de 1.52 m x 86 cm y 75 cm de altura.
- b. Silla secretarial alta, graduable, giratorio y asiento ajustable.
- c. Máquina de escribir.
- d. Cinco sillones para visitantes, fijos con brazos interiores de hule espuma de 62 cm x 63 cm y 83 cm de alto.
- e. Dos archiveros metalicos de 3 gavetas oficio de 50 cm x 70 cm y 1.07 m de altura.
- f. Dos enchufes para corriente regulada de 110 volts.

### 4. Oficina

- a. Escritorio cubierta no volada 3 cajones lado izquierdo y 2 al derecho de 1.52 m x 76 cm y 75 cm de altura.
- b. Sillón para escritorio no reclinable, con base de metal de 50 cm x 50 cm.
- c. Dos archiveros metalicos de 3 gavetas oficio de 50 cm x 70 cm y 1.07 m de altura.
- d. 3 enchufes de corriente regulada de 110 volts.

### 5. Biblioteca.

- a. Computadora.
- b. Impresora.
- c. Mesita para computadora e impresora 60 cm x 100 cm.
- d. Librero 3m x 50 cm de madera para colocar libros, articulos, carpetas y otros.
- e. 3 enchufes de corriente regulada de 110 volts.

## 6. Sanitario.

a. W.C.

b. Lavabo.

De acuerdo con la información proporcionada anteriormente, el esquema (6.2), nos muestra la distribución del mobiliario dentro del laboratorio, con la siguiente simbología:

1. mesas de trabajo (ver figura 6.3);
2. mesa libre de vibraciones (ver figura 6.4);
3. mesa escritorio (parte de la mesa de trabajo);
4. campana de guillotina para extracción de gases (ver figura 6.5);
5. refrigerador;
6. tarja con servicio de agua caliente y fría;
7. anaqueles;
8. archiveros metálicos;
9. anaqueles resguardo de equipo;
10. escritorio;
11. Mostrador de recepción de equipo;
12. librero;
13. mesa para computadora.



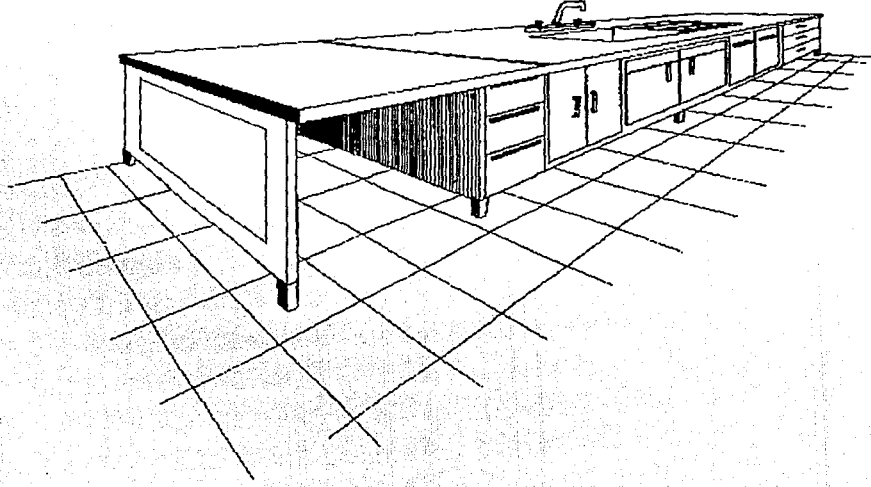
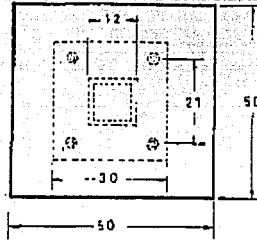


