

21



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“DESARROLLO DEL SISTEMA DE CALIDAD PARA EVALUAR
LOS PROCEDIMIENTOS QUE INVOLUCRAN LA CALIBRA-
CION DE INSTRUMENTOS MEDIDORES DE TEMPERATURA
Y PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO PARA UN EQUIPO DE
REFERENCIA QUE APOYE LA CALIBRACION”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL
AREA ELECTRONICA

PRESENTAN:

LAURA ANGELICA COLIN VILLEDAS
JAIME MONTIEL ARELLANO



DIRECTOR: ING. FRANCISCO RODRIGUEZ RODRIGUEZ

MEXICO, D.F. A 16 DE AGOSTO DEL 2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

1977 1978 1979 1980
SALA DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL

En memoria a un Hombre Maravilloso:

Que me formo y oriento para lograr ser la persona que soy, mi PADRE.

A mi Familia por creer que algún día me titularía.

Y a todos las personas que colaboraron en la realización de este trabajo.

¡GRACIAS!

Jaime Montiel Arrellano

A mis padres y hermanos, con todo mi cariño y admiración:

Esta es una meta más que logro gracias al apoyo recibido y las palabras de aliento que siempre me dan fuerza para seguir adelante.

También un especial agradecimiento a ti Jimmy, por toda la comprensión, cariño y dedicación para lograr juntos este sueño.

Y gracias a ti Señor que haces posible todas las cosas.

Laura Angélica

Colín Villedas

INDICE

Prólogo	i
Introducción	ii
I. Marco teórico	
1.1 ¿Qué es medir?	2
1.2 Concepto de Temperatura	2
1.3 Escalas de Temperatura	2
1.4 Métodos electrónicos en medición de temperatura	5
II. Principio de funcionamiento de los sistemas de medición en temperatura.	
2.1 Principio de funcionamiento del termopar y RTD (Efecto Seebeck)	12
2.2 Principio de funcionamiento del Block seco (Efecto Peltier)	14
2.3 Partes que compone un baño líquido	16
III. Análisis de un sistema de realimentación	
3.1 Sistemas de realimentación	21
3.2 Sistemas en lazo abierto y cerrado	22
3.3 Realimentación negativa	25
3.4 Efectos de la realimentación negativa	25
3.5 Realimentación positiva	26
3.6 Circuitos realimentados	27
3.7 Análisis del circuito electrónico de acondicionamiento	31

IV. Criterios de Acreditación Aplicables a la Metrología y como Aplica al Caso Industrial.

4.1 Ley Federal sobre Metrología y Normalización	36
4.2 Introducción al Sistema Nacional de Calibración	37
4.3 Condiciones para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración SNC-01	37
4.4 Requisitos generales para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración SNC-02	40
4.5 Laboratorios de Calibración Solicitud para el Acreditamiento SNC-03	43

V. Caso práctico

5.1 Introducción	46
5.2 Desarrollo del Manual de Calidad para la Acreditación por la Dirección General de Normas en el área de Temperatura.	46
5.3 Desarrollo para el servicio de calibración a la Industria	51
5.3.1 Calibración y Cadena de Trazabilidad	51
5.3.2 Procedimiento de Calibración	52
5.3.3 Conservación de los patrones	54
5.3.4 Documentos de Control de datos	56
5.3.4.1 Bitácora	57
5.3.4.2 Hoja de Calculo y Reporte de Incertidumbres	58
5.3.4.3 Informe de Calibración.	62
5.4 Desarrollo del diseño de un equipo para la calibración en instrumentos indicadores de temperatura.	64
5.4.1 Conceptualización del diseño	64
5.4.2 Planteamiento del Problema	64
5.4.3 Metodología del diseño.	64
5.4.4 Diagrama	66
5.4.5 Selección de la tecnología.	67
5.4.6 Análisis	71

VI. Conclusiones	75
------------------	----

VII. Bibliografía	78
-------------------	----

PROLOGO

El fin de la presente tesis es realizar el estudio del sistema de calidad y procedimientos de calibración en la empresa Nicolas, Sven, Pacheco y Andresen, S.A de C.V y propuesta del diseño de un equipo para calibrar instrumentos de medición de temperatura y de esta manera se reúne la información requerida para poder trabajar como Laboratorio Secundario avalado por el Sistema Nacional de Calibración.

El sistema de Calidad se documenta y se crea el Manual de Calidad, indicando los procedimientos para la calibración de los equipos.

Siendo de vital importancia para los laboratorios de calibración, acreditarse para poder asegurar la calidad de calibración y ajuste en los equipos de medición en temperatura.

Un Manual de Calidad esta basado en normas Internacionales ISO 9000 así como nacionales, sirve como requisito indispensable para la adopción y acreditación de dichos estándares.

Por otro lado se presenta el funcionamiento de los instrumentos de medición en Temperatura adquiriendo las bases necesarias para el desarrollo de la propuesta del diseño. Tales como Termopar, Block seco, Baño circulatorio; que son equipos utilizados por el Laboratorio para la realización de las calibraciones en los equipos medidores de temperatura montados en las máquinas utilizadas en la fabricación de productos, las cuales requieren de confiabilidad de medición en los indicadores.

INTRODUCCION

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos, son procesos muy variados y abarcan muchos tipos de productos como: la fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria farmacéutica, la industria cerámica, las centrales generadoras de energía, la siderurgia, los tratamientos térmicos, la industria papelera, la industria textil, etc.

En todos los procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, etc. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar.

El operador llevaba a cabo un control manual de estas variables utilizando instrumentos como, manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc. Sin embargo la gradual complejidad que con estos se ha ido desarrollando exige su automatización por medio de los instrumentos de medición y control.

OBJETIVO

Desarrollo del sistema de calidad para evaluar los procedimientos establecidos que controlan las actividades involucradas en la calibración de instrumentos medidores de Temperatura así como plantear el diseño para un equipo de referencia que apoye la calibración.

I. Marco Teórico

1.1 ¿Qué es Medir?

1.2 Concepto de Temperatura

1.3 Escalas de Temperatura

1.4 Métodos Electrónicos en Medición de Temperatura

Introducción

En la presente tesis se desarrolla un método para asegurar la medición de temperatura en equipos de la Industria Farmacéutica por medio de equipos electrónicos basados en elementos de censado. Para comprender en forma más clara el desarrollo, es importante trabajar con algunos conceptos y terminologías que sirven como base fundamental para una mejor comprensión en el manejo de los instrumentos de calibración, así como de los equipos auxiliares.

1.1 ¿ Qué es Medir?

Medir alguna variable física significa compararla con respecto a un valor fijo establecido como patrón.¹

Patrón: Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o una o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

1.2 Concepto de Temperatura

El concepto de temperatura es un tanto complicado debido a las discrepancias que existen al dar la definición de distintos autores, sin embargo, para los fines de esta tesis se retomaron tres conceptos para la explicación de temperatura.

Definición1.- Propiedad que determina si dos o más sustancias están en equilibrio térmico.

Definición2.- La temperatura es una magnitud que permite expresar el grado de calentamiento o enfriamiento de magnitud física que caracteriza el grado de calor de un objeto y proporciona la sensación los cuerpos.

Definición3.- La temperatura es una de calor y de frío. Es una noción expresada por medio de un valor numérico que aumenta cuando se calienta un cuerpo al aplicarle energía y disminuye cuando se enfría.

1.3 Escalas de Temperatura

Entre las escalas más comunes para la medición de temperatura se tienen Celsius, Fahrenheit, Kelvin,

¹ Stanley Wolf, Instrumentación Electrónica

Celsius, Fahrenheit

Dos escalas de temperatura son la escala de temperatura Fahrenheit y la escala Celsius, nombrados en honor de quienes la crearon².

Entre los puntos fijos de congelación y de vaporización, hay 100 grados en la escala Celsius y 180 grados en la escala Fahrenheit.

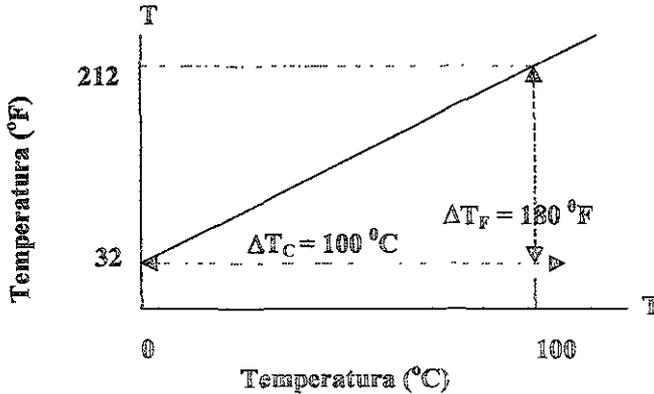


Figura 1.1

Si graficamos la temperatura Fahrenheit contra temperatura Celsius se genera una línea recta de la forma general $Y = mx + b$, en donde $T_F = 9/5 T_C + 32$.

Los puntos de congelación y vaporización corresponden a los valores de 32°F y 212°F respectivamente, en la escala Fahrenheit, y a 0°C y 100°C en la escala Celsius. En la escala Fahrenheit hay 180 intervalos, o grados ($^\circ\text{F}$), entre los dos puntos de referencia; en la escala Celsius, hay 100 ($^\circ\text{C}$). Por consiguiente, un grado Celsius es mayor que un grado Fahrenheit; dado que $180/100 = 9/5 = 1.8$. Es casi del doble.

Se puede obtener una relación para convertir una medida entre las dos escalas, a partir de una gráfica de temperatura Fahrenheit (T_F) contra temperatura Celsius (T_C), como se muestra en la figura 1.1

² Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), científico alemán, fabricante de instrumentos y Andrés Celsius (1701-1744), astrónomo sueco

La ecuación de la recta (en su forma general pendiente-ordenada al origen):

$Y = mx + b$ es:

$$T_F = 1.8 T_C + 32$$

La ecuación se puede resolver para T_C a fin de convertir de Fahrenheit a Celsius.

$$T_C = 5/9 (T_F - 32)$$

Los termómetros que utilizan líquido en vidrio son adecuados para muchas mediciones de temperatura, pero cuando se necesitan determinaciones muy exactas surgen problemas.

Cuando se calibran con los puntos de congelación y ebullición, un termómetro de alcohol y uno de mercurio dan las mismas lecturas en estos puntos. Pero debido a sus propiedades de expansión diferentes, los termómetros no ofrecen exactamente la misma lectura para temperaturas intermedias. Para determinar la medición con precisión, se debe utilizar otro tipo de termómetros (termopares, placas bimetales, detectores de temperatura resistivos, termistores, etc.).

Kelvin

Una gráfica de presión contra temperatura, en este caso, genera una recta, como se puede ver en la Figura 1.2.

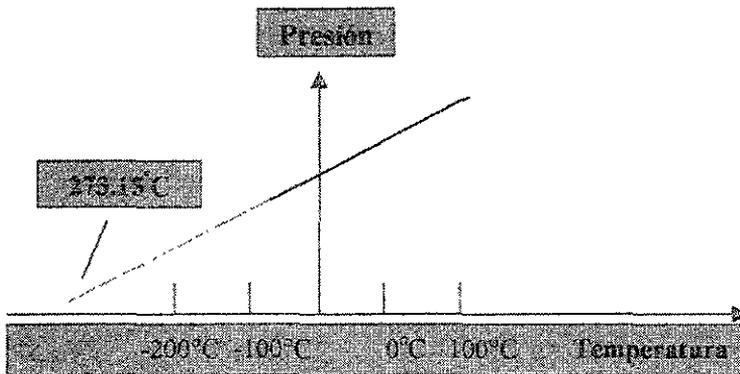


Figura 1.2

La temperatura absoluta mínima para un gas ideal se puede deducir por la extrapolación, o prolongado la recta hasta el eje horizontal. Se ha encontrado que esta temperatura es -273.15°C y se designa como el **cero absoluto**. El cero absoluto es la base de temperatura Kelvin, nombrada así en honor del científico británico Lord Kelvin³.

La Figura 1.3. muestra la equivalencia entre las dos escalas.

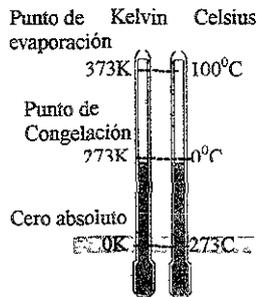


Figura 1.3

1.4 Métodos Electrónicos en Medición de Temperatura

Introducción.

La mayoría de las mediciones eléctricas se realizan mediante circuitos de algún tipo de puente. En estos se incluyen los puentes de Wheastone, los puentes de inductancia y de capacitancia, los potenciómetros y variaciones de estos. Algunos operan con corriente directa, otros con alterna. Algunos de estos aparatos utilizan ambas, por ejemplo, miden la corriente directa de un termopar, pero transforman el desbalance del circuito en corriente alterna para la amplificación y operación de los mecanismos de balanceo, sin embargo las ventajas particulares que ofrece el uso de la electrónica en las mediciones da mayor velocidad de respuesta, convierten a los equipos más versátiles y de fácil aplicación, así como el de poder adaptarse a condiciones difíciles de medición.

Los instrumentos electrónicos pueden utilizarse para la medición de funciones del tiempo que varían rápidamente, donde un sistema mecánico sería completamente inadecuado.

³ Lord Kelvin, desarrolló dispositivos para mejorar la telegrafía y la brújula y trabajó en el tendido del primer cable trasatlántico. Se dice que cuando se convirtió en Lord, consideró Lord Cable o Lord Compass (Lord Cable o Lord brújula) para su título, pero se decidió por lord Kelvina, por el río que corre cerca de la Universidad de Glasgow en Escocia, donde fue profesor de física durante 50 años

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, la velocidad de captación de la temperatura, la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesario.

Se usa una gran variedad de sensores para medir temperatura. Convierten directamente la temperatura en una señal eléctrica, la cual por medio de un dispositivo auxiliar se amplifica esa señal para representarlo en algún indicador como un display o un graficador.

Sensor: es el primer elemento en un sistema de medida que toma información sobre las variables que están siendo medidas y las transforma en una lectura legible.

Los sensores de temperatura más comunes son:

1. Placas bimetálicas
2. Termopares
3. Detectores de temperatura resistivos (RTD)
4. Termistores

Placa Bimetálica

La Placa Bimetálica se fabrica con dos placas de metales diferentes soldados entre sí. Debido a la diferencia en los coeficientes de dilatación térmica de los dos metales, un calentamiento de la banda entera hará que uno de los metales se dilate más que el otro. Como las bandas están soldadas entre sí, la placa compuesta se doblará en la dirección del metal que se expanda menos. La cantidad de deflexión es directamente proporcional al cambio de temperatura.

Las placas bimetálicas se usan con más frecuencia como dispositivos de control que como dispositivos indicadores de temperatura. En este campo de la Industria Farmacéutica es muy común usarlas como termostatos que controlan los interruptores de encendido y apagado de los hornos de calentamiento.

Termopares

El funcionamiento de los termopares se basa en el principio físico de que si se unen dos alambres de metales diferentes y el punto de unión se calienta o se enfría, aparece una diferencia de voltaje entre los dos extremos no calentados o enfriados. Este principio (que se llama el efecto Seebeck) fue descubierto en 1821 por T.J Seebeck. La magnitud de la diferencia de voltaje que resulta del efecto Seebeck es bastante pequeña (del orden de milivolts). Sin embargo, la diferencia de voltaje es directamente proporcional a la diferencia de temperatura que existe entre la unión caliente y los extremos fríos.

Las combinaciones de metales más empleadas para fabricar los termopares son las siguientes: hierro, constatan, cromel-alumel (aleaciones de níquel y cromo, y de aluminio y níquel respectivamente), platino y platino-rodio.

Para presentar una idea más clara se presenta la siguiente tabla de combinaciones.

ALGUNOS TERMOPARES COMUNES

Materiales de unión	Rango típico De Temperatura de aplicación (°C)	Variación del voltaje en el rango (mV)
Platino 6% rodio/platino 30% rodio	38 a 1800	13.6
Tungsteno 5% renio/tungsteno 26% renio	0 a 2300	37.0
Cromel/constatan	0 a 982	75.0
Hierro/constatan	-184 a 760	50.0
Cromel/alumel	-184 a 1260	56.0
Platino/platino 13% rodio	0 a 1593	18.7
Platino/platino 10% rodio	0 a 1538	16.0
Cobre/constatan	-184 a 400	26.0

Tabla 1.1

En la siguiente tabla se presenta una lista de los colores estándar empleados para los aislamientos de termopares. El conductor negativo es totalmente rojo, o rojo con una línea del color del conductor positivo.

CODIGO DE COLOR DE CONDUCTORES DE TERMOPARES

Tipo	Color del conductor Positivo	Color del conductor Negativo	Aislamiento general
E	Púrpura	Rojo-línea púrpura	Púrpura
J	Blanco	Rojo-línea blanca	Negro
K	Amarillo	Rojo-línea amarilla	Amarillo
K	Verde	Rojo-línea verde	Blanco
R o S	Negro	Rojo-línea negra	Verde

Tabla 1.2

Detectores de Temperatura Resistivos (RTD)

En 1821, Sir Humphrey Davy describió que los metales cambian el valor de su resistencia con la temperatura. Casi 50 años después, Sir William Siemens sugirió el empleo de platino como el elemento para un termómetro de resistencia. El platino se emplea todavía para termómetros de resistencia de gran exactitud. El cambio en la resistencia de un metal hace posible medir la temperatura midiendo el cambio en la resistencia de un elemento a través del cual fluye corriente. El RTD es un dispositivo cuyo funcionamiento se basa en ese efecto. El detector de temperatura resistivo de platino (PRTD) se emplea hoy en día como un patrón de interpolación (punto de referencia) a partir del punto de ebullición del oxígeno (-182.962°C) hasta el punto de ebullición del antimonio (630.74°C). La construcción clásica de un RTD consiste en una bobina de alambre delgado de cobre, níquel o platino fija a un soporte. Esta configuración del dispositivo la propuso C.H. Meyers en 1932.

Para el ambiente industrial, el elemento medidor consiste en un devanado alrededor de un carrete de cerámica que está encapsulado en una cubierta de vidrio fundido. El coeficiente de expansión del carrete y del elemento medidor debe igualarse con exactitud para evitar cambios en la resistencia inducidos por las deformaciones. Como se observa en la Figura 1.4.

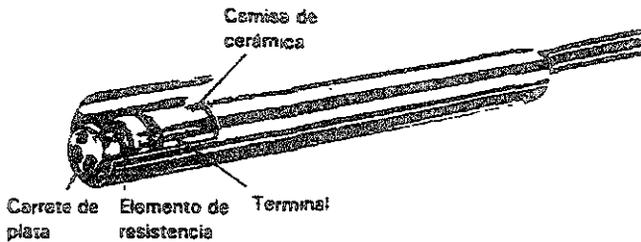


Figura 1.4

El tubo que rodea el elemento de medición se fabrica con un material de alta conductibilidad térmica para permitir una respuesta rápida a los cambios de temperatura. También se emplean RTD de película metálica en los medios industriales. Estos se fabrican depositando una película delgada sobre un sustrato de cerámica. A continuación se graba un patrón en esta película y se recorta con rayos láser para obtener un valor exacto de resistencia.

