

SNMH
551.508.26
ej.3



**PROGRAMA DE CAPACITACION A DISTANCIA EN
OBSERVACIONES DEL
TIEMPO Y DEL CLIMA**



MODULO N° 2

TERMOMETRIA

SNMH
51.508.26
ej.3



PRESENTACION

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, se complace en ofrecer el Módulo N° 2 de TERMOMETRIA, dirigido a los Observadores Meteorológicos de la Red Nacional de Estaciones, diseñados según los requerimientos inmediatos de equipos e instrumentos necesarios para la lectura y registro de la temperatura. La información que presenta cada tema del módulo está relacionado con la definición, descripción, características, lectura y mediciones.

Este material didáctico está destinado a apoyar al Observador Meteorológico como un participante en el proceso de enseñanza, siendo posible el autoaprendizaje en el puesto de trabajo, complementado con el asesoramiento de los Directores Regionales para reforzar el aprendizaje.

Contiene una secuencia didáctica sobre las operaciones de lectura y medida de la temperatura, para ello se definen los objetivos, los contenidos, y la metodología del autoaprendizaje.

Los aportes y sugerencias que pudieran formularse serán bien venidos a fin de introducir los reajustes que sean necesarios.

SENAMHI

Lima octubre de 1994

OBJETIVO GENERAL

**El objetivo general del Módulo N° 2
de Termometría está orientado a :**

Adiestrar al Observador Meteorológico en el conocimiento teórico-práctico y los conceptos básicos de termometría, medición, lectura y registro de la temperatura con un criterio de precisión, confiabilidad y honestidad; destacando la importancia de las mediciones para múltiples aplicaciones, como la previsión del tiempo, estudios de la variabilidad y el cambio climático y sus efectos en las actividades productivas y el desarrollo económico y social del país.



F

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Al término de la siguiente lección, el Observador Meteorológico estará en condiciones de:

- 1) Explicar los conceptos básicos de temperatura y calor;**
- 2) Conocer los principios físicos del funcionamiento del termómetro, geotermómetro y el termógrafo;**
- 3) Efectuar lecturas de la temperatura , con exactitud y puntualidad;**
- 4) Registrar las mediciones de la temperatura en forma clara en la libreta de observaciones meteorológicas;**
- 5) Realizar tareas de mantenimiento básico del instrumental.**
- 6) Asociar el comportamiento de la temperatura con la situación meteorológica del momento;**
- 7) Responder los requerimientos administrativos de la estación, a las necesidades de la comunidad y del público en general**

CONTENIDOS DEL APRENDIZAJE

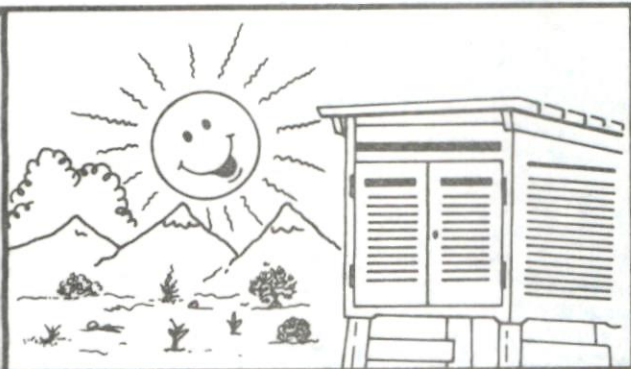
Presentación	Pág. 1
Objetivo General	Pág. 2
Objetivos Específicos	Pág. 3
Contenidos del Aprendizaje	Pág. 4
Metodología	Pág. 5
2.0 Introducción	Pág. 6
2.1 Calor y Temperatura	Pág. 6
2.1.1 Calor	Pág. 7
2.1.2 Temperatura	Pág. 7
2.2 Principios físicos de la medida de la temperatura	Pág. 7
2.3 Termómetros de expansión térmica	Pág. 7
2.4 Termómetro de mercurio	Pág. 8
2.5 Partes del termómetro	Pág. 8
2.6 Escalas termométricas	Pág. 9
2.6.1 Escala Fahrenheit	Pág. 9
2.7 Conversión de temperaturas	Pág. 9
2.8 Exposición del instrumental	Pág. 10
2.9 La caseta meteorológica	Pág. 10
2.10 Emplazamiento de la caseta	Pág. 10
2.11 Lectura del termómetro	Pág. 11
2.12 Termómetro de máxima	Pág. 11
2.12.1 Funcionamiento	Pág. 12
2.12.2 Lectura	Pág. 12
2.12.3 Puesta en estación del termómetro de máxima	Pág. 12
2.13 Termómetro de mínima	Pág. 13
2.13.1 Funcionamiento	Pág. 13
2.13.2 Lectura	Pág. 13
2.13.3 Puesta en estación del termómetro de mínima	Pág. 13
2.14 Mantenimiento del termómetro	Pág. 13
2.15 Geotermómetros	Pág. 14
2.15.1 Geotermómetros de 2, 5, 10 y 20 cm	Pág. 14
2.15.2 Geotermómetros de 50 y 100 cm	Pág. 15
2.16 Termógrafo bimetalico	Pág. 16
2.16.1 Funcionamiento	Pág. 16
2.16.2 El termograma	Pág. 17
2.16.3 Instalación y cambio del termograma	Pág. 18
2.17 Misceláneas	Pág. 22
2.17.1 Características que pueden reunir los instrumentos meteorológicos	Pág. 22
2.17.2 Mediciones directas, remotas e indirectos	Pág. 22
2.17.3 Comportamiento dinámico de los instrumentos meteorológicos	Pág. 22
2.17.4 Definición de una escala termométrica	Pág. 22
2.17.5 Propiedades térmicas más usadas en meteorología	Pág. 23
2.17.6 Tipos de termómetros más comunes	Pág. 23
2.18 Glosario	Pág. 24
2.19 Bibliografía	Pág. 25
2.20 Cuestionario para la evaluación	Pág. 26