FIG. 6.3 MESA DE TRABAJO



COTAS EN CMS.  
ESC. 1:10  
MATERIAL. SAE 1020

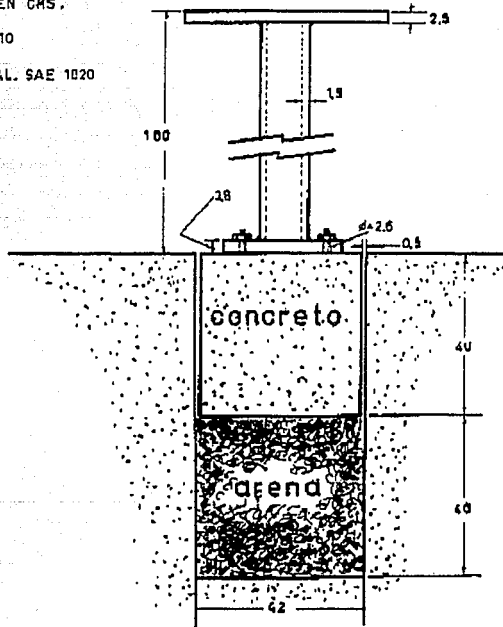


FIG. 6.4 MESA LIBRE DE VIBRACIONES

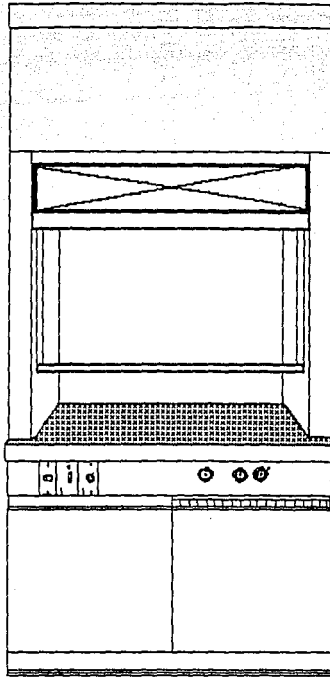


FIG. 6.5 CAMPANA DE GUILLOTINA

### **D. Organigramas**

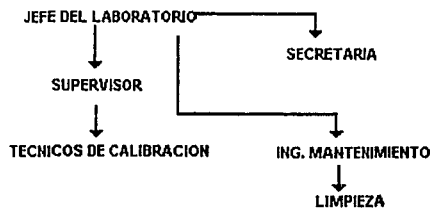
De acuerdo con las necesidades del laboratorio, damos a continuación, los organigramas tanto del personal que va a ser necesario, así como el proceso a seguir por el instrumento que va a ser calibrado.

#### **1. Personal necesario.**

Se recomienda contar con el siguiente personal en cuanto a cantidad y calidad en un principio, como personal básico, y organizado como se muestra también.

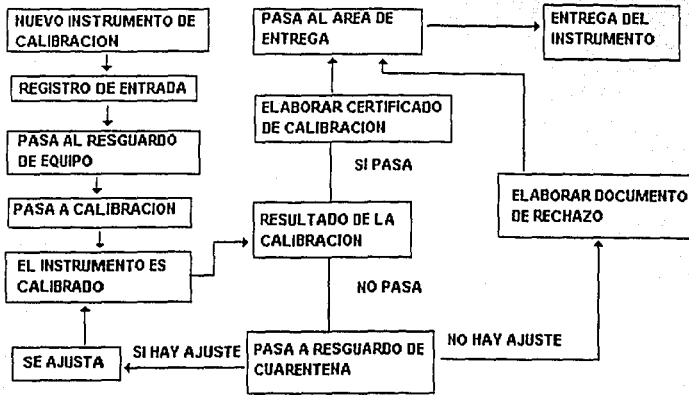
- Un Ingeniero electromecánico o equivalente en cuanto a conocimientos de metrología para ocupar la jefatura del laboratorio.

- Un profesionalista con conocimientos de metrología para ocupar la supervisión.
- Dos técnicos con conocimiento de metrología para realizar las calibraciones.
- Una secretaria que se ocupe de la recepción y elaboración de los documentos que sea necesario.
- Para el mantenimiento tanto del equipo como de las instalaciones, se hace necesaria la presencia de un Ingeniero con conocimiento en el área de mantenimiento como puede ser un Ingeniero Industrial u otro con conocimiento del área.
- Finalmente, se requiere de una persona que se encargue del aseo del laboratorio sin conocimiento específico, pero con una escolaridad mínima de primaria, que le permita leer las precauciones hacia el equipo y las áreas de trabajo, a fin de evitar un accidente.