Para trabajos a muy baja temperatura (menos de 223°C) se emplean resistencias de carbón. Cuando se necesita bajo costo se emplea cobre y níquel. El valor de la resistencia de los RTD puede ser desde 10 ohms para modelos de jaula hasta varios miles de ohms para los dispositivos de película metálica. Sin embargo, el valor que más se acostumbra es 100 ohms a 25°C .

Por último, cualquier cambio en el metal, por ejemplo de platino a cobre; puede originar corrimientos de fem que necesiten compensación.

La tabla 1.3 compara los rangos de temperatura y los coeficientes de temperatura de la resistividad de los materiales más empleados para los RTD.

PROPIEDADES TÍPICAS DE LOS DETECTORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS.

Material	Rango de temperatura (°C)	Porcentaje de resistividad para ese material a 25° C
Platino	-200 a + 850	0.39
Níquel	-80 a + 320	0.67
Cobre	-200 a + 260	0.38
Níquel-hierro	-200 a + 200	0.46

Tabla 1.3

Termistores

Los termistores son dispositivos que también miden la temperatura mediante un cambio de resistencia. Sin embargo, la resistencia de los materiales de los cuales están hechos los termistores decrece al aumentar la temperatura desde aproximadamente -100°C hasta $+300^{\circ}\text{C}$.

En algunos termistores, la disminución de la resistencia es hasta del 6% por cada $^{\circ}\text{C}$ de cambio de temperatura (aunque los cambios de uno por ciento son más usuales).

La disminución en la resistencia que se presenta en los termistores involucra las propiedades del enlace químico de los electrones en los materiales semiconductores. En esos materiales los electrones de valencia están asegurados en enlaces covalentes⁴ con sus vecinos. Cuando aumenta la temperatura del termistor, las vibraciones térmicas de sus átomos rompen algunos de esos enlaces y liberan electrones. Como los electrones ya no están ligados a átomos específicos en la red, son capaces de responder a campos eléctricos aplicados al moverse a través del material.

Esos electrones en movimiento se suman a la corriente en el semiconductor y el material parece tener menor resistencia.

Como el cambio de resistencia por grado de temperatura de los termistores es tan grande, pueden dar buena exactitud y resolución cuando se emplean para medir temperaturas entre -100°C y $+300^{\circ}\text{C}$.

⁴ Un enlace covalente es aquel que se presenta entre los átomos que comparten un par de electrones.

II. Principios de Funcionamiento de los Sistemas de Medición de Temperatura

2.1 Principio de Funcionamiento del Termopar y RTD

Efecto Seebeck

2.2 Principio de Funcionamiento de Block Seco

Efecto Peltier

2.3 Partes que Componen un Baño Líquido

2.1 Principio de Funcionamiento del Termopar

Los termopares son los sensores de temperatura de uso más común en la industria. Entre sus características son:

- Simplicidad
- Rigidez
- Bajo costo
- Tamaño físico pequeño
- Intervalo de medición de temperatura grande (desde alrededor de $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Facilidad de medición

Estas propiedades los hacen muy convenientes para mediciones multipunto de temperatura, monitoreo y para una enorme variedad de aplicaciones industriales, tecnológicas y científicas.

Efecto Seebeck

Cuando las terminales de dos conductores se unen por sus extremos para formar un circuito, y se aplica un gradiente de temperatura, se manifiesta un flujo de calor y un flujo de electrones conocido como corriente Seebeck. La fuerza electromotriz (fem) que genera la corriente se conoce como la fem de termopar o la tensión Seebeck.

La fem de termopar será diferente para distintos pares de materiales y aún para el mismo par en diferentes condiciones físicas.

Para entender el efecto termoelectrónico podemos imaginarnos un metal cuyos átomos se hallan rodeados de un gas de electrones libres; dichos electrones se moverán impulsados ya sea por la presencia de gradientes eléctricos, magnéticos o térmicos, como el resultado del gradiente de temperatura en el conductor. Los electrones en el extremo caliente se difunden hacia el extremo frío, cediendo en el proceso, parte de su energía térmica a la red. Este es el proceso de conducción térmica.

En la Figura 2.1 se muestra un Termopar digital con sensor

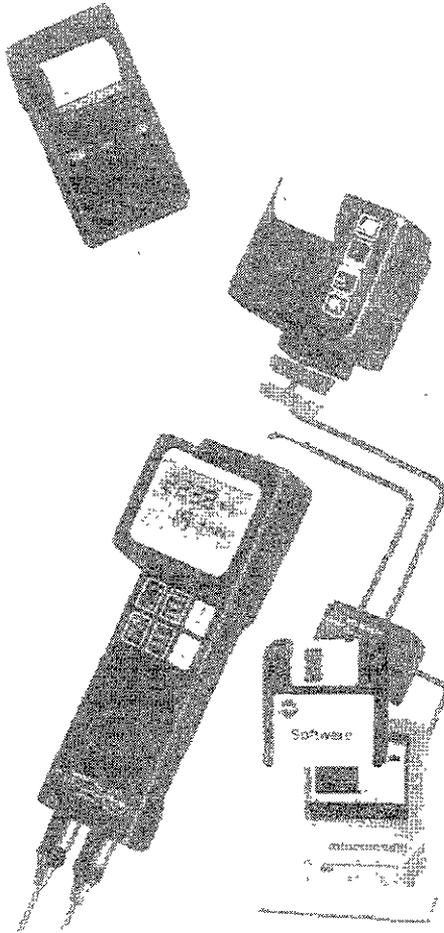


Figura 2.1

2.2 Principio de Funcionamiento de Block Seco

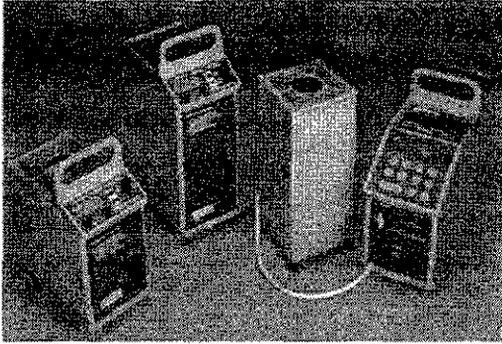


Figura 2.2

Este equipo está diseñado para calibrar termopares, termistores, RTD's. Su campo de trabajo es:

Industria Farmacéutica

Industria Alimenticia y de Bebidas

Refrigeración

Efecto Peltier

Jean C.A. Peltier en 1834 realizó investigaciones en torno a la termoelectricidad. Demostró que cuando una corriente pasa a través de la unión de dos metales diferentes, ocurre una liberación o absorción de calor, que depende de la dirección del flujo de la corriente. Este efecto llamado en su honor efecto Peltier, ha encontrado bastante aplicación en nuestros días y sirve de base a varios dispositivos de calentamiento y enfriamiento. La acción como la describió Peltier establece que si una corriente (I) está fluyendo en el circuito, la temperatura (t_1) de la unión se incrementará mientras que la temperatura (t_2) de la otra unión disminuirá.

La cantidad de calor que se libera o se absorbe es una función de los dos metales y la cantidad de corriente que circula en el circuito

En la Figura 2.3 se muestra este efecto.

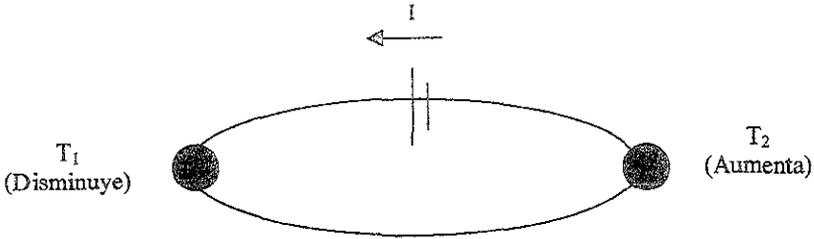


Figura 2.3

Diagrama de un Block Seco

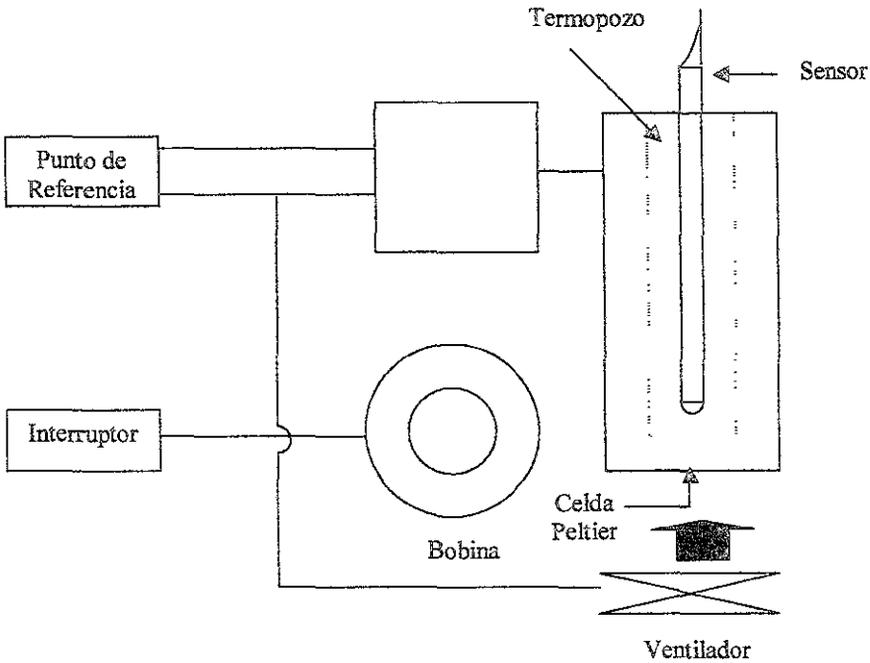


Figura 2.4

La Figura 2.4 muestra el conjunto de elementos principales que componen un Block Seco. Cuando se calibra un instrumento tomando como patrón de referencia el Block Seco, se enciende el aparato en el primer punto dando el valor de una temperatura fija como punto de referencia para que se vaya comparando la temperatura del termopozo con la del instrumento calibrado y así sucesivamente con los demás puntos a calibrar. El termopozo es el lugar donde se introduce el instrumento a calibrar.

Las celdas Peltier son las encargadas de rodear al termopozo para elevar y/o disminuir la temperatura por medio de corrientes eléctricas. Conforme circula la corriente que fluye de la bobina hacia las celdas Peltier, se va incrementando la temperatura en el termopozo y ésta es recibida en el circuito sensor de temperatura para comparar el valor sentido con el valor que se estableció en el Set-Point como punto de referencia, si los valores no son iguales, el circuito manda una señal para reactivar la bobina y que genere nuevamente una corriente para volver a aumentar la temperatura de las celdas Peltier. Llega un momento en que pudiera aumentar la temperatura del termopozo en pequeñas proporciones comparada con la de referencia, cuando sucede esto, el circuito sensor activa el ventilador para disminuirla un poco. El proceso continúa hasta que el circuito sensor detecte la temperatura del termopozo igual a la del punto de referencia que es la deseada.

2.3 Partes Principales que Componen un Baño Líquido:

Pozo del líquido: este contiene líquido de transferencia de calor y se elige dependiendo del intervalo de temperatura donde se debe trabajar. El material con el que se construye se selecciona de acuerdo a las propiedades del líquido y usualmente se utiliza acero inoxidable para la mayoría de los líquidos. Las dimensiones se dan de acuerdo a las necesidades y diseño del baño.

Es importante mencionar que este pozo se debe aislar térmicamente para evitar pérdidas de calor por el efecto del ambiente externo, en algunas ocasiones es práctico utilizar fibra de vidrio.

Agitador: La función de este es distribuir uniformemente la temperatura en todo el líquido, la velocidad de agitación debe ser tal que no genere zonas muertas ni tampoco derrame del líquido.

Calentador: Los calentadores generalmente son resistencias eléctricas conectadas a un termostato, el cual les permite regular la potencia de calentamiento. Dependiendo del diseño estos pueden colocarse directamente en el pozo haciendo contacto con el líquido o en otras ocasiones estos se colocan en la parte externa.

Punta de prueba: La parte de prueba es un sensor que nos indicará la temperatura del baño y que forma parte del control de temperatura, esta puede ser de distintos tipos, termistor, RTD o un termopar.

Refrigeración: Algunos baños (principalmente aquellos que trabajan a bajas temperaturas, abajo de 0 °C) tienen un sistema de refrigeración, este generalmente opera con un compresor y algún refrigerante, como puede ser freón.

Líquido: Como se dijo antes, el líquido de trabajo, se selecciona de acuerdo al intervalo que se desea trabajar, se puede utilizar agua destilada en el intervalo de 5 a 90 °C, algún tipo de aceite en el intervalo de 40 a 300 °C ó algunas sales para trabajar de 150 a 500 °C, para bajas temperaturas se puede utilizar metanol para llegar hasta -90 °C.

Diagrama de un Baño Líquido

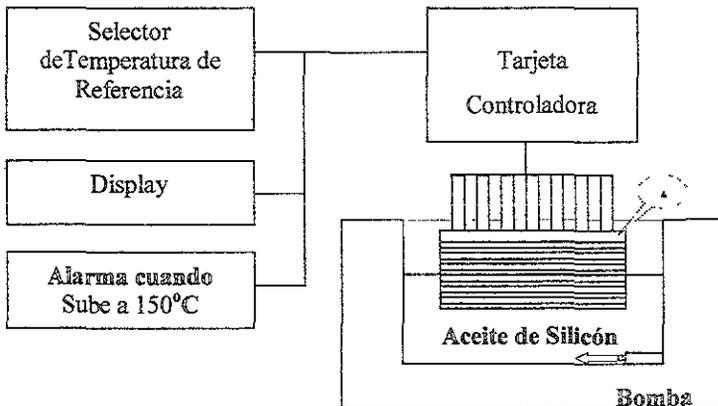
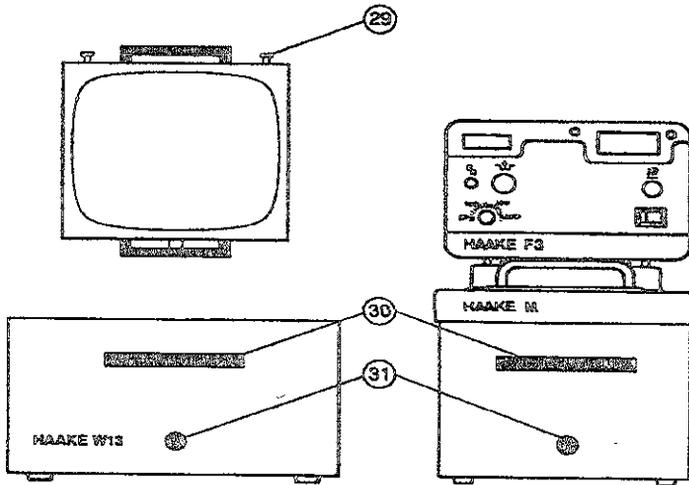


Figura 2.5

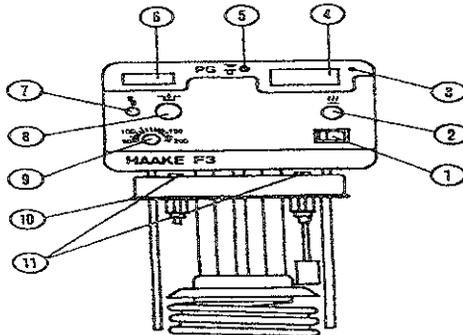
Cuando se realizan calibraciones por comparación, generalmente se utilizan baños líquidos para realizarlas, esto es especialmente importante cuando se trabaja con termómetros de líquido en vidrio ya que estos requieren de un medio con el cual puedan tener un adecuado contacto térmico, y les permita tener un tiempo de respuesta rápido. Esto es válido para todos los termómetros de contacto.

A continuación se presentan los esquemas del instrumento de referencia baño circulatorio en diferentes perfiles, señalando sus partes.



- 29 Puente de baño
- 30 Agarraderas
- 31 Drenado

Figura 2.6



1. Interruptores principales con luz (verde)
2. Control de luz para el calentador (amarillo)
3. Potenciómetro para temperatura con ajuste fino
4. Interruptor digital para reinicialización del equipo.
5. Switch (interno / externo)
6. Pantalla de temperatura
7. Interruptor de inicialización
8. Indicador de mal funcionamiento (rojo)
9. Limitador de exceso de temperatura
10. Junta lateral
11. Desarmador con pinzas

Figura 2.7

III. Análisis de un Sistema de Realimentación

- 3.1 Sistemas de realimentación.
- 3.2 Sistemas en lazo abierto y cerrado.
- 3.3 Realimentación negativa.
- 3.4 Efectos de la realimentación negativa.
- 3.5 Realimentación positiva.
- 3.6 Circuitos realimentados.
- 3.7 Análisis del circuito electrónico de acondicionamiento.

3.1 Sistemas de realimentación

Un sistema de realimentación es aquel en el cual parte de la salida se combina con la entrada. Los sistemas de realimentación (también conocidos como sistemas de realimentación degenerativa) pueden ser de dos tipos: sistemas de realimentación positiva y sistemas de realimentación negativa.

Los sistemas de realimentación negativa tienen la característica de que la realimentación tiende a reducir la entrada al camino directo.

En los sistemas de realimentación positiva la realimentación tiende a aumentar la entrada al camino directo.

A partir de la figura 3.1, podemos ver que la diferencia entre la entrada X_i y la señal de realimentación BX_o es igual a la entrada al camino directo X_o/A .

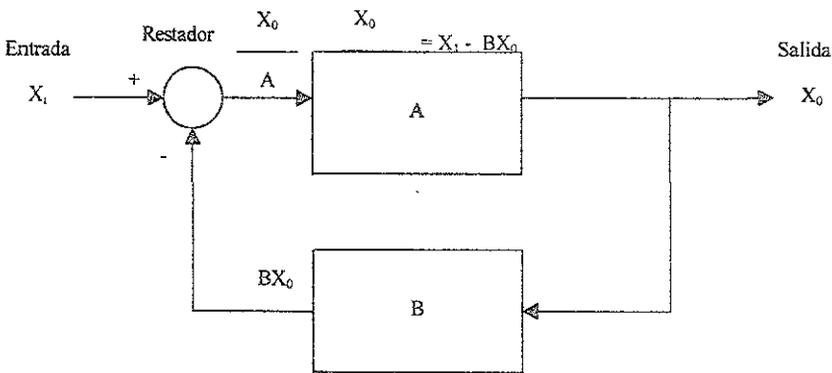


Figura 3.1

El término ganancia de lazo se refiere a la ganancia a través del camino directo y luego de regreso a través del camino de realimentación. Es decir se trata de la ganancia alrededor del lazo. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$\frac{X_o}{X_i} = \frac{A}{1 + AB} = \frac{\text{Ganancia en directo}}{1 + \text{ganancia de lazo}} = G$$

G representa la relación de la salida a la entrada, es decir, constituye la ganancia global del sistema.

$$G = \frac{A}{1 + AB}$$

3.2 Sistemas en Lazo Abierto y Cerrado

Hay dos formas básicas de sistemas de control, una llamada en lazo abierto y otra en lazo cerrado.