METODOLOGIA

Las unidades de aprendizaje desarrollados en el Módulo N° 2 de Termometría, se presentan mediante textos y gráficos explicativos diseñados en una secuencia didáctica que estimula el autoaprendizaje del Observador Meteorológico. Para lograr los objetivos de aprendizaje, es recomendable leer con mucha atención, analizando y practicando cada una de las lecciones. Cuando esté convencido de haber entendido los contenidos temáticos deberá; desarrollar la prueba de autoevaluación sin consultar el texto, luego verifique sus respuestas. Si tuviera muchos errores, volverá a estudiar con mayor atención para reforzar su aprendizaje y nuevamente responderá las preguntas y remitirá la prueba a la Dirección Regional.

MODULO Nº 2

TERMOMETRIA



2.0 Introducción

El sol emite una gran cantidad de energía, que es responsable de la mayoría de los cambios físicos que tienen lugar en la atmósfera y la superficie de la tierra. El resultado inmediato del proceso de la insolación sobre la superficie terrestre, es la adquisición de un determinado grado de calor que se traduce en uno de los factores determinantes de las condiciones del tiempo y del clima.

Termometría, es el estudio de la medida de los fenómenos térmicos o calóricos. En nuestra vida diaria tenemos una infinidad de ejemplos de fenómenos térmicos, tales como la nieve de las montañas; cuerpos a temperatura del ambiente, como el agua de los ríos, la lluvia; y cuerpos calientes, como el agua hirviendo en una olla.

2.1 Calor y temperatura

El concepto más elemental de temperatura, es el resultado de la sensación de frío o calor; el calor y la temperatura son cantidades físicas diferentes y es muy importante establecer su contraste. Antes de definir el calor y la temperatura, observar los siguientes experimentos :

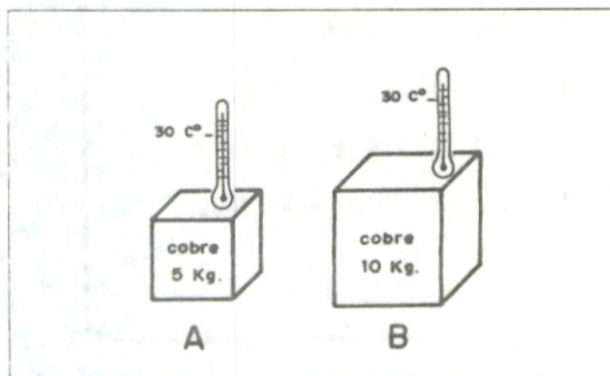


Fig. 28

Tenemos dos trozos A y B de una misma sustancia (Fig.28) de modo que la masa del trozo B es el doble que A. Si ambos están a la misma temperatura (30°C), esto quiere decir, que las moléculas de los trozos A y B vibran a la misma velocidad. En consecuencia, la cantidad de calor del trozo B será el doble que A, es decir, el calor que tiene un cuerpo depende de la cantidad de masa que éste posee.