**2. Proceso entrada - calibración - salida.**

En seguida se presenta un diagrama de flujo del paso por el laboratorio del instrumento a calibrar, el cual también deberá de contar con el control correspondiente.



**E. Hojas de certificación para calibración**

A continuación se proponen hojas de control que contienen la información mínima necesaria para llevar a cabo el control de un instrumento o equipo y que podrá ser cambiado de acuerdo con las necesidades del usuario

**Certificado de Calibración**  
**para sensores de Temperatura**

Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Zaragoza"

Laboratorio de Metrología y Calibración.

Sensores de Temperatura. Fecha \_\_\_\_\_

Solicitante \_\_\_\_\_

Equipo \_\_\_\_\_

No. de Calibración \_\_\_\_\_

Marca y Serie \_\_\_\_\_

Intervalo \_\_\_\_\_

División mínima \_\_\_\_\_

Intervalo de Calibración \_\_\_\_\_

Patrón de Referencia \_\_\_\_\_

Procedimiento de Calibración \_\_\_\_\_

Temperatura ambiente \_\_\_\_\_

	Resultados	
Termómetro Patrón	Termómetro a calibrar	Error
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Calibró

Supervisó

**Certificado de Calibración**  
**para instrumentos de medición de Masa**

Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Zaragoza"

Laboratorio de Metrología y Calibración.

Instrumentos de medición de Masa.

Fecha \_\_\_\_\_

Solicitante \_\_\_\_\_

Equipo \_\_\_\_\_

No. de Calibración \_\_\_\_\_

Marca y Serie \_\_\_\_\_

Alcance Máximo \_\_\_\_\_

División mínima \_\_\_\_\_

No. de Divisiones mínimas \_\_\_\_\_

Clase de Exactitud \_\_\_\_\_

Error Tolerado \_\_\_\_\_

Procedimiento de Calibración \_\_\_\_\_

Patrón utilizado \_\_\_\_\_

**Resultados**

Movilidad:

Valor Nominal: \_\_\_\_\_

Sin Carga

Con Carga

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fidelidad: \_\_\_\_\_

Valor Central \_\_\_\_\_

Valor Nominal \_\_\_\_\_

Sección 1 \_\_\_\_\_

Sección 3 \_\_\_\_\_

Sección 2 \_\_\_\_\_

Sección 4 \_\_\_\_\_

Prueba de Ascenso y Descenso

Puntos	Prueba1	Prueba2	Prueba3	Error Prom	Error Rel
0%					
10%					
20%					
30%					
40%					
50%					
60%					
70%					
80%					
90%					
100%					
90%					
80%					
70%					
60%					
50%					
40%					
30%					
20%					
10%					
0%					

Observaciones: \_\_\_\_\_

Calibró \_\_\_\_\_

Supervisó \_\_\_\_\_



**Certificado de Calibración**  
**para instrumentos de medición de Presión**

Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Zaragoza":

Laboratorio de Metrología y Calibración

Instrumentos de medición de Presión.

Fecha \_\_\_\_\_

Solicitante \_\_\_\_\_

Equipo \_\_\_\_\_

Marca y Serie \_\_\_\_\_

No. de Calibración \_\_\_\_\_

Alcance máximo \_\_\_\_\_

Division mínima \_\_\_\_\_

Clase de exactitud \_\_\_\_\_

**Resultados**

Lectura Patrón	Lectura Ascenso	Lectura Descenso	Error Abosoluto	Error Relativo
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Calibró

Supervisó

## F. Guía para Obtener la Autorización como Laboratorio de Prueba

Un laboratorio que pretenda ser reconocido como técnicamente competente, y quiera formar parte del Sistema Nacional de Calibración, deberá seguir los siguientes pasos y recomendaciones para obtener su autorización.