Los sistemas en lazo abierto tienen la ventaja de ser relativamente simples y más económicos que los de lazo cerrado, siendo generalmente de gran fiabilidad. Sin embargo son a menudo imprecisos puesto que no tienen corrección de errores. Los sistemas en lazo cerrado ofrecen una mayor exactitud a la hora de adaptar los valores reales a los requeridos; son, no obstante, más complejos y costosos debido a que hay más posibilidades de que surjan averías por el mayor número de componentes que requieren.

Elementos Básicos de un Sistema en Lazo Cerrado

1) *El elemento comparativo.* El elemento comparativo compara el valor requerido o de referencia de la variable que está siendo controlada, con el valor de la medida que se está llevando a cabo y genera una señal de error. Esto puede ser considerado como la suma entre la señal de referencia que es positiva y el valor de la señal medida, que en este caso es negativa.

Señal de error = señal del valor de referencia – señal del valor medido

- 2) *El elemento de control.* El elemento de control decide qué acción se debe llevar a cabo cuando se recibe una señal de error.
- 3) *El elemento de corrección.* Éste envía una señal al proceso para que se produzca un cambio que corrija la situación controlada.
- 4) *El elemento de proceso.* El elemento de proceso es lo que está siendo controlado.
- 5) *El elemento de medida.* El elemento de medida produce una señal con relación a la situación variable que está siendo controlada.

Para entender en forma más clara estos elementos de control se presenta el siguiente ejemplo

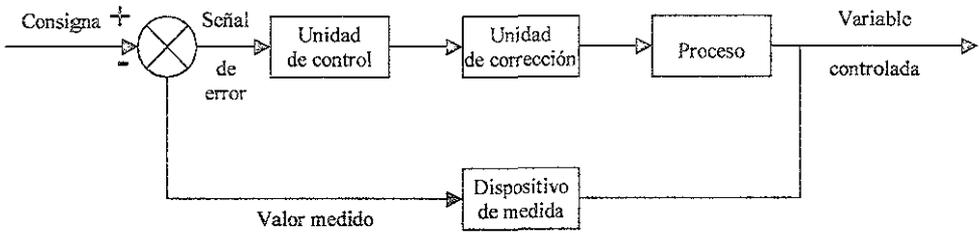


Figura 3.2

El sistema de lazo cerrado ilustrado en la figura 3.2 controla la temperatura de una habitación, y los distintos elementos son:

- | | |
|----------------------|--|
| VARIABLE CONTROLADA | - temperatura de la habitación. |
| Valor de referencia | - temperatura requerida en la habitación. |
| Elemento comparativo | - la persona que compara el valor medido con el valor requerido de la temperatura. |
| Señal de error | - la diferencia entre la temperatura medida y la requerida. |
| Unidad de control | - la persona. |
| Unidad de corrección | - el conmutador en la placa. |
| Proceso | - la placa eléctrica. |
| Dispositivo | - un termómetro. |

Otro ejemplo de lazo cerrado se muestra en la Figura 3.3

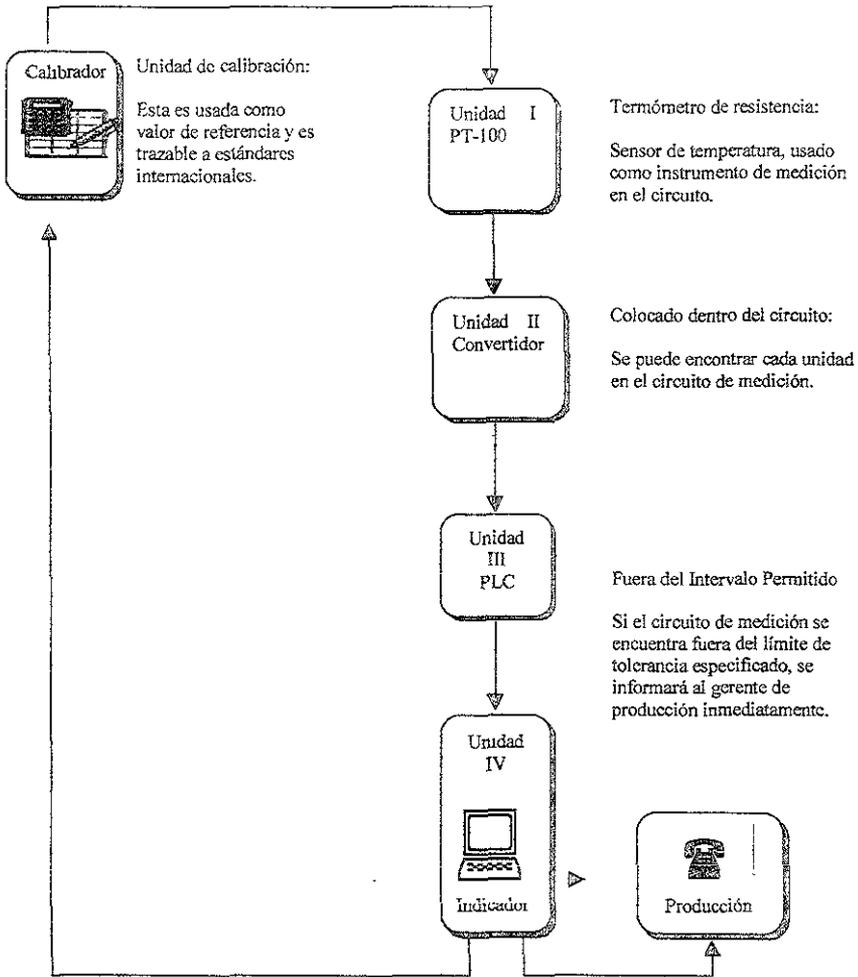


Figura 3.3

3.3 Realimentación negativa.

La realimentación negativa permite generar amplificadores con características globales que sean constantes a pesar de las variaciones de la ganancia de los componentes activos. Puede producir muchos otros efectos deseables y se usa en una gran cantidad de circuitos electrónicos. Algunas características principales son las siguientes:

Propiedades de los sistemas de realimentación negativa.

- (1) Tienen a mantener su salida a pesar de las variaciones en el camino directo o en el medio.
- (2) requieren una ganancia en camino directo mayor que la que sería necesaria para lograr la salida requerida en ausencia de la realimentación.
- (3) El comportamiento global del sistema está determinado por la naturaleza del camino de realimentación

3.4 Efectos de Realimentación Negativa

Ganancia

En ausencia de realimentación, la ganancia G de un amplificador es sólo ganancia en lazo abierto A y se representa como:

$$G = \frac{A}{1 + AB}$$

Y por lo tanto el efecto de la realimentación es reducir la ganancia por un factor de $1 + AB$.

Para que la ganancia de lazo cerrado sea constante a pesar de las variaciones en la ganancia de lazo abierto, es necesario que la ganancia de lazo del sistema (es decir, el producto de la ganancia de lazo abierto A y la ganancia del camino de realimentación B) sea mucho mayor que la unidad.

Respuestas en frecuencia

La ganancia de lazo cerrado de un amplificador con realimentación es en gran medida independiente de la ganancia de lazo abierto del amplificador siempre y cuando esta última sea mucho más grande que la primera. Si la ganancia de lazo abierto es mucho mayor que la ganancia de lazo cerrado, la primera podrá caer en forma considerable antes de que esto tenga

un efecto apreciable sobre la segunda. Así la ganancia de lazo cerrado será estable sobre un intervalo de frecuencia más amplio que el del amplificador sin realimentación.

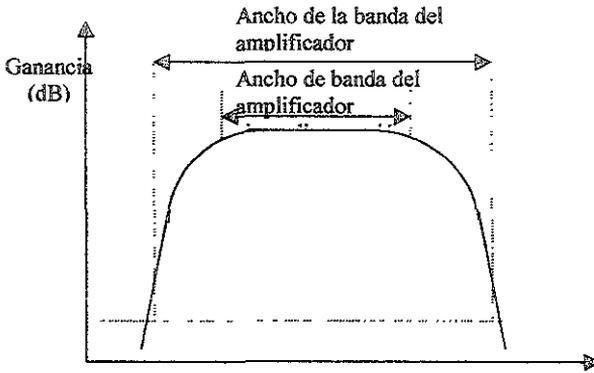


Figura 3. 4

Como se muestra en la figura 3.4, la línea continua representa la variación de la ganancia con la frecuencia de un amplificador sin realimentación, es decir, su respuesta en frecuencia en lazo abierto. La adición de realimentación negativa (que aparece como una línea punteada) reduce la ganancia en el circuito.

Si se requiere un amplificador de gran ancho de banda, entonces dos etapas de amplificación con realimentación negativa, tendrán un ancho de banda más alto que una sola etapa de la misma ganancia.

3.5 Realimentación Positiva

El uso de la realimentación positiva es aplicada para el diseño de osciladores.

Se vio que la ganancia global o de lazo cerrado está dada por

$$G = \frac{A}{1 + AB}$$

Los requisitos para la oscilación están expresados por el criterio de Barkhausen, que se puede enunciar por la condición de que para que ocurra la oscilación:

- (1) El módulo de la ganancia de lazo AB debe ser igual a 1.
- (2) El desfase de la ganancia de lazo AB debe ser de 180° , o 180° más un entero, múltiplo de 360° .

Restar una señal que está 180° en oposición de fase con respecto a la señal de entrada equivale a sumar una señal que esta en fase con ella. De ahí que la realimentación incremente la magnitud efectiva de la entrada y esta condición represente realimentación positiva.

3.6 Circuitos realimentados.

En muchas aplicaciones no es necesario diseñar partiendo de los conceptos básicos. En lugar de eso, se pueden utilizar circuitos estándar como punto de partida, deduciendo los valores de sus componentes mediante sencillos cálculos, como:

- (1) Que la ganancia de un circuito abierto del amplificador es tan alta que se puede considerar infinita.
- (2) Que la impedancia de entrada del amplificador operacional es tan alta que se pueden despreciar las corrientes de entrada.
- (3) Que la impedancia de salida del amplificador operacional es tan baja que se puede considerar cero

Algunos ejemplos en los que se usa la realimentación negativa para solucionar los efectos de las variaciones en las características del amplificador son las siguientes:

Amplificador no inversor

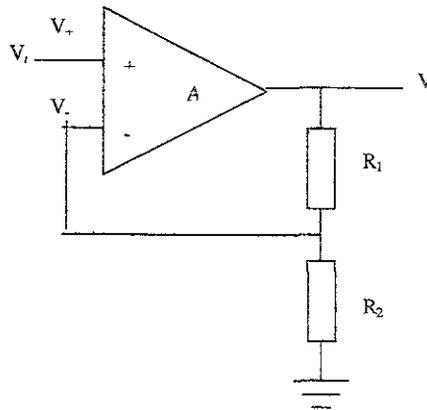


Figura 3.5

La ganancia global G está dada por

$$G = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Amplificador inversor.

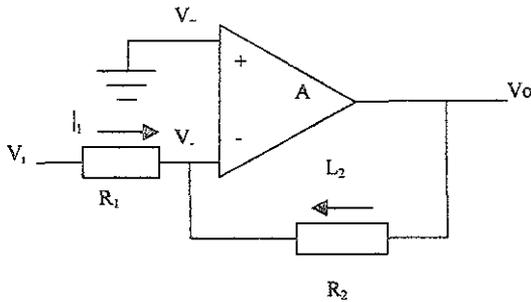


Figura 3.6

La realimentación negativa de este circuito tiende a mantener el voltaje en la entrada inversora V en un voltaje igual al de la entrada no inversora V , que es un potencial de tierra (0 V).

La ganancia G esta dada por

$$G = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{R_2}{R_1}$$

El circuito de la figura 3.6 tiene una ganancia negativa. Esto significa que la polaridad de la salida es opuesta a la de la entrada. Un voltaje de entrada positivo genera una salida negativa al igual que una entrada senoidal que esta defasada 180° con respecto a la entrada. Este tipo de circuito recibe el nombre de amplificador inversor.

Amplificador Diferencial (Restador)

Como influye una corriente despreciable hacia las entradas del amplificador operacional, los divisores de voltajes formados por las resistencias externas determinan tan sólo los voltajes de las dos entradas.

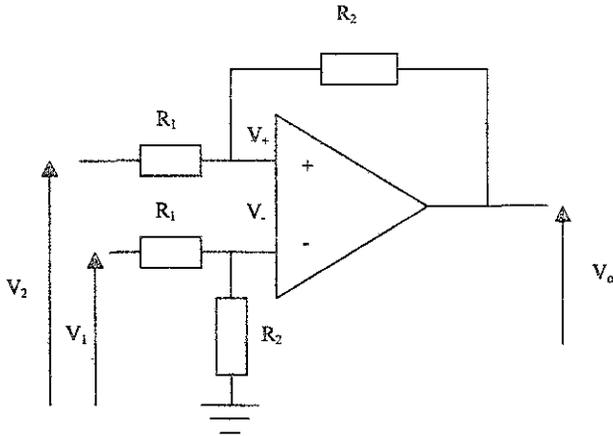


Figura 3.7

El voltaje de salida V_o está dado por

$$V_o = (V_1 - V_2) \frac{R_2}{R_1}$$

Amplificador sumador inversor

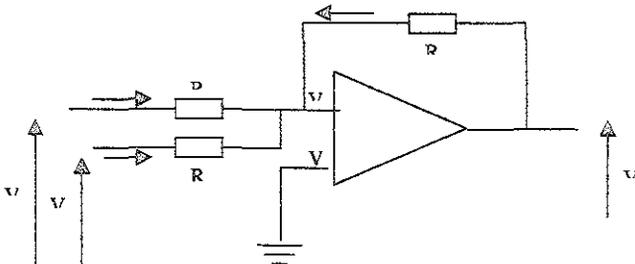


Figura 3.8

V_- es un punto de tierra virtual. Por lo tanto, se encuentra a potencial de tierra (cero volts) y las corrientes en este punto se calculan con facilidad.

El voltaje de salida V_o está dado por

$$V_o = -(V_1 - V_2) \frac{R_2}{R_1}$$

El voltaje de salida está determinado por la suma de los voltajes de entrada ($V_1 + V_2$) y la relación entre las resistencias R_1 y R_2 . El signo menos en la expresión para la ganancia indica que se trata de un sumador inversor.

Amplificador separador de ganancia unidad

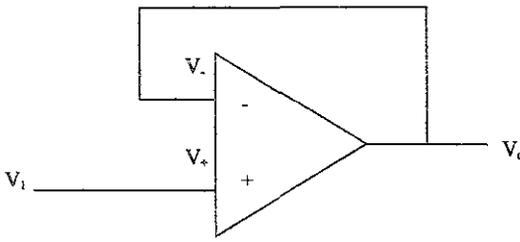


Figura 3.9

Este amplificador es un caso especial del amplificador no inversor con R_1 igual a cero y R_2 igual a infinito.

La ganancia para este caso esta dada por

$$G = \frac{0}{\infty} + 1$$

Convertidor de ganancia a voltaje

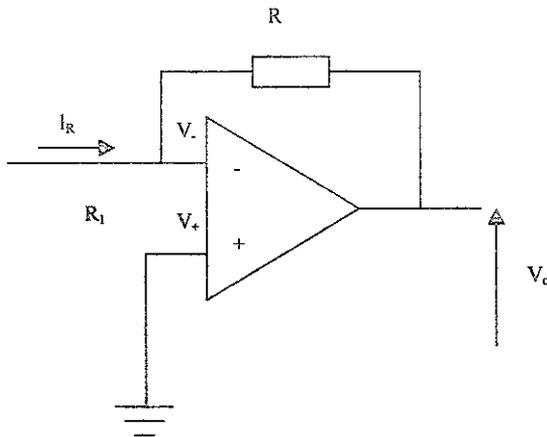


Figura 3.10

3.7 Análisis del circuito electrónico de acondicionamiento.

El término *acondicionamiento de señal* se utiliza para el elemento o elementos de un circuito de medida o control que convierte la señal procedente del sensor en un formato adecuado para un tratamiento posterior. En un sistema de medida podría suponer un formato adecuado para la unidad de visualización. Elementos típicos que acondicionan una señal son los puentes donde un cambio en la resistencia, capacidad o la inductancia puede ser convertido en una variación de la diferencia de potencia.

El término *proceso de señal* se utiliza para el elemento o elementos que se ocupan de mejorar la calidad de la señal. Esto implica procesos tales como la amplificación de la señal, su atenuación, su linealización y el filtrado de la misma.

Puente de Wheatstone – Método de ajuste cero.

Tiene un suministro de corriente continua y cada uno de los cuatro brazos del puente es una resistencia. Cuando se utiliza como un método de ajuste cero de acondicionamiento de señal, las resistencias de los brazos del puente están tan equilibradas que la diferencia de potencial de salida es cero.

Amplificación de señal.

Los amplificadores se utilizan frecuentemente como acondicionadores de señal para aumentar suficientemente las señales de los transductores con el fin de que puedan ser nuevamente procesadas o visualizadas.

Linealización de señal.

Algunos transductores tienen salidas que no son lineales, por ejemplo el termopar, donde la fuerza electromotriz termoeléctrica no es una función lineal de la temperatura (esto significa que una gráfica de la fuerza electromotriz trazada en relación con la temperatura no es una línea recta). Un método que a menudo se utiliza para transformar una salida no lineal es el uso de un circuito amplificador operacional. Dicho circuito está diseñado para tener una relación lineal entre su entrada y su salida, de modo que cuando aquella es no lineal, ésta sí lo es. Esto se consigue con una adecuada elección de componentes para el lazo de realimentación, un ejemplo se presenta en la figura 3.11.

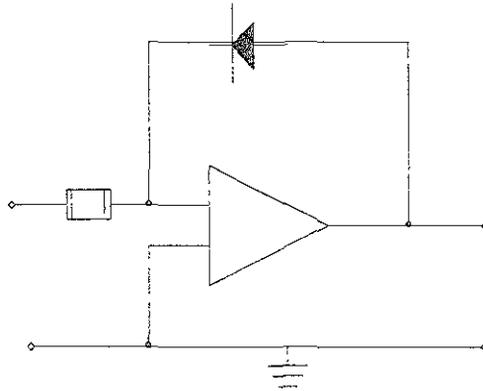


Figura 3.11

Convertor de tensión a corriente.

Una característica común de muchos sistemas de control de proceso es un convertor de milivoltios a miliamperios. Esto es necesario debido al uso extendido de corrientes en el rango de 4 a 20 mA utilizadas para señales de control.

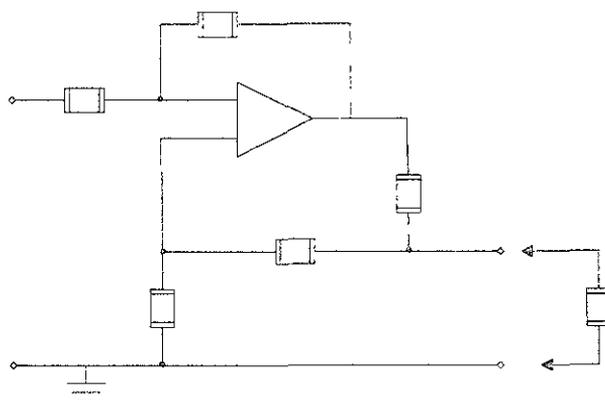


Figura 3.12

Controladores

El elemento de comparación en un circuito de control tiene como entrada la señal de referencia que especifica qué condición se requiere, y la señal de realimentación, que es una medida de la situación que en realidad está teniendo lugar. La salida es la señal de error, esta actúa generalmente como entrada a una unidad de control. Su salida es una señal que elabora la acción adecuada que debe ser llevada a cabo por la unidad de corrección con el objeto de remediar la deficiencia entre la situación requerida y la actual.