En la Fig. 29 observamos que el trozo A tiene una temperatura más alta que el trozo B; entonces, el flujo de calor pasa de los cuerpos más calientes hacia los cuerpos fríos.

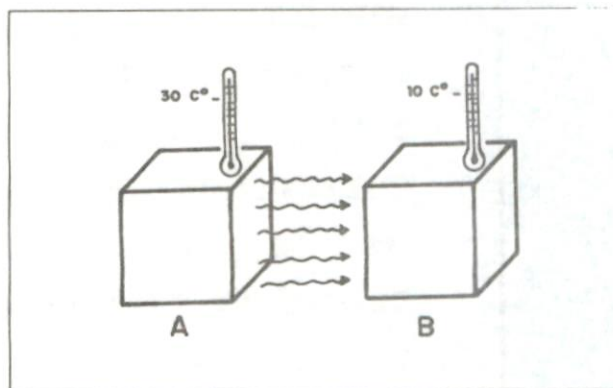


Fig. 29 Flujo de calor

Si se calienta un trozo de hierro (un clavo por ejemplo) hasta alcanzar una temperatura de 700°C donde se pone al rojo vivo y luego se sumerge en una cubeta que contiene agua fría a la temperatura de 12°C , se puede observar un ligero incremento de la temperatura del agua en 1°C (Fig. 30); esto se debe a la transferencia del calor desde el clavo hacia el agua.

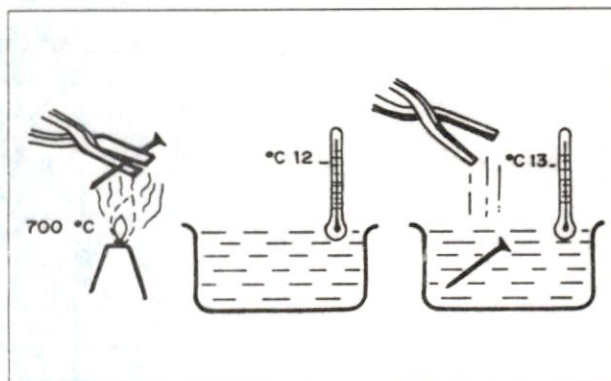


Fig. 30

Ahora, si se calienta una pesa de hierro de 5 Kg (Fig.31) hasta alcanzar una temperatura de 150 °C y luego se introduce en una cubeta que contiene la misma cantidad de agua del ejemplo anterior. Se observará un incremento apreciable de la temperatura del agua en 6 °C; entonces podemos afirmar que se ha transferido una mayor cantidad de energía calórica desde la pesa hacia el agua.

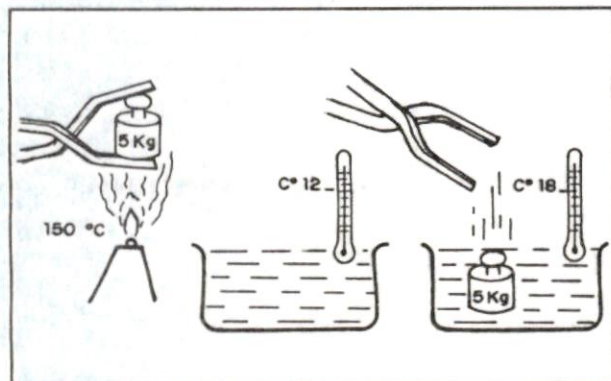


Fig. 31

Este experimento demuestra que la pesa de hierro de mayor masa, posee mayor energía que la del clavo, aunque ésta última haya alcanzado una temperatura más alta.

2.1.1 Calor

El calor es una forma de energía que poseen todos los objetos materiales y depende del número total de moléculas del cuerpo. Al enfriarse un cuerpo pierde energía calórica, pero no pierde todo su calor, sólo a la temperatura de cero absoluto (-273.15 °C) cesa toda actividad molecular.