1. La persona que será el representante del laboratorio deberá presentar por escrito su evaluación al Departamento del Sistema Nacional de Calibración de la Dirección General de Normas.

2. Llenar una solicitud (formato SNC-2).

3. Cumplir con los lineamientos enmarcados en el formato SNC-D2. Este documento puede ser consultado sin problemas en la Dirección General de Normas (No se incluye debido a que se trata de un documento demasiado extenso).

4. Se realizará el estudio de la solicitud por parte del Sistema Nacional de Calibración y designará evaluadores.

5. Se comunica al laboratorio fecha y nombre de los evaluadores, así como una plática introductoria sobre el proceso de evaluación y el pago correspondiente.

6. Se realiza la evaluación por parte de los evaluadores asignados y el personal de del Sistema Nacional de Calibración, verificando los siguientes aspectos:

a. Organización y sistema administrativo del laboratorio.

b. Capacitación, entrenamiento y conocimiento del personal.

c. Método y procedimiento de calibración y medición utilizado para los servicios de calibración.

d. Instalación y condiciones generales (seguridad y condiciones ambientales).

e. Equipos e instrumentos utilizados para los servicios de calibración (Patrones de referencia y trabajo).

7. Una vez finalizada la evaluación, se hará una reunión con el personal del laboratorio para hacerles llegar sus observaciones.

8. Entregarán los observadores sus observaciones al Sistema Nacional de Calibración en un plazo de quince días, determinando si estas son críticas o no.

9. Una vez que se compruebe que el laboratorio solicitante cumple con los requisitos establecidos, la DGN otorgará el certificado en las magnitudes, intervalos e incertidumbres autorizadas para otorgar servicios metroológicos con respaldo oficial.

10. Una vez autorizado el laboratorio, se realizarán auditorías periódicamente por parte del Sistema Nacional de Calibración o de los evaluadores respectivamente.

11. Si durante la evaluación se encontró que el laboratorio tiene deficiencias críticas, éstas se harán llegar al laboratorio por escrito a fin de superarlas, y volver a ser evaluado posteriormente.

## **G. Bibliografía**

### **1. Dirección General de Normas**

- Guía para obtener la autorización como laboratorio de Metrología ante el Sistema Nacional de Calibración.
- Recomendación SNC-D-1-1988. Directrices y criterios de periodos de calibración uso y mantenimientos instrumentos de medición.
- Recomendación SNC-D-2-1989. Directrices para evaluar la competencia técnica de un laboratorio de metrología.
- Recomendación SNC-D-4-1989. Recomendación sobre la elaboración de un informe de calibración de un laboratorio de metrología.
- Recomendación SNC-D-7-1989. Autorización a personas físicas con respaldo oficial para realizar servicios de calibración.

### **2. International Standards Organization**

ISO GUIDE 25-1978(E). Guidelines for Assessing the Technical Competence of Testing Laboratories.

### **3. Instrument Society of America**

Recommended Enviroments for Standards Laboratories .1985.

## II INTERVALOS DE RECALIBRACIÓN

Principios para la determinación de intervalos de recalibración de equipo de medición usado en laboratorio.

### A. Introducción

Un aspecto importante de la operación eficiente de un sistema de calibración dentro de un laboratorio de pruebas es la determinación del máximo período entre calibraciones sucesivas de patrones de referencia y equipo de medición. Un gran número de factores influyen la frecuencia de recalibración y deben ser tomados en cuenta por el laboratorio de pruebas y por la autoridad acreditadora.

Los factores más importantes son:

- tipo de equipo;
- recomendaciones del fabricante;
- datos de tendencia obtenidos de registros de calibraciones previas;
- historia registrada de mantenimiento y servicio;
- extensión y severidad de uso;
- tendencia a desgaste y desajuste;
- frecuencia de verificación cruzada contra otros patrones de referencia;
- frecuencia y calidad de las verificaciones internas;
- condiciones ambientales;
- exactitud de mediciones buscada.