Unidades de Corrección

La unidad de corrección tiene como entrada una señal emitida desde el controlador. Ésta señal lleva la información necesaria para hacer que la acción correctora reduzca el error existente entre el valor medido y el de referencia de la variable.

En general, las unidades de corrección suelen estar compuestas de tres elementos:

1. La *conversión de señal*. La señal del controlador puede necesitar alguna modificación que la haga adecuada para el siguiente elemento. Por ejemplo, puede necesitarse una conversión de corriente a tensión o quizá una amplificación de señal.
2. Los *actuadores*. El actuador es un dispositivo que hace que la señal convertida active el elemento de control. Un ejemplo es un relevador que convierte una señal de corriente en un encendido o apagado del elemento de control.
3. El *elemento de control*. Éste es un dispositivo que tiene una influencia directa en la variable del proceso. Podría ser un calefactor eléctrico que cambie la variable del proceso de temperatura.

IV. Criterios de Acreditación Aplicables a la Metrología y como Aplica al Caso Industrial

- 4.1 Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- 4.2 Introducción al Sistema Nacional de Calibración.
- 4.3 Condiciones para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración SNC-01.
- 4.4 Requisitos Generales para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración SNC-02.
- 4.5 Laboratorios de Calibración Solicitud para el Acreditamiento SNC-03.

4.1 Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publica en el Diario Oficial de la Federación el 1° de Julio de 1992 y reformada por Decreto y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 1996 y reformada por Decreto y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 1997. Esta Ley regirá en toda la República y sus disposiciones son de orden público y de interés social.

Esta Ley tiene por objeto:

En materia de Metrología:

- Establecer el Sistema General de Unidades de Medida.
- Precisar los conceptos fundamentales sobre metrología.
- Establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida.
- Establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados.
- Instituir el Sistema Nacional de Calibración.
- Crear el Centro Nacional de Metrología, como organismo de alto nivel técnico en la materia.
- Regular, en lo general, las demás materias relativas a la metrología.

En materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación:

- Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas.
- Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal.
- Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal.
- Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas.
- Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de la administración pública federal.
- Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración.
- Divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.

4.2 Introducción al Sistema Nacional de Calibración.

EL acreditamiento de Laboratorios de Calibración, lo otorga el Sistema Nacional de Calibración, para prestar servicios de medición y calibración a instrumentos de medición, y tiene reconocimiento por parte de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Sistema Nacional de Calibración (SNC)

El Sistema Nacional de Calibración, identificado también por las siglas SNC, se establece por decreto presidencial el 9 de Junio de 1980, se lleva a nivel de Ley el 26 de Enero de 1988, ratificándose el 1 de julio de 1992, con la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la Ley Federal de Metrología y Normalización, con el objeto de procurar la uniformidad y confiabilidad de las mediciones que se realizan en el país, tanto en lo concerniente a los procesos industriales, como en las transacciones comerciales y sus respectivos trabajos de investigación y de desarrollo tecnológico.

4.3 Condiciones para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración SNC-01.

Este documento establece las condiciones para el acreditamiento de Laboratorios de Calibración que proporcionan servicios de calibración. Este reconocimiento lo otorga la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), a través del Sistema Nacional de Calibración (SNC) en cualesquiera de las áreas de la medición y se complementa con el documento SNC-02 "Requisitos Generales para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración", estos criterios son adoptados por la Dirección General de Normas (DGN) como guía de evaluación durante el proceso de acreditamiento.

Proceso de Acreditamiento

El Laboratorio de Calibración deberá entregar en la DGN, para iniciar el proceso de acreditamiento la documentación siguiente:

- Documento SNC-03 Solicitud para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración" debidamente requisitada.
- Copia del Acta Constitutiva del Laboratorio de Calibración.
- Manual de Calidad del Laboratorio de Calibración.

El acreditamiento, estará limitado, a las áreas, intervalos de medición y niveles de incertidumbre declarados en el oficio de acreditamiento. Un Laboratorio de Calibración acreditado puede solicitar la ampliación del intervalo de mediciones o la revisión del nivel de sus incertidumbres, respecto a los valores establecidos en el oficio de acreditamiento.

La solicitud y la documentación serán revisadas por la DGN y el Comité de Evaluación correspondiente así como cualquier información adicional requerida al Laboratorio de Calibración.

La DGN manejará en forma confidencial la información de los documentos (Solicitud, Manual de Calidad o cualquier otro documento) así como los evaluadores.

La DGN coordina la selección del Grupo Evaluador en la reunión mensual del Comité de Evaluación del SNC correspondiente, que están formados por los representantes del Centro Nacional de Metrología (CENAM), de los Laboratorios de Calibración acreditados, así como otros especialistas en Metrología.

En la evaluación al Laboratorio de Calibración, el grupo evaluador llevará a cabo las acciones requeridas en el Documento SNC-04 “Guía para la Evaluación de Laboratorios de Calibración”, entregarán al representante de la DGN los formatos debidamente requisitados y firmados. La DGN determinará otorgar el acreditamiento o emitir el oficio con las observaciones que el Laboratorio de Calibración tendrá que corregir en un plazo no mayor de 30 días naturales.

Todas las acciones requeridas al Laboratorio de Calibración deberán ser programadas y llevadas a cabo dentro de un plazo máximo de 180 días naturales. En caso de rebasar este período de tiempo, el Laboratorio de Calibración deberá llenar una solicitud nuevamente.

La DGN notificará formalmente al Laboratorio de Calibración si el acreditamiento ha sido, o no, otorgado o renovado, entregando el oficio de acreditamiento. La vigencia del acreditamiento será de un año para aquellos Laboratorios de Calibración hayan solicitado su acreditamiento y por dos años a partir de la solicitud de renovación de acreditamiento.

El Laboratorio Acreditado deberá cooperar con la DGN en:

- permitir la realización de auditorías por parte de la DGN.
- notificar a DGN de cualquier cambio que afecte su condición de Laboratorio de Calibración acreditado (procedimientos, formatos de informes, instalaciones, instrumentos de calibración y personal).
- integrar personal de su Laboratorio de Calibración al padrón de evaluadores del SNC.

El acreditamiento puede ser terminado voluntariamente por el Laboratorio de Calibración, notificando por escrito a la DGN.

La suspensión se realizará cuando existan evidencias de que un Laboratorio de Calibración, no está cumpliendo con los términos del acreditamiento.

El Laboratorio de Calibración tendrá el derecho de apelar la decisión de retiro a la DGN dentro de los 30 días hábiles después de recibir la notificación de suspensión.

El retiro de acreditamiento no excluye la posibilidad de que el Laboratorio de Calibración pueda volver a llenar una solicitud en una fecha posterior.

Tales solicitudes serán evaluadas bajo los mismos requerimientos y procedimientos aplicables a cualquier Laboratorio de Calibración.

La DGN hará publicidad de los Laboratorios de Calibración acreditados por medio de:

- un certificado de acreditamiento, que podrá ser exhibido por los Laboratorios de Calibración.
- se publicará un “Directorio de Laboratorios de Calibración Acreditados ante el Sistema Nacional de Calibración”, el cual se actualizará trimestralmente.
- promociones diversas que la DGN realice conjuntamente con las Delegaciones Federales de SECOFI.

Los Laboratorios:

- podrán hacer uso del logotipo del SNC en sus informes de calibración, en las áreas, intervalos e incertidumbres que
- hayan sido acreditados. El uso del logotipo no es obligatorio.
- en su folletería pueden hacer mención de su condición de Laboratorios de Calibración acreditados, en los siguientes términos:

“Acreditado ante el Sistema Nacional de Calibración”

4.4 Requisitos Generales para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración SNC-02.

Este documento establece los requisitos generales, de acuerdo con los cuales los Laboratorios de Calibración deben demostrar que operan, si desean ser reconocidos o acreditados como competentes para llevar a cabo las calibraciones con reconocimiento oficial.

Este documento puede ser utilizado por los Laboratorios de Calibración en el desarrollo e implementación de sus sistemas de calidad, o ser utilizada por la DGN al evaluar la capacidad técnica y administrativa de los Laboratorios de Calibración.

Los Laboratorios de Calibración deben ser legalmente identificables; estar organizados y operar de acuerdo a sus instalaciones permanentes, temporales y móviles.

Los Laboratorios de Calibración deben establecer y mantener un sistema de calidad apropiado al tipo, intervalo y volumen de actividades de medición y calibración objeto del acreditamiento; deben definir y documentar sus políticas y objetivos en un manual de calidad, así como su compromiso de prestar servicios de calibración acordes a una buena práctica de laboratorio.

Los Laboratorios de Calibración deben prepararse para auditorías a sus actividades en periodos apropiados de tiempo, a fin de evaluar si sus operaciones continúan cumpliendo con los requisitos del sistema de calidad; las auditorías deben ser llevadas a cabo por personal entrenado y calificado; este sistema debe ser revisado, al menos una vez al año, para asegurar su eficiencia y efectividad.

Estas inspecciones deben incluir.

- Esquemas de control de calidad interno.
- Uso de materiales de referencia certificados y/o control de calidad interno.
- Repetición de mediciones usando el mismo método u otro diferente.
- Recalibración de instrumentos o patrones retenidos.
- Correlación de resultados de un mismo instrumento.

Los Laboratorios de Calibración deben tener personal suficiente y con la preparación, entrenamiento, conocimiento técnico y experiencia necesarios para realizar las funciones que le hayan sido asignadas. Contar con un programa capacitación del personal para mantenerlo actualizado

La distribución de áreas dentro de los Laboratorios de Calibración, así como las fuentes de tensión, alumbrado, calefacción y ventilación deben ser tales que faciliten el desarrollo adecuado de las mediciones. También se debe contar con instalaciones para el monitoreo, control y registro de las condiciones ambientales. Se debe dar especial atención a factores como partículas suspendidas, interferencias electromagnéticas, humedad, regulación de tensión, temperatura, ruido, vibración, para confirmar que sus niveles son apropiados al tipo de mediciones que se realizan.

Se debe contar con todos los instrumentos y accesorios (incluyendo materiales de referencia) requeridos para el correcto desarrollo de sus mediciones y calibraciones. Deben estar etiquetados, marcados o identificados:

- nombre del instrumento
- nombre del fabricante, modelo, número de serie.
- fecha de recibido y fecha de entregado al responsable técnico.
- ubicación actual.
- condiciones de cuando se recibió.
- copia de las instrucciones del fabricante.
- fechas y resultados de calibraciones pasadas y fecha de la siguiente calibración.
- fecha de mantenimiento llevado a cabo y planeado para el futuro.
- historia de cualquier daño.

Los Laboratorios de Calibración deben de tener un programa establecido para la calibración y verificación de sus instrumentos de medición. Los Informes de Calibración deben indicar, la trazabilidad de las mediciones a sus patrones nacionales, proporcionar los resultados de medición con su correspondiente nivel de incertidumbre asociado. Los patrones de referencia deben ser utilizados exclusivamente para la calibración.

Se debe tener procedimientos documentados para el uso y operación de los instrumentos y patrones de medición, para el manejo y preparación de los instrumentos a calibrar y para la calibración en sí; y tomar como referencia de métodos que hayan sido publicados en normas nacionales, internacionales, en publicaciones de organizaciones técnicas, en textos o revistas científicas relevantes.

Cuando se utilicen computadoras o equipo automatizado para captura, procesamiento, manejo, almacenamiento o recuperación de datos de mediciones, los laboratorios deben asegurar que:

- el software este documentado integridad de la captura, almacenamiento, transmisión y procesamiento de datos.
- acceso autorizado para la corrección de valores registrados en la computadora.

Los Laboratorios de Calibración deben identificar los instrumentos y patrones de medición a ser calibrados, a fin de asegurar que no habrá confusión en su identificación.

Se debe conservar los registros de las observaciones originales, cálculos y datos derivados, registros de calibración y copias del informe durante un periodo de 5 años.

Los informes deben incluir la siguiente información:

- título “Informe de Calibración”.
- nombre y domicilio del Laboratorio de Calibración.
- identificación única del informe, número de cada página, y número total de páginas.
- nombre y dirección del cliente.
- descripción e identificación del instrumento o patrón de medición calibrado.
- caracterización y condición del instrumento de calibración.
- fecha de recepción del instrumento y fecha de ejecución de la calibración.
- identificación del procedimiento de calibración.
- mediciones y resultados derivados, respaldados por tablas, gráficas, dibujos, bosquejos y fotografías cuando sea apropiado.
- incertidumbre estimada para la calibración.
- nombre y firma de las personas que se hacen responsables del contenido del informe, fecha de expedición.
- En un enunciado “los resultados están relacionados únicamente al instrumento calibrado”.
- advertencia “no debe ser producido, excepto en forma completa, sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración”.

Cuando un Laboratorio de Calibración subcontrata, debe asegurar que el subcontratado cumple con los mismos criterios que él.

Si los Laboratorios de Calibración obtienen servicios y suministros del exterior, deberá utilizar aquellos que cuenten con la calidad adecuada para asegurar la confiabilidad de sus mediciones.

Se debe mantener registro de los proveedores de los servicios de apoyo o suministros requeridos para las calibraciones.

Se debe contar con políticas y procedimientos para la solución de quejas recibidas por los clientes o de otras partes del mismo Laboratorio de Calibración, y mantener un registro de las quejas y de las acciones tomadas para resolverlas.

4.5 Laboratorios de Calibración Solicitud para el Acreditamiento SNC-03.

En la Solicitud de Acreditamiento se proporcionan los datos como son:

- nombre del Laboratorio de Calibración
- dirección
- área(s) donde se solicita el acreditamiento.
- intervalo de medición
- incertidumbre de medición
- nombre y firma del representante del Laboratorio
- Fecha
- listado de instrumentos de referencia y de trabajo
- descripción de las condiciones ambientales
- personal responsable del Laboratorio de Calibración

El Laboratorio de Calibración acepta cumplir con los requisitos establecidos en el documento SNC-02 “Requisitos generales para el acreditamiento de Laboratorios de Calibración”, permitir que un grupo de evaluadores realice una visita a las instalaciones.

La solicitud debidamente requisitada y firmada deberá ser entregada en la Dirección General de Normas, acompañada con la documentación siguiente:

- 1.- Copia del Acta Constitutiva del Laboratorio de Calibración.
- 2.- Manual de Calidad del Laboratorio de Calibración, que deberá incluir:

- Descripción del Laboratorio de Calibración
- Organización
- Sistemas de aseguramiento de calidad
- Descripción de puestos y curriculum del personal
- Diagrama de distribución de las áreas
- Descripción sobre el control de las condiciones ambientales del Laboratorio de Calibración
- Inventario de los instrumentos de referencia y de trabajo
- Copia de los informes de calibración de sus instrumentos de referencia, (patrones)
- Programa de calibración de sus instrumentos de referencia (patrones)
- Cartas de trazabilidad
- Procedimientos de calibración
- Procedimientos administrativos
- Copia de los formatos de registro de datos
- Copia de los informes de calibración

Se recomienda tener como referencia el documento SNC-02 “Requisitos Generales para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración” y las Normas Mexicanas de la serie CC de Sistemas de Aseguramiento de Calidad

V. Caso Práctico

5.1 Introducción

5.2 Desarrollo del Manual de Calidad para la Acreditación por la Dirección General de Normas en el área de Temperatura

5.3 Desarrollo para el servicio de calibración a la Industria

5.3.1 Calibración y Cadena de Trazabilidad

5.3.2 Procedimiento de Calibración

5.3.3 Conservación de los patrones

5.3.4 Documentos de Control de datos

5.3.4.1 Bitácora

5.3.4.2 Hoja de Cálculo y Reporte de Incertidumbres

5.3.4.3 Informe de Calibración

5.4 Desarrollo del diseño de un equipo para la calibración en instrumentos medidores de temperatura.

5.4.1 Conceptualización del diseño.

5.4.2. Planteamiento del Problema.

5.4.3 Metodología del diseño.

5.4.4 Diagrama

5.4.5 Selección de la tecnología.

5.4.6 Análisis

5.1 Introducción

En el departamento de Validación y Calibración de la empresa Nicolás, Sven, Pacheco y Andresen, S.A de C.V. surgió la necesidad de acreditar su Laboratorio de Calibración debido a que varios de sus clientes están implantando ISO9000 por lo que se les pedía cubrir con los lineamientos dispuestos por el Sistema Nacional de Calibración (SNC) para ser Laboratorio autorizado y consecuentemente, se implante un sistema de calidad que respalde el servicio de calibración.

De esta forma se toma como caso practico a la empresa Nicolás, Sven, Pacheco y Andresen, S.A. de C.V.

Razón social: Nicolás, Sven, Pacheco y Andresen, S.A de C.V

Ubicación: Av. Universidad 902 Edif. 6 4º Piso, Col. Santa Cruz Atoyac.

C.P. 03310 México, D.F.

Giro: Diseño e Ingeniería

Se dedica principalmente al diseño de proyectos, remodelaciones o ampliaciones de plantas farmacéutica, de cosméticos y alimentos, que incluye:

Diseño estructural y arquitectónico (obra civil)

Ingeniería de procesos

Instalaciones electromecánicas

Aire acondicionado, refrigeración, ventilación y colección de polvos

Validación y calibración

5.2 Desarrollo del Manual de Calidad para la Acreditación por la Dirección General de Normas en el Area de Temperatura

El requisito para que el Laboratorio pueda dar servicio de calibración es estar acreditado en el Sistema Nacional de Calibración por medio de la Dirección General de Normas, es así que se documenta el sistema de calidad, que debe ser eficaz y adecuado al trabajo que se realiza, comenzando con el desarrollo de la política y los objetivos de la calidad de la organización, los controles internos y externos de calibración, administrativos y operacionales obteniendo así el Manual de Calidad del Laboratorio de Calibración

Manual de Calidad: Documento que define las políticas, el sistema y las practicas de calidad de una organización

Para desarrollar un Manual de Calidad se toma como referencia la norma NMX-CC-018: 1996 IMNC (ISO 10013: 1995).

En el Laboratorio se analizaron todas las acciones que involucraba hacer un servicio de calibración; se identificaron dos tipos de procedimientos, Procedimientos Administrativos y Procedimientos Técnicos, la estructura de los procedimientos contiene los siguientes puntos:

1. **Título:** describe el nombre del procedimiento en general
2. **Objetivo:** describe la finalidad del procedimiento
3. **Alcance:** identifica las áreas de trabajo involucradas o las actividades relacionadas al procedimiento. Describirá, si es el caso, al personal que pudiera involucrarse si pertenece a áreas diferentes o si su participación en las actividades del procedimiento fueran importantes.
4. **Definiciones:** Cuando sea necesario, debido a que las palabras no son de uso cotidiano para el personal involucrado, se describirá brevemente el significado de términos nuevos o específicos utilizados en el procedimiento.
5. **Responsabilidades:** Se describe brevemente las funciones individuales que involucren las actividades del procedimiento; las responsabilidades deben ser acordes al alcance definido previamente.
6. **Frecuencia:** Se determina el periodo recomendable de tiempo con que se utiliza el procedimiento.
7. **Desarrollo:** Se describe fase a fase todas y cada una de las operaciones y/o actividades necesarias para lograr el objetivo del procedimiento.
8. **Documentación:** Se hace referencia a los documentos que el procedimiento solicita llenar o manejar para llevar una secuencia y un registro de las actividades realizadas (cuando sea necesario).
9. **Diagrama de Flujo:** Se elabora un representación gráfica del procedimiento para tener mayor comprensión.
10. **Referencia:** Se hace mención de las normas nacionales e internacionales de donde se obtiene la información para la elaboración de los procedimientos.
11. **Anexos:** Es la documentación que los procedimientos solicitan mantener el archivo de las actividades realizadas.

Después de tener estructurados y clasificados cada uno de los procedimientos se estableció como política un formato para estandarizar las hojas de control utilizadas en el Manual de Calidad, como se muestra en la figura 5.1.

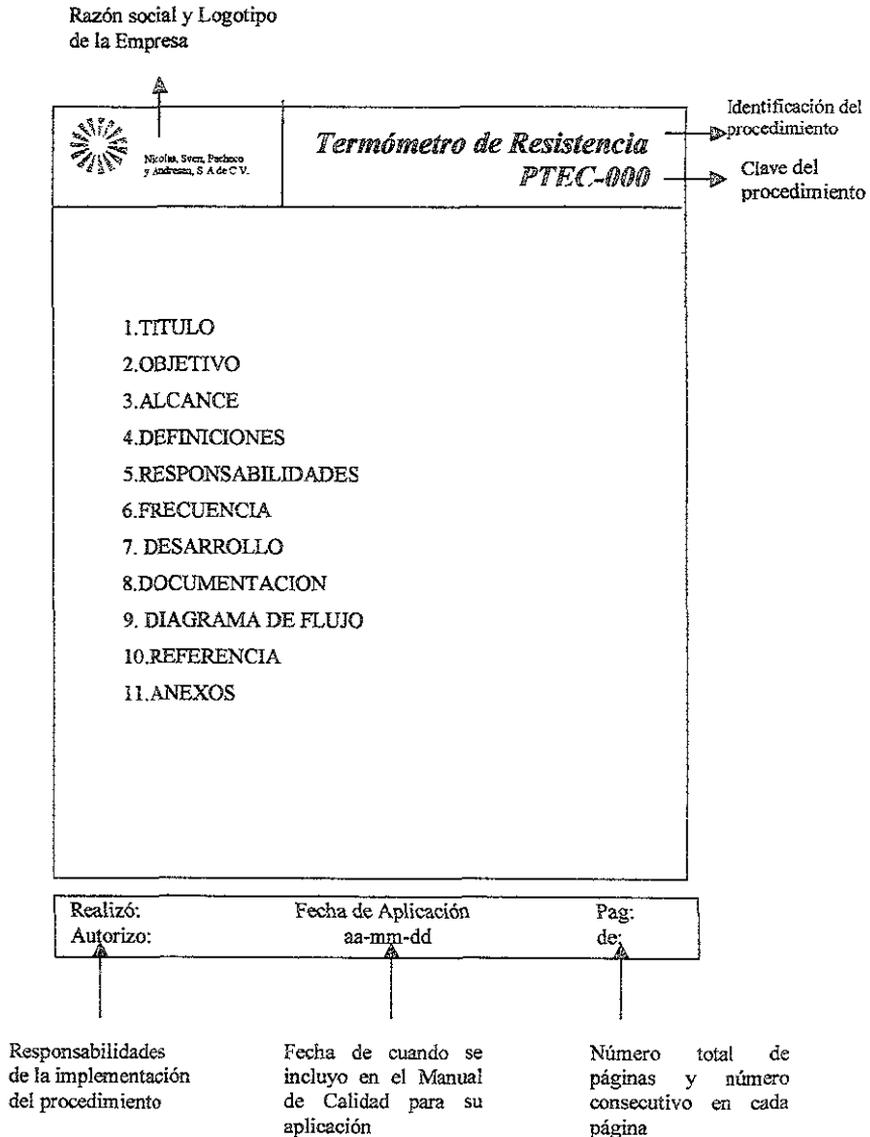


Figura 5.1

De esta manera el Manual de Calidad es utilizado para lo siguiente:

- Comunicar la política de calidad de la compañía y procedimientos
- Implantar un sistema de calidad
- Reducir del tiempo para el aprendizaje, usándolo como herramienta de entrenamiento
- Proveer la constancia y continuidad del sistema de calidad
- Proveer información básica para auditar el sistema de calidad
- Tener un mejor control y facilitar las actividades de aseguramiento de calidad
- Demostrar el cumplimiento de su sistema de calidad con las normas de calidad requeridas en situaciones contractuales.

Por ultimo el Manual de Calidad esta sujeto a una revisión final para asegurar la claridad, precisión y adecuada estructura, también se piden comentarios y sugerencias a los usuarios del manual. El Manual de Calidad diseñado debe ser autorizado por la dirección o personal responsable y se debe indicar en todas sus páginas.

Este Manual deberá ser controlado y conservado como un documento oficial de la empresa. Solamente podrá ser consultado por el personal autorizado.

La figura 5.2 muestra el diagrama de flujo para la construcción de un Manual de Calidad.

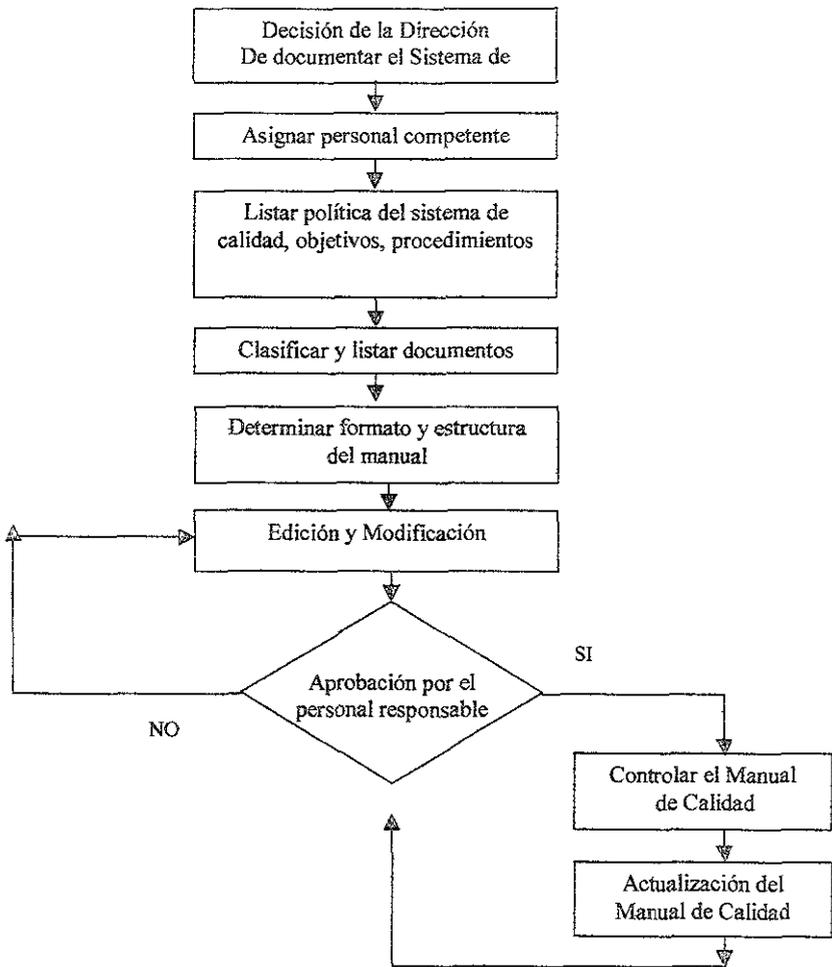


Figura 5.2

5.3 Desarrollo para el servicio de calibración a la Industria

Las demandas de una mejora continua de la calidad y en la eficiencia, tanto en la industria, la innovación tecnológica como en la investigación, exige que los mecanismos de control de las mediciones sea cada vez mejor, el primer paso que se da, en este sentido, es la calibración de los instrumentos. Es por tal motivo que el Laboratorio de Calibración surge para cubrir estas necesidades.

5.3.1 Calibración y Cadena de Trazabilidad

Definición de Calibración:

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados de un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida material y el valor correspondiente conocido como medida.

Notas:

- El resultado de una calibración permite estimar los errores de indicación del instrumento de medición, del sistema de medición o de la medida materializada, o la asignación de valores a trazos sobre escalas arbitrarias.
- Una calibración puede también determinar otras propiedades metroológicas.
- El resultado de una calibración puede ser registrado en un documento, denominado "Informe de Calibración".
- El resultado de una calibración a veces es expresado como una corrección, un "factor de calibración", o una "curva de calibración". NMX-Z-55:1986.

Cadena de Trazabilidad

Los servicios de calibración para la industria y tecnología nacionales son tantos como instrumentos (termómetros, manómetros, básculas, reglas, medidores de flujo, etc.) que se tienen instalados en las líneas. De estos instrumentos, que suman millones, su primer servicio de calibración se da en los laboratorios de planta, a su vez los patrones usados en éstos son calibrados por los laboratorios del sistema nacional de calibración (SNC), los patrones de los laboratorios secundarios se calibran en el laboratorio primario (CENAM) y, finalmente el CENAM debe responder sobre la exactitud de los patrones nacionales y su intercomparación con los de otros países. A esta secuencia se le conoce como Cadena de Trazabilidad.

La figura 5.3 muestra el diagrama de la Cadena de Trazabilidad en la que esta sujeto el Laboratorio de Calibración (Laboratorio Secundario).

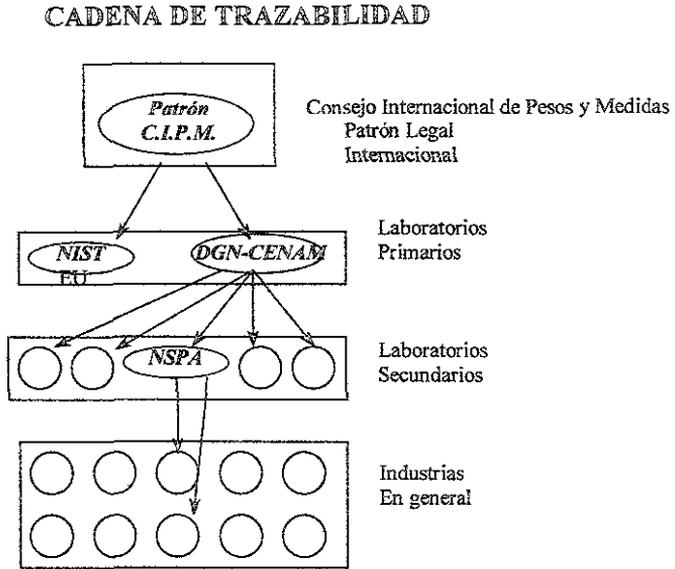


Figura 5.3

Definición de Trazabilidad:

Es la propiedad del resultado de una medición por la cual ella puede ser relacionada a patrones de medición apropiados, generalmente patrones internacionales o nacionales, a través de una cadena de comparaciones. NMX-Z-55:1986.

5.3.2 Procedimiento de Calibración

Las calibraciones se desarrollan en campo, en el lugar donde se encuentran instaladas las máquinas en su línea de producción. Un ejemplo donde se desarrollan estas calibraciones es una máquina llamada *secador de producto*, el cual se usa para retirar la humedad de una mezcla que ha sido previamente homogeneizada en un granulador, la finalidad de este secado

es dejar el producto listo para tablearse. Esta máquina cuenta con tres sensores de temperatura, como se muestra en la figura 5.4.

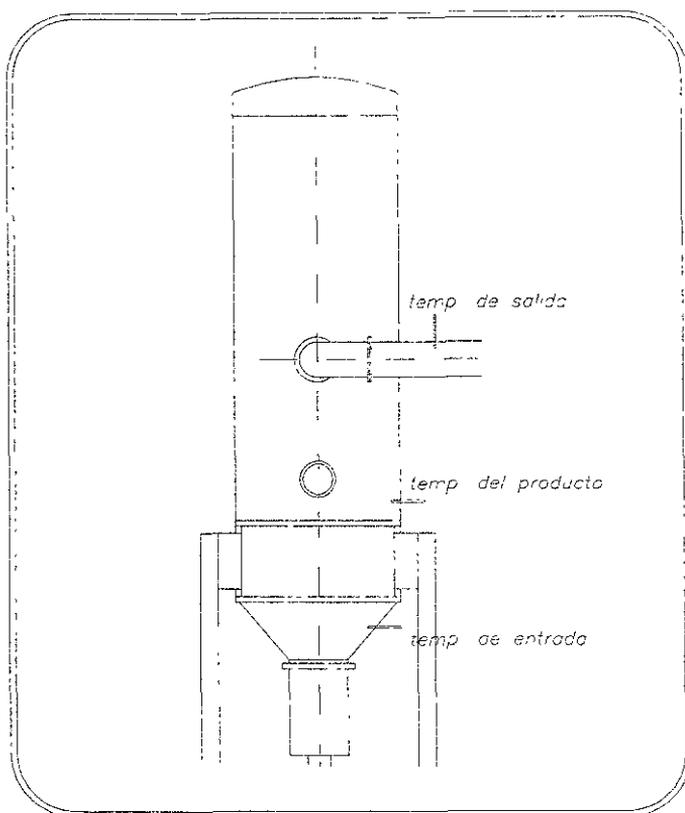


Figura 5.4

El primer sensor se encuentra en la parte inferior de la máquina llamado, ducto de entrada de aire, localizado en esa posición por que esta concentrado el flujo en un ducto de 40 cm de diámetro. En esta parte se mezcla el aire frío y caliente de la manejadora, esto ayuda a controlar la temperatura del aire de entrada por medio de una válvula de vapor que abre o cierra según lo requerido.

El segundo sensor se encuentra en el contenedor. Este estará cubierto por el producto, sensando así la temperatura del mismo y vigilando que no se pase de la temperatura especificada, de ser así se apagará la máquina.

El tercer sensor se encuentra en el conducto de salida de aire en el plano superior de la máquina y su función es cuantificar el calor absorbido por el producto.

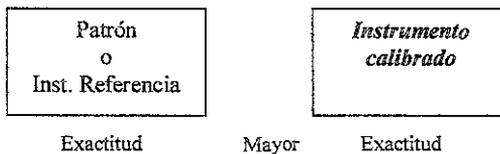
De esta forma conociendo la ubicación de los sensores, se hace una inspección visual del equipo que se va a calibrar para determinar que instrumentos de trabajo se van utilizar para calibrar (Block seco, Baño circulatorio o Termopar), el equipo se determina de acuerdo a la condición en que se encuentran los sensores tanto en posición de operación como de características físicas.

Si los sensores son de gas y están en posición vertical de operación se puede usar Baño Circulatorio, si sobrepasa los 15 cm de longitud se pone un puerto para introducir un termopar de referencia.

Si los sensores son RTD o termopares se utilizara el Block calibrador.

Una vez determinado el equipo que se utilizara para calibrar, se acondiciona el área de trabajo para que se tenga los servicios necesarios.

El Método que se utiliza es de *Comparación Directa*, que consiste en que el instrumento calibrado se compara con el instrumento patrón o de referencia, directamente se checa la medición de las lecturas.



Con los resultados obtenidos en la calibración se procede a la elaboración del Informe de Calibración que se le hace llegar al cliente.

5.3.3 Conservación de los Patrones

Se considera a la calibración de instrumentos como el servicio más importante de un Laboratorio de Metrología. La capacidad que tiene en un laboratorio depende de la buena calidad de los servicios y que esta sea evaluada constantemente.

Para preservar las características metrológicas de los patrones de medición dentro de los límites apropiados, el Laboratorio realiza las siguientes practicas como son:

1.- Establecimiento:

Al Laboratorio de Calibración se la asigna una área, de esta forma se facilita la manipulación y conservación de los instrumentos. Se tiene las instalaciones adecuadas de tensión, alumbrado, ventilación. También se toman medidas adecuadas para asegurar el mantenimiento y limpieza en el Laboratorio.

2.- Caracterización:

El objetivo principal de una caracterización es conocer al instrumento de trabajo, sensar los distintos puntos de temperatura en las zonas o alturas donde se tiene una lectura confiable, familiarizarse con las características del equipo por medio del método de comparación directa con otro patrón de mayor o igual exactitud.

3.- Intercomparación:

- Externa con otros Laboratorios

Por medio de un instrumento patrón que proporciona alguno de los Laboratorios de Calibración que participaran, se calibra y se hace el reporte correspondiente, dichos reportes se analizan para comparar resultados, así se verifica que la manera en que se calibra y se interpretan los datos esta estandarizada, el encargado de controlar esta actividad es el Centro Nacional de Metrología (CENAM).

- Interno

La forma de realizar esta actividad es calibrando los instrumentos de trabajo comparándolo con el instrumento patrón del Laboratorio y se hace el reporte correspondiente, de igual forma se analizan los datos para poder encontrar cualquier tipo de desviación.

4.- Programa de Aseguramiento de mediciones

- Tener trazabilidad con patrones nacionales

Todo el equipo de medición del Laboratorio debe ser calibrado utilizando patrones trazables a patrones nacionales o internacionales y que sean consistentes con las recomendaciones de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM).

Todo patrón utilizado en el sistema de confirmación debe ser respaldado por certificados, informes u hojas de datos para el equipo, que atestigüen la fuente, fecha, incertidumbre y las condiciones bajo las cuales se obtuvieron los resultados. Cada uno de estos documentos debe ser firmado por la persona que atestigua la veracidad del resultado (Historial de instrumentos).

Se debe mantener evidencias documentadas de que cada calibración se haya realizado en la cadena de trazabilidad.

- Procedimiento adecuado para la evaluación de incertidumbres

Se realizan los cálculos de acuerdo a la norma NMX-CH-140: 1996 IMNC “Guía para la evaluación de la incertidumbre en los resultados de las mediciones”, para obtener la incertidumbre que tiene el instrumento al expresar los valores de medición comparándolo por medio de un instrumento de mayor precisión (instrumento de referencia).

- Cartas de Control

Es un documento en el cual se gráfica el comportamiento de los instrumentos que se obtienen de la calibración regular de los patrones del laboratorio, así como la intercomparación interna y externa, de esta forma diagnosticar la deriva en el tiempo (reducción de la exactitud, pérdida de elasticidad, etc.)

- Programa o Calendario de Calibración

Se realiza una lista de los instrumentos patrones y de trabajo junto con sus características, se mencionan las fechas cuando se han calibrado y cuando es la próxima calibración.

5.3.4 Documentos de Control de Datos

El laboratorio de calibración mantiene un sistema de registro para satisfacer las necesidades de información, como son: registros de calibración (Bitácora), cálculos y datos, informes (Informes de Calibración).