El costo de la calibración normalmente no puede ser ignorada al determinar los intervalos de recalibración y por tanto, eso puede ser un factor limitante. Es obvio que de todos estos factores mencionados una lista de intervalos de recalibración que puede ser usada universalmente no puede ser construida fácilmente. Es más útil presentar lineamientos sobre cómo pueden establecerse intervalos de recalibración, y luego revisarlos una vez que se haya establecido la calibración sobre una base rutinaria.

Hay dos criterios básicos y opuestos que requieren ser balanceados cuando se decida acerca de los intervalos de recalibración de cada instrumento de medición. Estos son:

- el riesgo de que un instrumento de medición salga de tolerancia cuando se usa, debe ser tan pequeño como sea posible.
- el costo anual de calibración debe mantenerse a un mínimo.

### **B. Elección de Intervalos de Recalibración**

La base de la decisión inicial para la determinación del intervalo de recalibración es invariablemente la llamada intuición ingenieril.

Alguien con experiencia de mediciones en general, o de los instrumentos a ser calibrados, en particular, y preferiblemente con conocimiento de los intervalos usados para otros laboratorios, hace un estimado para cada instrumento o grupo de instrumentos del intervalo de tiempo que es probable permanezca dentro de tolerancia después de la calibración.

Los factores a tomarse en cuenta son:

- la recomendación del fabricante del instrumento;
- extensión esperada y severidad de uso;
- la influencia del medio ambiente;
- la exactitud de medición buscada.

### **C. Métodos de Revisión de Intervalos de Recalibración**

Una vez que la calibración se ha establecido sobre una base rutinaria, es posible ajustar los intervalos de recalibración para optimizar el balance de riesgos y costos como se mencionó en la introducción. Probablemente se encontrará que los intervalos seleccionados inicialmente no están dando los resultados óptimos deseados; los instrumentos pueden ser menos confiables que lo esperado; el uso puede no ser como el anticipado; puede ser suficiente una calibración limitada de ciertos instrumentos en vez de una calibración completa; el desajuste determinado por las recalibraciones del instrumento puede mostrar que pueden ser posible intervalos de recalibración mas largos sin incrementar los riesgos y así por el estilo.

Se dispone de diversos métodos para revisar los intervalos de recalibración. Ellos difieren de acuerdo a cuando:

- Los instrumentos son tratados individualmente o por grupo (por fabricante o por tipo);
- los instrumentos se descalibran por desajuste con el tiempo o por el uso;
- se dispone de datos y la importancia es fijada a la historia de calibración de los instrumentos.

Ningún método es ideal para la gama completa de instrumentos encontrados. Además, debe notarse que el método elegido afectará cuando el laboratorio intente introducir mantenimiento planeado.

Puede haber otros factores que afecten la elección del método. El método elegido afectará la forma de los registros a ser mantenidos.

### 1. Método de "Caja de Escalera"

Este método también llamado de ajuste automático (tiempo - calendario) consiste en calibrar el instrumento cada cierto tiempo sobre una base de rutina, el siguiente intervalo es extendido si se encuentra dentro de tolerancia, o reducido si se encuentra fuera de tolerancia. Esta respuesta de "caja escalera" puede producir un ajuste rápido de intervalos y es fácilmente realizado. Cuando se mantienen registros y se usan, puede saberse cuando existen problemas con un grupo de instrumentos que requieran modificaciones técnicas o mantenimiento preventivo.

Una desventaja de sistemas que tratan a los instrumentos individualmente puede ser la dificultad de mantener la carga de calibración uniforme y balanceada; en virtud de requerir planeación avanzada y detallada.

### 2. Gráfica de Control

En la gráfica de control (tiempo-calendario) se eligen puntos de calibración significativos y los resultados se grafican contra el tiempo. De estas gráficas se calcula el desajuste y la dispersión, el desajuste es un desajuste medio en un intervalo de recalibración, o en el caso de instrumentos muy estables, el desajuste sobre varios intervalos. De estas cifras puede calcularse el intervalo óptimo.