En estas hojas se vacían los resultados obtenidos durante el proceso de calibración, se presentan a los responsables para su aprobación. En caso de que el equipo o sistema no cumpla con las especificaciones, se documenta y se indican las acciones a seguir. Por medio de esta documentación se lleva el control del proceso de calibración.

5.3.4.1 Bitácora

Para el control de las calibraciones que se realizan se ha estipulado el uso de la bitácora como una herramienta de trabajo, con el fin de documentar los datos que se presentan en cada calibración. Se especifica la forma de llenado y se reporta cualquier tipo de corrección, modificación o actualización.

En la Bitácora se anotan los siguientes datos para la identificación del instrumento o sistema que se va a calibrar:

Sistema de medición

Fecha

Empresa (cliente)

Nombre del sistema

Modelo de la máquina

No. de serie de la máquina

No. de serie de los instrumentos

División mínima

Identificación del sistema

Cuando es instrumento

Nombre del instrumento

Modelo del instrumento

No. de serie del instrumento

Intervalo de medición

Div. mínima

De igual forma se crea una tabla para anotar las lecturas observadas en la calibración y que debe de tener los siguientes datos:

Punto de referencia

Lectura del instrumento de referencia

Lectura del calibrando

Después de la toma de datos en la tabla, si existen observaciones que se detecten en la calibración se especifican al final.

5.3.4.2 Hoja de Cálculo y Reporte de Incertidumbres

Cuando se llevan a cabo las mediciones de temperatura, se generan una serie de errores de todo tipo como: aleatorios, sistemáticos, de paralaje, etc. Para esto es necesario analizar y reportar en que intervalo se encuentra aceptable la medición.

Para poder aplicar de manera adecuada el concepto de Incertidumbre es necesario conocer las siguientes definiciones:

Ajuste Es la disminución, cuando es posible, de los errores encontrados en la calibración de un de un instrumento determinado.

Error Absoluto Resultado de una medición menos el valor verdadero del mensurando

Incertidumbre Parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores; que razonablemente pudieran ser atribuidos al mensurado.

Mensurado Magnitud particular sujeta a medición.

Repetibilidad Proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurado realizadas bajo diferentes condiciones de medición.

Para calcular y reportar la incertidumbre de las mediciones se utiliza el siguiente procedimiento:

Corrección de la lectura $E=L-R$	E = Error absoluto de medición L = Lect. del inst. de Referencia R = Lectura del Calibrando
Promedio de las lecturas del Calibrando $\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$	X_i =Lectura del calibrando n = Número de lecturas \bar{X} = Promedio en un conjunto de datos X_i = Lectura i-esima del Calibrando
Desviación Estándar $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$	
Dispersión de la Media $S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$	
Incertidumbre de Repetibilidad $U_{Rep} = (S_x) (t_{95,45\%})$	t = de Student para un nivel de confianza del 95,45%

Incertidumbre del Calibrando	
$U_{\text{Calibrando}} = \sqrt{U_{\text{Repetibilidad}}^2 + U_{\text{Resolución}}^2}$	
Incertidumbre de Resolución	Rescalibrando = Resolución del calibrando 0,05 °C
$U_{\text{Resolución}} = \frac{\text{Rescalibrando}}{2\sqrt{3}}$	
Incertidumbre de Calibración	
$U_{\text{cal}} = \sqrt{\Delta_{\text{Block}}^2 + \text{Estabilidad}_{\text{Block}}^2 + U_{\text{Calibrando}}^2 + \left(\frac{U_{\text{Patrón}}}{2}\right)^2}$	
U Patrón = 0.067 °C Block seco K = 2	
Incertidumbre Total	
$U_{\text{Total}} = (U_{\text{Cal}})^2$	

Tabla 5.1

En la siguiente tabla obtenemos el factor “t” basado en la distribución “t” de Student para una distribución normal Este factor de corrección debe aplicarse principalmente, cuando se disponga de menos de 10 mediciones, es decir n<10.

Número de Observaciones N	t k=1 p=68,27%	t k=2 p=95,45%	t/2 k=2 p=95.45%
2	1,84	13,97	6,985
3	1,32	4,53	2,265
4	1,2	3,31	1,655
5	1,14	2,87	1,425
6	1,11	2,65	1,325
7	1,09	2,52	1,26
8	1,08	2,43	1,215
9	1,07	2,37	1,185
10	1,06	2,32	1,16
100	1,005	2,025	1,0125
∞	1	2	1

Tabla 5.2

Ejemplo: En la siguiente tabla se presenta una serie de datos tomados de una medición real y el cálculo de la incertidumbre para un solo punto.

Para el punto de referencia de 20,0 °C

X_p	$X_{\text{Calibrando}}$	$C = X_p - X_{\text{Calibrando}}$
20,0	19,9	0,1
20,0	19,9	0,1
20,0	19,9	0,1
20,0	19,9	0,1
20,0	19,9	0,1
20,0	19,9	0,1

Tabla 5.3

Promedio del Corrección $X = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$

$$X_c = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1$$

Promedio del Calibrando $X = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}$

$$X_p = \frac{19,9 + 19,9 + 19,9 + 19,9 + 19,9 + 19,9}{6} = 19,9$$

Desviación Estándar $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$

$$S = \sqrt{\frac{(19,9-19,9)^2 + (19,9-19,9)^2 + (19,9-19,9)^2 + (19,9-19,9)^2 + (19,9-19,9)^2 + (19,9-19,9)^2}{5}}$$

$$S = 0$$

Dispersión de la Media $\overline{S_x} = \frac{S}{\sqrt{n}}$ $\overline{S_x} = \frac{0}{\sqrt{6}}$

Incertidumbre de repetibilidad $U_{Rep} = (S_x) (t_{95,45\%})$
 $U_{Rep} = 0,0 \times 1,325 = 0,0$

Incertidumbre del calibrando $U_{cal} = \sqrt{U_{Repetibilidad}^2 + U_{Resolución}^2}$
 $U_{Res} = \frac{0,05}{2\sqrt{3}} = 0,014433$

$U_{cal} = \sqrt{(0)^2 + (0,014433)^2} = 0,014433$

Incertidumbre de la calibración

$$U_{cal} = \sqrt{\Delta_{Block}^2 + Estabilida d_{Block}^2 + U_{Calibrando}^2 + \left(\frac{U_{Patrón}}{2}\right)^2}$$

$U_{cal} = \sqrt{(0)^2 + (0,022)^2 + (0,014433)^2 + (0,67/2)^2} = 0,0425$

Incertidumbre Total $U_{TOTAL} = U_{cal} \times 2 = 0,0425 \times 2 = \underline{0,0851}$

De esta forma se calcula para todos los puntos⁵ que se calibraron y se obtienen incertidumbres puntuales, las cuales se documentan en el Informe de Calibración

⁵ ver hoja de cálculo interno en Anexos

5.3.4.3 Informe de Calibración

Los resultados de cada calibración, o series realizadas por el Laboratorio, se reportan en el documento denominado "Informe de Calibración" tomando como referencia el documento GUIDE ISO/IEC 9004-2 Quality management and quality system elements – Part 2. Guidelines for services (Administración por calidad y elementos de un sistema de calidad – Parte 2. Lineamientos para empresas de servicios), a continuación se muestra el formato que se sugiere para este fin. Esta es la cara principal



Nicoías, Sven, Pacheco y Andersen, S.A. de C.V.

Informe de Calibración

SNC Acreditación No -----

Fecha:-----	Informe No -----	Pag. - de -
Cliente:-----		
Dirección:-----	Tel:-----	

Inst. Referencia:-----	Marco:-----
Modelo:-----	Incert:-----
Intervalo:-----	
No. Serie:-----	
Ultima Calibración:-----	Por:-----

Círculo de Control y Medición de Temperatura	
Marca Inst:-----	
Tipo Inst:-----	
No. Serie:-----	
Intervalo:-----	
División Mín.:-----	
Resolución:-----	

RESULTADOS

	Inst. Ref.	Lect. Cal.	Corrección	Límites		Incert.
				-	+	
---	---	---	---	-	+	---
---	---	---	---	-	+	---
---	---	---	---	-	+	---
---	---	---	---	-	+	---
---	---	---	---	-	+	---

Figura 5.4

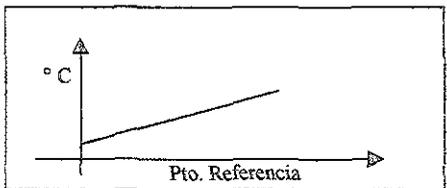
Esta es la parte posterior del "Informe de Calibración":



Pag. de _

Este instrumento queda:

Condiciones ambientales: Humedad _____
Temperatura _____



_____ Responsable Técnico

_____ Representante del Laboratorio

Figura 5.5

5.4 Desarrollo del diseño de un equipo para calibrar instrumentos medidores de Temperatura.

5.4.1 Conceptualización del diseño.

Un buen diseño es aquel que resuelve un problema particular de la manera más apropiada y eficiente. Para lograrlo, el diseñador requiere no solo una buena comprensión del problema sino también un amplio conocimiento de las técnicas y tecnologías disponibles. De manera inevitable, esto significa que la habilidad en el diseño aumenta con la experiencia, pero ello no debe verse como una reducción de la importancia de una buena estrategia sistemática y metódica. El diseño es un proceso creativo pero debe basarse en principios sólidos de Ingeniería para lograr un resultado que sea tanto económico como eficiente.

5.4.2 Planteamiento del problema

En el mercado existen equipos para calibrar instrumentos medidores de temperatura, siendo uno de ellos el Block Seco. Este aparato como ya se explico en capítulos anteriores es muy útil, ya que cuenta con un intervalo amplio de valores, cubriendo un numero mayor de puntos del instrumento a calibrar, y por medio del termopozo la transferencia de calor es uniforme hacia el sensor.

Sin embargo si se tuviera un juego de Blocks y cada uno de ellos con un punto fijo, se reduciría el tiempo de calibración y estabilización del punto a calibrar, logrando incrementar el volumen de instrumentos calibrados.

5.4.3 Metodología del diseño.

Requerimientos del cliente.

Una propuesta solicitada por la empresa fue desarrollar el diseño de un block que contara con una interface para conectarse a una PC, y poder apreciar el comportamiento de la estabilización en una gráfica. Como un segundo punto que trabajara a un valor fijo de 50 °C, y así ver la factibilidad de implantar este diseño en el Laboratorio.

Especificación del diseño

El block debe contar con las siguientes características:

- Estabilización a un punto fijo de 50°C
- Display indicador de temperatura
- Tamaño portátil
- Alimentación de energía de 127 V
- Interface para poder conectarse a una PC
- Termopozo que contenga 4 tamaños diferentes de diámetros.

Desarrollo del diseño

Una vez que se han especificado las características, se puede empezar la etapa del diseño de una manera descendente. Para los grandes proyectos la primera tarea consiste, por lo general, en dividir el sistema en varios módulos manejables. Luego se produce una especificación para cada módulo, la cual permite que este se diseñe y pruebe en forma independiente.

Una de las primeras decisiones de diseño que hay que tomar tiene que ver con la elección de la tecnología. Invariablemente una función dada se podrá llevar a la práctica de diferentes opciones, por ejemplo mediante técnicas analógicas, digitales o de software.

Diseño detallado.

Si la especificación del diseño se ha llevado a cabo de manera eficiente, la etapa del diseño detallado del proyecto deberá ser relativamente fácil. Cada sección de hardware consistirá en una serie de funciones que por lo general se pueden armar a partir de bloques de construcción de circuitos estándar. Una vez más, existen funciones y estructuras estándar para simplificar esta tarea.

Tomando como plataforma el Block seco, se recomienda utilizar un tubo de aluminio perforado para que sirva como termopozo. La figura 5.6 a) y b) muestra un corte transversal de éste y la figura completa.

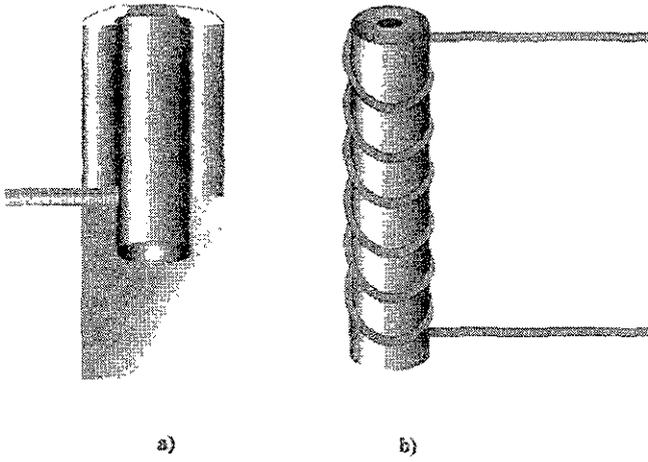


Figura 5.6

5.4.4. Diagrama.

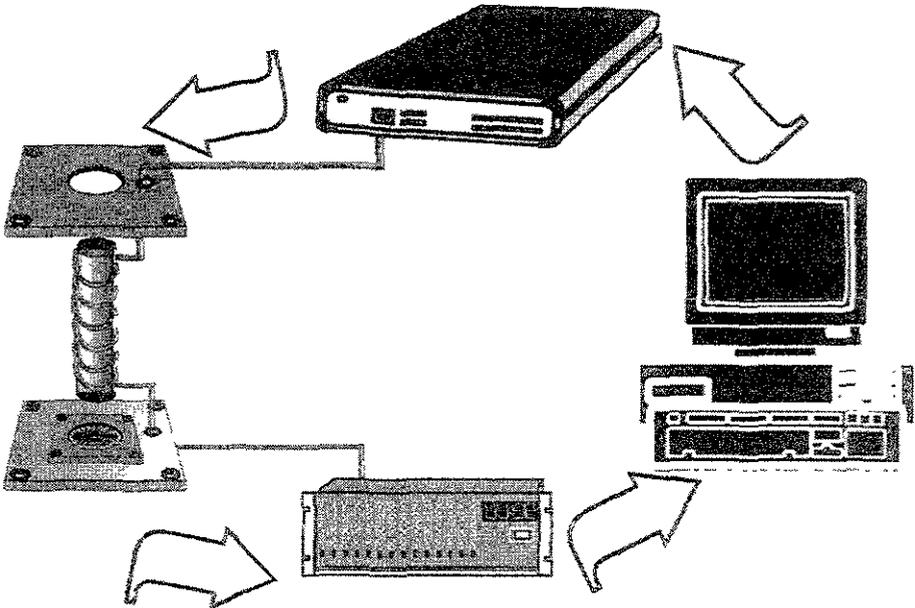


Figura 5.7

5.4.5 Selección de la tecnología.

Una de las decisiones cruciales que hay que tomar en el diseño de cualquier sistema es la elección de la tecnología. En el sentido más amplio, esto podría implicar el llevar a la práctica un sistema por medios mecánicos hidráulicos, neumáticos, eléctricos o electrónicos.

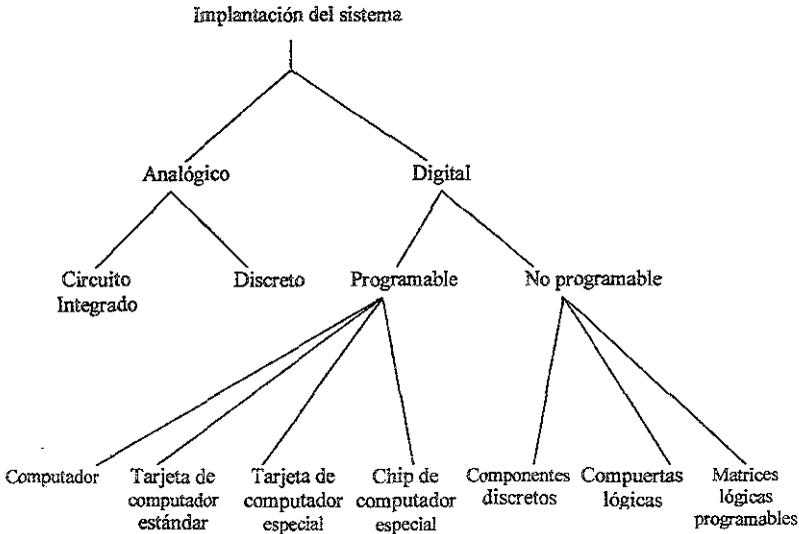


Diagrama 5.1

Una de las decisiones fundamentales es si la solución debe ser de forma analógica digital. Si se elige una solución analógica, entonces es necesario elegir entre una estrategia discreta o una integrada. Si parece más apropiado un sistema computarizado, y una implantación no programable.

Analógico frente a digital.

A menudo la elección entre una solución analógica y una digital a un problema particular está indicada por la naturaleza de las señales de entrada y de salida. Es evidente que si un sistema utiliza sólo sensores y actuadores binarios, entonces lo indicado es una estrategia digital, mientras que un sistema con entradas y salidas analógicas sugeriría una técnica analógica. Sin embargo aunque no es común usar un método analógico para un sistema con entradas y salidas puramente digitales, es bastante común usar técnicas digitales en aplicaciones que se usan señales analógicas. Una desventaja de esta última estrategia es que se debe incorporar

convertidores de datos para traducir las señales entre las formas analógica y digital. Sin embargo, en algunos casos las ventajas del procesamiento digital lo justifican.

En términos generales, se podría decir que las ventajas potenciales de un sistema digital residen en que este ofrece mayor consistencia entre unidades y un mejor comportamiento con ruido. El almacenamiento y transmisión de señales digitales es más fácil que el de señales analógicas, y el procesamiento de señales complejas se puede efectuar de manera más sencilla. Debido a la respuesta mejorada de los sistemas digitales, también el diseño es más sencillo y existe una gama más amplia de herramientas automatizadas para éste.

Si comparamos la realización analógica de una aplicación con un sistema programable basado en una computadora, entonces hay otros aspectos que considerar. Las ventajas de un sistema basado en una computadora se podrían identificar como sigue:

- Consistencia mejorada.
- Mayor flexibilidad a través de la programación.
- Hardware estándar.
- Cuenta reducida de componentes.
- Costo unitario más bajo (en ocasiones)
- Pruebas mejoradas y la capacidad para efectuar pruebas de autoevaluación.
- La oportunidad de añadir más características.
- Mayor confiabilidad.
- La posibilidad de proporcionar calibración automática o simplificada.

Contra estas ventajas, debemos listar las desventajas potenciales de la estrategia con la base en una computadora.

- Costo de desarrollo más alto
- Mayor inversión requerida en equipo de desarrollo.
- Escasez de experiencia en diseño.
- Escasez de experiencia en dirección.

Integrado vs discreto.

La elección entre el uso de circuitos integrados y componentes discretos en la producción de circuitos analógicos se debe basar en varios factores, incluyendo la función, el ruido, el consumo de energía, el costo, el tamaño y el esfuerzo de diseño. En general es más sencillo usar, CI pues así el diseñador de chips ya ha realizado la mayor parte del trabajo difícil. Sin embargo, en algunas aplicaciones muy sencillas o muy especializadas quizá resulten más apropiados los componentes discretos. A menudo los circuitos de alta potencia se deben llevar a la práctica por medio de transmisores discretos.

Programable vs a no programable.