Este método es difícil de aplicar, de hecho más difícil en el caso de instrumentos complicados y puede virtualmente sólo ser usado con procesado automático

de datos. Además del cálculo de la dispersión indicará si los límites de especificación del fabricante son razonables y el análisis del desajuste encontrado puede ayudar a indicar las causas del desajuste.

### 3. Tiempo en Uso

Esta es una variante de los métodos anteriores. El método básico permanece sin cambios, pero el intervalo de recalibración está dado en horas de uso, más que meses de calendario. Al instrumento se le fija un indicador de lapsos de tiempo, y es regresado a calibración cuando el indicador alcanza un valor especificado. Ejemplo de este tipo de instrumentos son los termopares, usados a temperaturas extremas. La ventaja teórica de este método es que el número de calibraciones realizadas y por consiguiente los costos de calibración varían directamente con el intervalo de tiempo que el instrumento es utilizado.

Además hay una verificación automática de la utilización del instrumento. Sin embargo, las desventajas prácticas son muchas e incluye:

- no puede usarse con instrumentos pasivos (por ejemplo: atenuadores) o patrones (resistencia);
- no debe usarse cuando se sepa que el instrumento se desajusta, o se deteriora por sí mismo, o durante el manejo.

### 4. Método de "Caja Negra"

La prueba de caja negra o verificación en servicio es una variante del método 1 y 2 y es adecuado particularmente para instrumentos complejos o consolas de prueba. Los parámetros críticos son verificados frecuentemente (una vez al día) o aún más a menudo por equipo de calibración portátil o preferiblemente por una "caja negra" con uso especialmente para verificar los parámetros seleccionados.

Si el instrumento es encontrado fuera de tolerancia por la "caja negra" se lleva para una calibración completa.

La gran ventaja de este método es que proporciona una máxima disponibilidad para el usuario del instrumento. Es muy adecuado para instrumentos geográficamente separados del laboratorio de calibración, puesto que una calibración completa se hace cuando se sabe que es necesaria. La dificultad está al decidir los parámetros críticos.



## 5. Aproximación Estadística

Cuando se van a calibrar grandes cantidades de instrumentos idénticos es decir grupos de instrumentos, los intervalos de recalibración pueden revisarse con la ayuda de métodos estadísticos.

## D. Bibliografía

- Organización Internacional de Metrología Legal

Documento Internacional No.10 "Principios para la Determinación de Intervalos de Recalibración de Equipo de Medición Usado en Laboratorio", 1984.

## CONCLUSIONES

Una vez terminado el desarrollo de éste trabajo, y tratando de no perder de vista el objetivo planteado, podemos concluir los siguientes puntos:

- Es posible desarrollar un laboratorio de metrología a nivel básico;
- Este laboratorio, aún siendo a nivel básico, puede prestar servicios de calibración tanto a la industria Farmacéutica, como cualquier rama de la industria que así lo solicite, siempre y cuando se cuente con el equipo necesario;
- Este trabajo también puede ser usado como un manual que puede ser introducido en los planes de estudio del Q. F. B.
- El laboratorio de metrología permitirá también calibra equipo interno del plantel ayudando a la obtención de resultados más confiables en la investigación y docencia, además de fomentar el desarrollo de recursos humanos más capacitados.
- la tendencia a la educación de acuerdo con el plan de Modernización para el Desarrollo, es el de autofinanciamiento, cumpliéndose con la ayuda de este laboratorio.

## **PROPUESTAS Y/O RECOMENDACIONES**

- Se plantea la necesidad de un estudio económico para determinar el costo del Laboratorio y la rentabilidad del mismo
- Aparte de la calibración de los instrumentos y el control de estos que realiza la Dirección General de Normas, se recomienda llevar una bitácora que permita tener el control interno de instrumentos y equipos.
- Es recomendable que en algún trabajo posterior si se llega a realizar, se consideren manuales y procedimientos de seguridad dentro del laboratorio.