En aplicaciones sencillas, resultan preferibles las soluciones no programables pues no requieren desarrollo de software y por lo tanto tienen un costo de desarrollo más bajo. Sin embargo, conforme aumenta la complejidad del sistema, aumentan las ventajas potenciales del uso de la estrategia programable. Una de las más grandes ventajas de los sistemas basados en una computadora es su flexibilidad. Esta permite el uso de una sola tarjeta estándar de una computadora para una gama de aplicaciones, reduciendo la diversidad de subsistemas que se debe producir. Esto propicia el ahorro tanto en tiempo de diseño como en costo de inventario. También permite actualizar el funcionamiento de un sistema tan sólo mediante el cambio de su programa de funcionamiento, sin tener que volver a diseñar hardware. Contra estas ventajas se encuentra el alto costo del desarrollo de software.

Implantación de sistemas programables

Los sistemas basados en una computadora se pueden implantar de varias maneras; la estrategia adoptada depende en gran medida de la tirada de producción. Los proyectos de baja tirada tienden a favorecer el uso de sistemas ya hechos, reduciendo la necesidad de una gran cantidad del costoso trabajo de diseño. Por otro lado, las aplicaciones de más alta tirada tienden a exigir una estrategia hecha a la medida con una cantidad mucho más grande de esfuerzo de diseño para producir tarjetas de circuito especializadas. Para los proyectos de muy alta tirada quizá resulte apropiado ordenar la producción de circuitos integrados para el cliente. Esta estrategia produce un costo unitario muy bajo, pero está relacionada con costos de desarrollo muy altos.

Implantación de sistemas programables.

Con los sistemas digitales no programables, el método de realización quizás esté determinado por la complejidad de las funciones que han de producirse. Cuando se requieren operaciones lógicas muy limitadas quizá sea posible producirlas mediante sencillos circuitos discretos basados en lógica de diodos o por medio de un pequeño número de transistores. Sin embargo, para funciones más complejas resulta normal el uso de compuertas lógicas convencionales. Por desgracia, aun los esquemas lógicos relativamente sencillos pueden producir circuitos que requieran varios dispositivos, y el uso de algún tipo de matriz lógica pronto se vuelve económico, en términos tanto de costo como de espacio.

Basándonos en las referencias y comparaciones presentadas anteriormente se sugiere el diseño del sistema analógico debido al tipo de aplicación.

Tecnologías de dispositivo

Habiendo decidido sobre el método de implantación de un sistema en particular, o módulo, es necesario entonces considerar la tecnología de dispositivos que deberá utilizarse para producirlo.

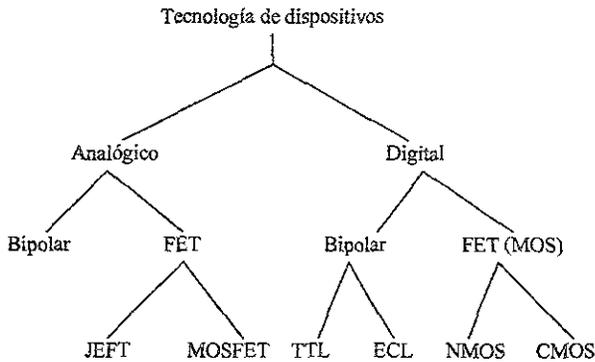


Diagrama 5.2

Una de las decisiones más importantes que hay que tomar con sistemas analógicos como digitales es la elección entre circuitos que usen transistores bipolares y aquellos basados en FET.

Bipolar frente a FET en sistemas analógicos.

Las características de los FET y de los transistores bipolares son suficientemente diferentes como para que se usen en muchos circuitos en los que no son intercambiables. En tales casos la elección de componentes resulta evidente. En general, los FET se usan en aplicaciones en las que se requiere una alta impedancia de entrada, y pueden proporcionar un buen comportamiento con ruido en esos casos. Los transistores bipolares tienen una resistencia de entrada más baja, pero a menudo pueden producir una ganancia mucho más alta y tienen un comportamiento con ruido superior cuando se les usa con fuentes de impedancia.

Bipolar frente a FET (MOS) en sistemas digitales.

En los sistemas digitales la elección entre circuitos bipolares y circuitos basados en FET se hacen en especial sobre consideraciones de velocidad, consumo de potencia, inmunidad al ruido y densidad de componentes.

El precio que se paga por el funcionamiento en alta velocidad de los dispositivos bipolares es un consumo de potencia mucho más grande que el MOS. Los circuitos MOS tienen también una mejor inmunidad al ruido que los dispositivos bipolares; las compuertas CMOS pueden tolerar ruido de por lo menos 30% del voltaje de alimentación.

5.4.6 Análisis

Resistencia de un conductor

Los conductores que se utilizan para suministrar energía eléctrica no son perfectos, ya que poseen una cierta resistencia que provoca unas considerables pérdidas de energía en forma de calor. Para poder estudiar este fenómeno, es muy importante poder calcular la resistencia que posee un conductor. Esta dependerá de la longitud que tenga el conductor y de la sección, así como del material de que esté compuesto.

En resumen si la resistencia eléctrica es la dificultad que ofrece un conductor al paso de corriente eléctrica, esta dificultad irá aumentando con el camino que tiene que recorrer; es decir, a mayor longitud, mayor será la resistencia. Si por el contrario, se aumenta la sección del conductor, los electrones tendrán más libertad para moverse y, por lo tanto la resistencia será menor.

Está claro que cada material tendrá un determinado valor de resistencia por cada metro y milímetro cuadrado de sección del mismo. A este valor se le denomina: "coeficiente de resistividad" y se escribe con la letra griega ρ .

La fórmula general para calcular la resistencia de cualquier conductor se expresa así:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

ρ = coeficiente de resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
 L = longitud del conductor (m)
 S = sección del conductor (mm^2)
 R = resistencia del conductor (Ω)

Ecuación 5.1

Algunos valores de resistividad de distintos materiales se presentan en la siguiente tabla.

Material	Símbolo	ρ
Plata	Ag	0.0163
Cobre	Cu	0.017
Aluminio	Al	0.028
Cinc	Zn	0.061
Estaño	Sn	0.12
Hierro	Fe	0.13
Plomo	Pb	0.204
Niquelina	Cu-Ni-Zn	0.40
Constatan	Cu-Ni	0.50
Mercurio	Hg	0.957
Nicrón	Ni-Cr	1
Carbón	C	63

Tabla 5.6

Considerando la tabla 5.6 cabe mencionar que la aleación 80/20 (cromel / alumel) es la mas recomendada para la producción de calor al hacer pasar una corriente por esta. La tabla 5.7 nos muestra las características en que se identifican los cables de cobre en base al calibre, diámetro y resistencia, sin embargo no presentan el coeficiente de resistividad teniendo por lo tanto que calcularlo.

Si tomamos como referencia un metro de alambre calibre 14 cuyo diámetro es 1.628 mm y su resistencia en ohms/metro es de 0.523; usando la ecuación 5.1 podemos calcular ρ .

$$\text{La superficie } S = \pi (D/2)^2 = \pi (1.628\text{mm}/2)^2 = 2.081 \text{ mm}^2$$

$$\rho = (RS)/L = (0.523\Omega * 2.081\text{mm}^2) / 1\text{m} = 1.0886\Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

La resistencia se puede calcular para temperaturas por encima de 0°C utilizando la siguiente fórmula:

$$R_T = R_0(1 + \alpha T)$$

Donde

R_T = resistencia a la temperatura T

R_0 = resistencia a 0°C

α = coeficiente de temperatura de la resistencia

Se va a calcular la resistencia a 50 °C, teniendo como datos una resistencia de 0.523 Ω a 25 °C, el coeficiente de temperatura es de 0.00392 $\Omega/\Omega^\circ\text{C}$ y se realiza de la siguiente forma:

$$R_T = R_0(1 + \alpha T)$$

$$R_T = (0.523 \Omega) (1 + 0.00392 \Omega/\Omega^\circ\text{C} * 50^\circ\text{C})$$

$$R_T = 0.625 \Omega$$

Con esta resistencia se puede calcular la longitud del cable a utilizar de la siguiente forma, utilizando la ecuación 5.1

$$L = R * S / \rho = (0.625 \Omega * 2.081 \text{ mm}^2 / 1.0886 \Omega \text{mm}^2 / \text{m}) = 1.1957 \text{ m}$$

Después de plantear las opciones para el diseño, en la siguiente tabla se establecen las características de los elementos seleccionados:

Elemento	Características	Observaciones
Tubo de Aluminio	\varnothing int de 1/2"x20cm	
Alambre 80/20	Cromel/Alumel	Calibre I4
Transductor de Temperatura	Tipo Digital	Display 4 dígitos
Computadora personal	Desde 486 a Pentium	Lenguaje Delphi, C, Visual Basic
Amplificador de corriente	Digital	
Bus de datos	Conexión serial o paralela	
Fuente de alimentación	127V	
Disipadores de calor	Ventilador con placas de aluminio	

OHMS POR METRO

B & S AWG	ϕ	ϕ	80/20	A-i	DSD
	MM	PULG;			
0	8.260	0.3250	0.020	0.029	0.027
2	6.540	0.2580	0.032	0.043	0.040
4	5.189	0.2043	0.052	0.069	0.064
5	4.620	0.1819	0.065	0.087	0.081
6	4.115	0.1620	0.082	0.109	0.102
7	3.665	0.1443	0.103	0.138	0.128
8	3.264	0.1285	0.130	0.173	0.161
9	2.906	0.1144	0.164	0.219	0.203
10	2.588	0.1019	0.207	0.276	0.257
11	2.304	0.0907	0.261	0.348	0.324
12	2.052	0.0808	0.327	0.438	0.430
13	1.829	0.0720	0.414	0.697	0.512
14	1.628	0.0641	0.523	0.878	0.647
15	1.45	0.0571	0.660	1.10	0.817
16	1.290	0.0508	0.83	1.39	1.03
17	1.151	0.0453	1.05	1.76	1.29
18	1.024	0.0404	1.32	1.85	1.63
19	912	0.0359	1.67	1.92	2.06
20	815	0.0320	2.10	2.03	2.60
21	0.724	0.0285	2.65	2.34	3.28
22	0.644	0.0253	3.36	2.90	4.14
23	0.574	0.0226	4.21	3.6	5.21
24	0.511	0.0201	5.32	4.8	6.57
25	0.455	0.0179	6.71	5.4	8.48
26	0.404	0.0159	8.51	7.7	10.53
27	0.361	0.0142	10.67	8.9	13.19
28	0.320	0.0126	13.55	12.0	16.79
29	0.287	0.0113	16.84	14.68	20.87
30	0.254	0.0100	21.01	16.8	26.64
31	0.226	0.0089	27.15	25.6	33.65
32	0.203	0.0080	33.62	30.05	41.71
33	0.180	0.0071	42.67	40.5	53.05
34	0.160	0.0063	54.19	51.2	67.14
35	0.142	0.0056	68.58	63.6	85.25
36	0.124	0.0050	86.03	66.3	106.60
37	0.114	0.0045	106.21	70.02	132.30
38	0.102	0.0040	134.41	120.5	165.20
39	0.089	0.0035	175.58	135.9	217.00
40	0.079	0.0031	223.79	168.98	275.40
41	0.071	0.0028	274.34	239.40	341.00
42	0.064	0.0025	344.07	295.30	419.70
43	0.056	0.0022	444.44	330.50	548.10
44	0.051	0.0020	537.60	398.50	660.90
45	0.045	0.0018	685.35	548.39	848.80

Tabla 5.7

VII. Conclusiones

Al terminar este trabajo se asimiló el proceso que se tiene que realizar para obtener el acreditamiento que otorga el Sistema Nacional de Calibración por medio de la Dirección General de Normas y así avalar el sistema de calidad del Laboratorio de Calibración.

Al analizar la situación del Laboratorio se observó que:

- No existía control en la información
- La información no se encontraba documentada
- No se contaba con la capacitación de personal
- No se contaba con un lugar específico para la ubicación de equipos

Se comenzó documentando los procedimientos, inventarios y listas con las que no se contaban.

Se dió formato a la información existente y a la nueva , para estandarizar la documentación.

Se implantó un control para la información

De esta manera se reunió la información en el Manual de Calidad, logrando orden y control haciendo la consulta fácil y accesible.

Por otro lado se programó la visita de evaluación para la auditoria correspondiente, en ella se hicieron observaciones en el contenido del Manual de Calidad y en los Procedimientos de Calibración.

El punto más relevante que se notificó, fue el de contar con un Programa de Aseguramiento de Mediciones que consiste en:

- Tener un instrumento patrón en el Laboratorio que cuente con trazabilidad a los sistemas de medición nacionales.
- Contar con un calendario de calibración actualizado, de los instrumentos de trabajo y patrón.
- Contar con el Historial de cada instrumento de trabajo y patrón (Certificados de Calibración).

Al tomar estas medidas se ha optimizado el control de los instrumentos donde en hojas de control se sabe:

En que fechas son utilizados los instrumentos

Donde se encuentran

Cuando ingresan al Laboratorio

Se tienen vigentes las fechas de calibración.

También por medio del patrón del Laboratorio, se realiza la calibración interna a los instrumentos de trabajo cada 3 meses, con estos datos se observa el comportamiento de los instrumentos de trabajo viendo las desviaciones que van sufriendo con el tiempo.

También fue muy importante que los Técnicos realizaran calibraciones como ejercicios, donde se les evaluó con una Auditoria Interna, detectando errores y corrigiéndolos; los cursos de capacitación fueron un factor muy importante para la mejoría de las calibraciones.

El acreditamiento se otorgo antes de entrar en vigor la norma (Entidad Mexicana de Acreditación), la cual es una organización privada, desempeña los mismos procedimientos para otorgar el acreditamiento a los Laboratorios de Calibración, Laboratorios de Pruebas y Unidades Verificadoras.

El manual de calidad como el que se desarrolló en esta tesis, fue un factor importante para visualizar las necesidades que se tienen en las empresas, como es documentar procedimientos e información pertinente, así utilizarlos como material de apoyo en la capacitación de personal, contar con un ciclo de mejora continua (en la técnicas de calibración de instrumentos indicadores de temperatura).

El desarrollo de la presente tesis nos presentó un panorama de las necesidades que también se tienen en la industria respecto al control de calidad en el área de medición en temperatura, así como la innovación para desarrollar equipos que cuenten con puntos fijos.

Por otro lado el Laboratorio sugirió plantear el diseño de un block seco en un punto fijo a 50°C. Para lograr un buen diseño se hizo un análisis y con base en esto se realizaron cálculos para poder tomar una decisión adecuada respecto al tipo de elementos que componen el block seco como se concluye en el capítulo 5.

La experiencia tomada en este trabajo nos presentó una imagen de que en el transcurso de la elaboración de un diseño siempre intervienen variables que de una forma u otra crean discrepancias en los cálculos o toma de decisiones.

Las diferentes variables que se consideraron fue decidir por un sistema digital o analógico, tipo de salida de resultados y así como el uso adecuado del material para lograr el punto fijo de temperatura requerido.

Cabe mencionar que aunque exista una gran variedad de equipos utilizados para calibrar instrumentos indicadores de temperatura, siempre surge la necesidad de contar con equipos auxiliares, como un punto fijo en temperatura, en nuestro caso se fijo a 50°C, lo óptimo sería tener varios equipos a puntos fijos con distintos valores para la minimización de tiempo. La necesidad de los puntos fijos se debe cuando al calibrar un instrumento, es necesario tomar varios puntos de referencia para cubrir el intervalo del instrumento calibrado, y en el transcurso de la estabilización de un punto a otro existe una gran periodo de tiempo; es decir si por ejemplo se tenían que tomar 5 o 7 puntos de referencia, al modificar el calibrador del block seco, éste se tiene que enfriar o calentar dependiendo de cual sería el siguiente punto de referencia a calibrar.

Aunque se sabe que existen puntos fijos como el punto triple del agua, el punto de congelación del agua, el punto de ebullición del oxígeno, hidrógeno, etc.; los valores que contemplan éstos, son demasiado alejados, así como las condiciones para obtenerlos. Lo que en ocasiones se llega a hacer es agregar sales al agua para evitar su punto de congelación a los 0°C, o también aumentando la presión para evitar un punto de ebullición a los 100 °C (esto depende del lugar donde se encuentre respecto al nivel del mar).

El diseñar un equipo que pueda estabilizarse en un valor fijo, utilizando todos los elementos necesarios, es de gran utilidad, ya que si los costos del diseño son bajos, bien se pueden desarrollar varios equipos con distintos valores de temperatura.

BIBLIOGRAFIA

- Ingeniería Industrial Métodos, tiempos y movimientos, Ed. Alfaomega
- Benjamín W. Niebel, 9º Edición Pag. 405-415.
- Método Experimentales para Ingenieros, J. P. Holman, Mc Grag Hill, Ed. 1979
- Instrumentación Electrónica, Staley wolf.
- Autómatas Programables, Joseph baicells/José Luis Romeral, Alfaomega Grupo Editor S: A. De C. V., Macombo 1998 México D. F.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización, reformada por Decreto y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de Mayo de 1997.
- SNC-01 Condiciones para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración.
- SNC-02 Requisitos Generales para el Acreditamiento de Laboratorios de Calibración.
- SNC-03 Solicitud para el Acreditamiento de los Laboratorios de Calibración.
- SNC-04 Guía para la Evaluación de Laboratorios de Calibración.
- NMX-CC-018:1996 IMNC (ISO 10013: 1995).
- NMX-Z-55:1986
- NMX- CC- 16- 1993, 150-I539

- NMX-CC-1 SISTEMAS DE CALIDAD
- NMX-CC-2 Sistemas de calidad - gestión de calidad. Guía para la selección y el uso de normas de aseguramiento de calidad
- NMX – CH – 140 : 1996, IMNC, Guía para evaluación de la incertidumbre en los resultados de las Mediciones.
- NMX-CH-70-1993 Instrumentos de medición – Termómetros Bimetálicos de Carátula.
- NOM-Z-64-1994 Calibración de termómetros de resistencia de platino.
- NOM-011-1993 Instrumentos de medición – Termómetros de liquido en vidrio para uso general.
- ASTM E1-95 Stándar especification for ASTM Thermometers
- GUIDE ISO/IEC 9004-2 Quality Management and Quality System Elements – Part 2. Guidelines for services (Administración por Calidad y Elementos de un Sistema de Calidad – Parte 2. Lineamientos para empresas de servicios)
- Cálculo de Incertidumbres en la metodología de presión. CENAM 1997, curso
- Documento CNC-01 Condiciones para el acreditamiento de los laboratorios de calibración.
- Guía para documentar procedimientos, Ruben J. Lasos Martínez, CENAM
- Guía BIMP/ISO para la expresión de la incertidumbre en las mediciones. Reporte

técnico. CENAM México 1994.

- Electrónica Industrial, Dispositivos, Equipos y Sistemas para Procesos y Comunicaciones Industriales; Editorial Paraninfo; James T.Humphries, Leslie P. Sheets 1996
- Principios Fundamentales de Electrónica; Pablo Alcalde S. Miguel; Parafinó 1995
- Electrónica de los Sistemas a los Componentes; Nell Storey; Addison Wesley Iberoamericana.
- Electrónica Principios y Aplicaciones; Charles Schuler A.; Reverté
- Principios de Electrónica; Albert Paul Malvino; McGrawHill; 4ª edición
- Industrial Electronics; James Maas; Prentice Hall
- Diseño Electrónico Circuitos y Sistemas; C. J. Savant, Jr. ;Martin S. Roden; Addison-Wesley Iberoamericana; 2ª edición
- Dispositivos Electrónicos y Amplificación de Señales; Adel S. Sedra; Kenneth C. Smith; McGrawHill
- Electrónica Digital Moderna Teoría y Práctica; Paraninfo ; 10ª edición
- Diseño de Hardware Electrónico; G. C. Loveday; Paraninfo
- Sistemas Realimentados de Control; John J. D Azzo ; Paraninfo; 4ª edición

A N E X O S

Informe de Calibración

Acreditación No. T-25/99

Pag. 1 de 2

Cliente:	---	Fecha de Calibración:	2000-OCT-31
Domicilio:	---	Fecha de Emisión:	2000-NOV-08
Teléfono:	---		
No. Informe:	T / 00 / 0641		

Instrumento Patrón

Tipo:	Baño Circulatorio	Resolución:	0,1 °C
Marca:	HAAKE	Exactitud:	± 0,3 °C
Modelo:	F3-CH	Incertidumbre:	± 0,3 °C
No. de serie:	S/N 195 007548 004	Ult. Cal.:	2000-MAY-23
Int. de Medición:	-20 a 150 °C	Realizado:	NSPA
Div. Mínima:	0,1 °C	Próxima cal.:	2000-NOV-23

Circuito de Control Calibrado: *Temperatura de Aire de Entrada (Indicador)*

Instrumento:	Sensor de gas	Controlador:	Graficador
Marca:	Valmet Oy Inst Work	Samson	Debro Jocker
Modelo:	---	3424-2000-01	4200-253
No. de serie:	6653	790485	9802985
Int. de Medición:	0 a 100°C / 0,2 a 1 bar	0 a 100 °C	0 a 100 °C
Div. Mínima:	---	2 °C	2 °C
Resolución:	---	1 °C	1 °C
Exactitud:	---	---	---
Identificación:	---	150	163 / Rojo
Código:	---	GS GLT TS.01	GS GLT TR.01
Máquina:	WSG CD 60	WSG CD 60	WSG CD 60
	Granulador de lecho Fluidizado		

RESULTADOS:

°C	Instrumento Referencia	Lect. del Calibrando	Corrección	Límites		Incertidumbre k = 2 °C
	Referencia: °C	Calibrando °C	°C	-2 °C del V r	+2 °C del V. r	
0	0,0	1,0	-1,0	-2,0	2,0	± 0,6
30	30,1	32,0	-1,9	28,1	32,1	± 0,6
50	50,0	51,0	-1,0	48,0	52,0	± 0,6
70	70,1	71,0	-0,9	68,1	72,1	± 0,6
100	100,1	99,0	1,1	98,1	102,1	± 0,6

Donde V.r. = es el valor de referencia

Condiciones Ambientales durante la calibración:

Humedad: 43 % ± 2 %H R.

Temperatura: 25,2 °C ± 2 °C

Nota :

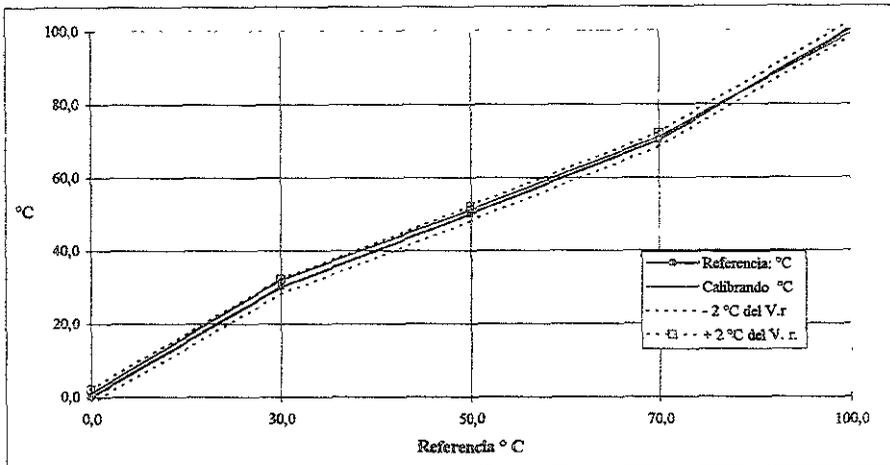
Todos los resultados están dentro del límite de tolerancia de ± 2 °C del valor de referencia.

Fecha recomendada para la próxima calibración :

2001-ABRIL

Esta calibración se realizó

En Campo



Procedimiento Utilizado:

La calibración se efectuó de acuerdo al PTEC-025, comparando el circuito de control en forma directa con el patrón, se seleccionan los puntos de calibración en el intervalo de operación y se realizan las lecturas necesarias.

Se reportan los resultados que corresponden al promedio de las lecturas en la primera página.

La incertidumbre se expresa con un factor de cobertura de $k = 2$.

El Patrón de referencia tiene trazabilidad al CENAM por medio de NSPA, S.A de C.V

Ing. Laura Angélica Colín Villedas
Responsable de la calibración

Ing. Miguel Martínez Salgado
Supervisor del Laboratorio

* Los resultados de este Informe de Calibración se relacionan exclusivamente con el circuito de control calibrado.

* El presente informe solo ampara las mediciones reportadas en el momento, condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta calibración

* Este Informe no podrá ser reproducido en forma parcial sin la autorización de Nicolas, Sven, Pacheco y Andrésen, S.A de C.V.

* Este Informe perderá validez si presenta borrones, raspaduras o emmendaduras.

* Este Informe es acorde con la Escala Internacional de Temperatura (EIT - 90)

Cliente ---
 Domicilio ---
 Teléfono ---

No de Informe **T / 00 / 0641**
 Fecha de calibración **2000-OCT-31**
 Fecha de Emisión **2000-NOV-08**

Incertidumbre del patrón 0,067 °C k = 2
 Resolución del calibrando 1 °C U_R = 0,2886751

$U_R = DMS / 2 \cdot (3)^{1/2}$ U_R = Incertidumbre de Resolución
 DMS es Dígito Menos Significativo (Resolución del Calibrando)

	X ₁ = 0 °C			X ₂ = 30 °C			X ₃ = 50 °C			X ₄ = 70 °C			X ₅ = 100 °C			X ₆ = -- °C			
	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	
1	0,0	1,0	-1,0	30,1	32,0	-1,9	50,0	51,0	-1,0	70,1	71,0	-0,9	100,1	99,0	1,1	--	--	--	#VALUE!
2	0,0	1,0	-1,0	30,1	32,0	-1,9	50,0	51,0	-1,0	70,1	71,0	-0,9	100,1	99,0	1,1	--	--	--	#VALUE!
3	0,0	1,0	-1,0	30,1	32,0	-1,9	50,0	51,0	-1,0	70,1	71,0	-0,9	100,1	99,0	1,1	--	--	--	#VALUE!
4	0,0	1,0	-1,0	30,1	32,0	-1,9	50,0	51,0	-1,0	70,1	71,0	-0,9	100,1	99,0	1,1	--	--	--	#VALUE!
5	0,0	1,0	-1,0	30,1	32,0	-1,9	50,0	51,0	-1,0	70,1	71,0	-0,9	100,1	99,0	1,1	--	--	--	#VALUE!
6	0,0	1,0	-1,0	30,1	32,0	-1,9	50,0	51,0	-1,0	70,1	71,0	-0,9	100,1	99,0	1,1	--	--	--	#VALUE!
\bar{x}	0,0	1,0	-1,0	30,1	32,0	-1,9	50,0	51,0	-1,0	70,1	71,0	-0,9	100,1	99,0	1,1	--	--	--	#DIV/0!
\bar{x}_p																			#DIV/0!
\bar{x}																			#DIV/0!
Δ	0,000			0,000			0,000			0,000			0,000			0,000			#DIV/0!
Estabilidad	0,022			0,022			0,022			0,022			0,022 °C			0,022			#DIV/0!
\bar{x}	1,0000			32,0000			51,0000			71,0000			99,0000			--			#DIV/0!
S	0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			#DIV/0!
Sx	0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			#DIV/0!
U _{Rep}	0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			#DIV/0!
U _{Calibrando}	0,2887			0,2887			0,2887			0,2887			0,2887			0,2887			#DIV/0!
U _{Calibración}	0,2972			0,2972			0,2972			0,2972			0,2972			0,2972			#DIV/0!
U _{Total X₁}	0,594 °C			0,594 °C			0,594 °C			0,594 °C			0,594 °C			0,594 °C			#DIV/0!

No de Observaciones	%
2	22%
1	10%
3	10%
4	10%
5	10%
6	10%
7	10%
8	10%
9	10%
10	10%
100	100%

	V _f	\bar{x}_p	\bar{x}	U _{exp}
X ₁	0	0,00	1,000	0,594
X ₂	30	30,10	32,000	0,594
X ₃	50	50,00	51,000	0,594
X ₄	70	70,10	71,000	0,594
X ₅	100	100,10	99,000	0,594
X ₆	--	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
X ₇				
X ₈				

Responsable de la calibración

Superviso

Informe de Calibración

SNC Acreditación. No. T-25/99

Pag. 1 de 2

Cliente:	—	Fecha de Calibración:	2000-NOV-01
Domicilio:	—	Fecha de Emisión:	2000-NOV-08
Teléfono:	—		
No. Informe:	T / 00 / 060		

Instrumento Patrón

Instrumento:	PT 100	Resolución:	Baja 0,01 °C
Marca:	ASL		Alta 0,001 °C
Modelo:	T100-250	Exactitud:	± 0,01 °C
No. de serie:	B448472	Incertidumbre:	± 0,001 °C
Int. de Medición:	-50 a 250 °C	Última cal.:	00-ENE-18
Div. Mínima:	0,001 °C	Realizado por:	CENAM
		Próxima cal.:	01-ENE-18

Instrumento Calibrado

Instrumento:	Termometro Bimetálico	Resolución:	2,5 °C
Marca:	Rochester	Exactitud:	4 °C
Modelo:	2439	Código:	CD CYB II.02
No. de serie:	—	Incertidumbre:	—
Int. de Medición:	0 a 400 °C	Última cal.:	99-JUL-28
Div. Mínima:	5 °C	Realizado por:	PROFETEC

RESULTADOS

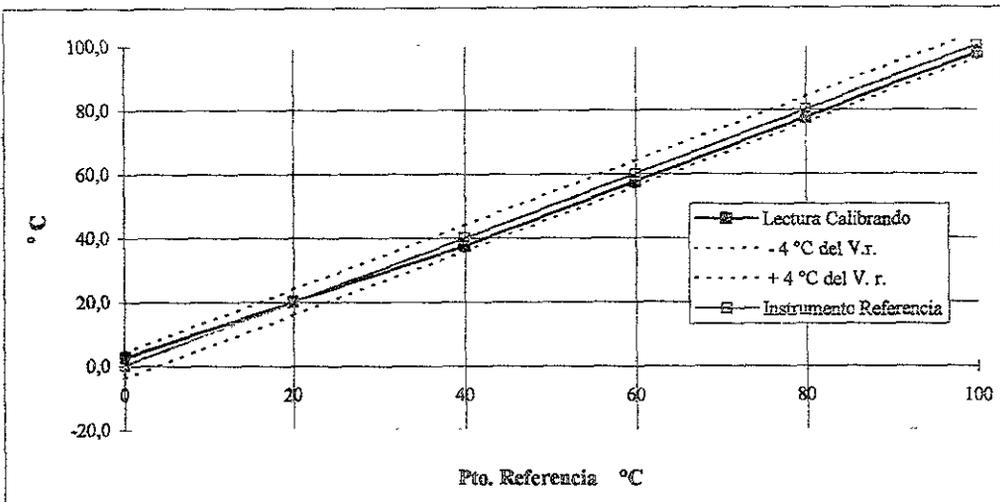
Referencia	Instrumento Referencia	Lectura Calibrando	Corrección	Límites		Incertidumbre
°C	°C	°C	°C	-4 °C del V.r.	+4 °C del V.r.	k=2 (°C)
0	0,10	2,5	-2,40	-3,9	4,1	± 1,6
20	19,80	20,0	-0,20	15,8	23,8	± 1,6
40	39,90	37,5	2,40	35,9	43,9	± 1,6
60	59,90	57,5	2,40	55,9	63,9	± 1,6
80	79,90	77,5	2,40	75,9	83,9	± 1,6
100	99,80	97,5	2,30	95,8	103,8	± 1,6

Donde V.r. = es el valor de referencia

Observaciones:

Todos los resultados estan dentro del limite de ± 4 °C del valor de referencia, de acuerdo a la norma NOM-011-SCFI-1993.

Condiciones Ambientales durante la calibración:	Humedad	43 % \pm 2% HR
	Temperatura:	24,6 °C \pm 2 °C
Fecha recomendada para la próxima calibración		2001-MAYO
Esta calibración se realizó:		En Campo

**Procedimiento Utilizado:**

La calibración se efectuó de acuerdo al PTEC-026, comparando el instrumento en forma directa con el patrón, se seleccionan los puntos de calibración en el intervalo de operación y se realizan las lecturas necesarias. Se reportan los resultados que corresponden al promedio de las lecturas en la primera página. La incertidumbre se expresa con un factor de cobertura de $k = 2$.

El Patrón de referencia tiene trazabilidad al CENAM por medio de NSPA, S.A de C.V

Ing. Laura Angélica Colín Villedas
Responsable de la calibración

Ing. Miguel Martínez Salgado
Supervisor del Laboratorio

- * Los resultados de este Informe de Calibración se relacionan exclusivamente con el instrumento calibrado.
- * El presente Informe solo ampara las mediciones reportadas en el momento, condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta calibración.
- * Este Informe no podrá ser reproducido en forma parcial sin la autorización de Nicolás, Sven, Pacheco y Andresen S.A de C.V.
- * Este Informe perderá validez si presenta borrones, raspaduras o enmendaduras.
- * Este Informe es acorde con la Escala Internacional de Temperatura (EIT - 90).

Cliente ---
 Domicilio ---
 Teléfono ---

No de Informe T / 00 / 060
 Fecha de calibración 2000-NOV-01
 Fecha de Emisión 2000-NOV-08

Incertidumbre del patrón 0,3 °C k=2
 Resolución del calibrando 2,5 °C U_R = 0,7216678

U_R = DMS/ 2*(3)^{1/2} U_R = Incertidumbre de Resolución
 DMS es Dígito Menos Significativo (Resolución del Calibrando)

	X ₁ = 0 °C			X ₂ = 20 °C			X ₃ = 40 °C			X ₄ = 60 °C			X ₅ = 80 °C			X ₆ = 100 °C		
	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x	x _p	x	C = x _p - x
1	0,10	2,5	-2,4	19,80	20,0	-0,2	39,90	37,5	2,4	59,90	57,5	2,40	79,90	77,5	2,4	99,80	97,5	2,3
2	0,10	2,5	-2,4	19,80	20,0	-0,2	39,90	37,5	2,4	59,90	57,5	2,40	79,90	77,5	2,4	99,80	97,5	2,3
3	0,10	2,5	-2,4	19,80	20,0	-0,2	39,90	37,5	2,4	59,90	57,5	2,40	79,90	77,5	2,4	99,80	97,5	2,3
4	0,10	2,5	-2,4	19,80	20,0	-0,2	39,90	37,5	2,4	59,90	57,5	2,40	79,90	77,5	2,4	99,80	97,5	2,3
5	0,10	2,5	-2,4	19,80	20,0	-0,2	39,90	37,5	2,4	59,90	57,5	2,40	79,90	77,5	2,4	99,80	97,5	2,3
6	0,10	2,5	-2,4	19,80	20,0	-0,2	39,90	37,5	2,4	59,90	57,5	2,40	79,90	77,5	2,4	99,80	97,5	2,3
\bar{x}	0,1	2,50	-2,4	19,8	20,00	-0,2	39,9	37,5	2,4	59,9	57,5	2,4	79,9	77,5	2,4	99,8	97,5	2,3
\bar{x}_p		\bar{x}	\bar{C}	\bar{x}_p	\bar{x}	\bar{C}												

A 0,000

Δ 0,000

Δ 0,000

Δ 0,000

Δ 0,000

Δ 0,000

Estabilidad 0,022
 \bar{x} = 2,500
 S = 0,000
 Sx = 0,000
 U_{Rep} = 0,000
 U_{Calibrando} = 0,7217
 U_{Calibración} = 0,7819
 U_{Total X₁} = 1,564 °C

Estabilidad 0,022
 \bar{x} = 20,00
 S = 0,000
 Sx = 0,000
 U_{Rep} = 0,000
 U_{Calibrando} = 0,7217
 U_{Calibración} = 0,7819
 U_{Total X₂} = 1,564 °C

Estabilidad 0,022
 \bar{x} = 37,50
 S = 0,000
 Sx = 0,000
 U_{Rep} = 0,000
 U_{Calibrando} = 0,7217
 U_{Calibración} = 0,7819
 U_{Total X₃} = 1,564 °C

Estabilidad 0,022
 \bar{x} = 57,50
 S = 0,000
 Sx = 0,000
 U_{Rep} = 0,000
 U_{Calibrando} = 0,7217
 U_{Calibración} = 0,7819
 U_{Total X₄} = 1,564 °C

Estabilidad 0,022 °C
 \bar{x} = 77,50
 S = 0,000
 Sx = 0,000
 U_{Rep} = 0,000
 U_{Calibrando} = 0,7217
 U_{Calibración} = 0,7819
 U_{Total X₅} = 1,564 °C

Estabilidad 0,022
 \bar{x} = 97,50
 S = 0,000
 Sx = 0,000
 U_{Rep} = 0,000
 U_{Calibrando} = 0,7217
 U_{Calibración} = 0,7819
 U_{Total X₆} = 1,564 °C

No de Observaciones	u2
1	228
4	169
5	160
6	129
7	124
8	120
9	119
10	116
100	1012

X ₇ =	°C
x _p	x
	C = x _p - x

1	--	--	#VALUE!
2	--	--	#VALUE!
3	--	--	#VALUE!
4	--	--	#VALUE!
5	--	--	#VALUE!
6	--	--	#VALUE!

	v r	x _p	x	Uexp
X ₁ =	0	0,1	2,5	1,564
X ₂ =	20	19,8	20,0	1,564
X ₃ =	40	39,9	37,5	1,564
X ₄ =	60	59,9	57,5	1,564
X ₅ =	80	79,9	77,5	1,564
X ₆ =	100	99,8	97,5	1,564
X ₇ =	--	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
X ₈ =				

Responsable de la calibración

Supervisó

x #DIV/0!
 \bar{x}_p
 A 0,000
 Estabilidad 0,022
 \bar{x} #DIV/0!
 S #DIV/0!
 Sx #DIV/0!
 U_{Rep} #DIV/0!
 U_{Calibrando} #DIV/0!
 U_{Calibración} #DIV/0!
 U_{Total X₇} #DIV/0! °C