2.1.2 Temperatura

La temperatura de un cuerpo es la condición que determina si el cuerpo es apto para transmitir calor a otros o para recibir calor transmitido por éstos. La temperatura de un cuerpo depende de la energía cinética media de la vibración de las moléculas. Cuando un objeto recibe calor, la energía térmica es absorbida por sus moléculas; si es un cuerpo sólido sus moléculas vibran con mayor energía; en los gases y líquidos las moléculas se moverán con una velocidad mucho mayor.

2.2. Principios físicos de la medida de la temperatura.

La medición de la temperatura se basa en los principios físicos de los cuerpos. Así, observamos que cuando aumenta la temperatura de un cuerpo sufre modificaciones físicas, como por ejemplo la dilatación de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos que aumentan sus dimensiones; a este aumento se le denomina expansión térmica; por el contrario, si la temperatura disminuye el cuerpo se contrae, es decir, disminuye sus dimensiones. También los cambios de temperatura de los cuerpos producen cambios de estado; así podemos notar que el agua se encuentra en tres estados; sólido, líquido y gaseoso.

2.3 Termómetros de expansión térmica

La construcción de termómetros se basa en los principios físicos, como la dilatación y la contracción de los cuerpos cuando se calientan o enfrían a una presión constante. Los termómetros para fines meteorológicos usan como cuerpos termométricos el mercurio y el alcohol.

En la Fig.32 se observa que los estados físicos del agua dependen principalmente de la temperatura. Se tiene un depósito que contiene hielo a -10 °C y al calentarlo con una fuente de calor se logra una temperatura de 0 °C (Fig.32.b). En este caso, el calor que se suministra para derretir el hielo sólo se emplea para cambiar del estado sólido al líquido; mientras que haya agua y hielo la temperatura del conjunto no cambiará.

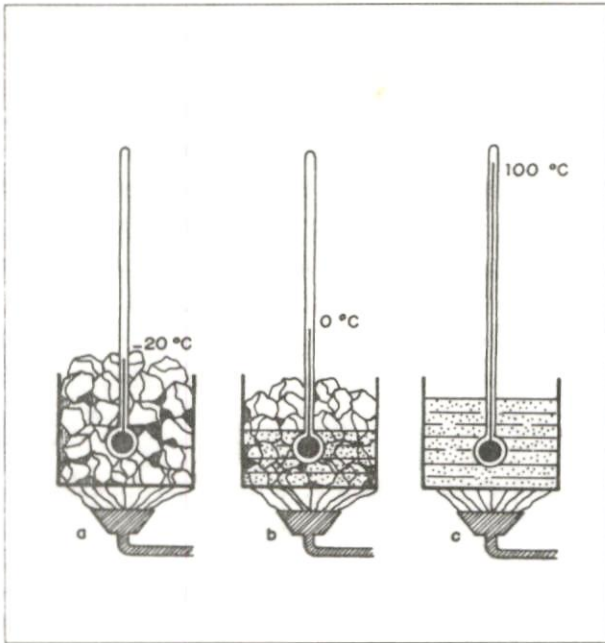


Fig. 32

En la Fig. 32-c si se sigue calentando el agua hasta llegar a los 100 °C a una presión normal de 760 mm de mercurio, el agua pasa del estado líquido a vapor.

2.4 Termómetro de mercurio

El termómetro es el instrumento de precisión que mide las variaciones de la temperatura. La construcción de los termómetros se basa en los principios físicos de la dilatación y contracción de los cuerpos termométricos dependiendo de los cambios de temperatura. Los termómetros contienen el líquido termométrico (mercurio); el volumen del líquido aumenta conforme aumenta la temperatura provocando que éste líquido ascienda por el tubo capilar; cuando la temperatura disminuye el líquido termométrico se contrae y la columna también desciende. El mercurio es el cuerpo termométrico más práctico por las siguientes razones:

- a) Tiene un alto grado de pureza.
- b) Es muy estable a través del tiempo, no experimenta alteraciones químicas.
- c) Tiene una gran conductividad térmica, que produce una sensibilidad para responder en el menor tiempo.

d) Es opaco, lo que facilita la lectura en el tubo capilar.

e) Su estado líquido es de -39 °C a 357°C.

f) No moja al tubo capilar.

2.5 Partes del termómetro

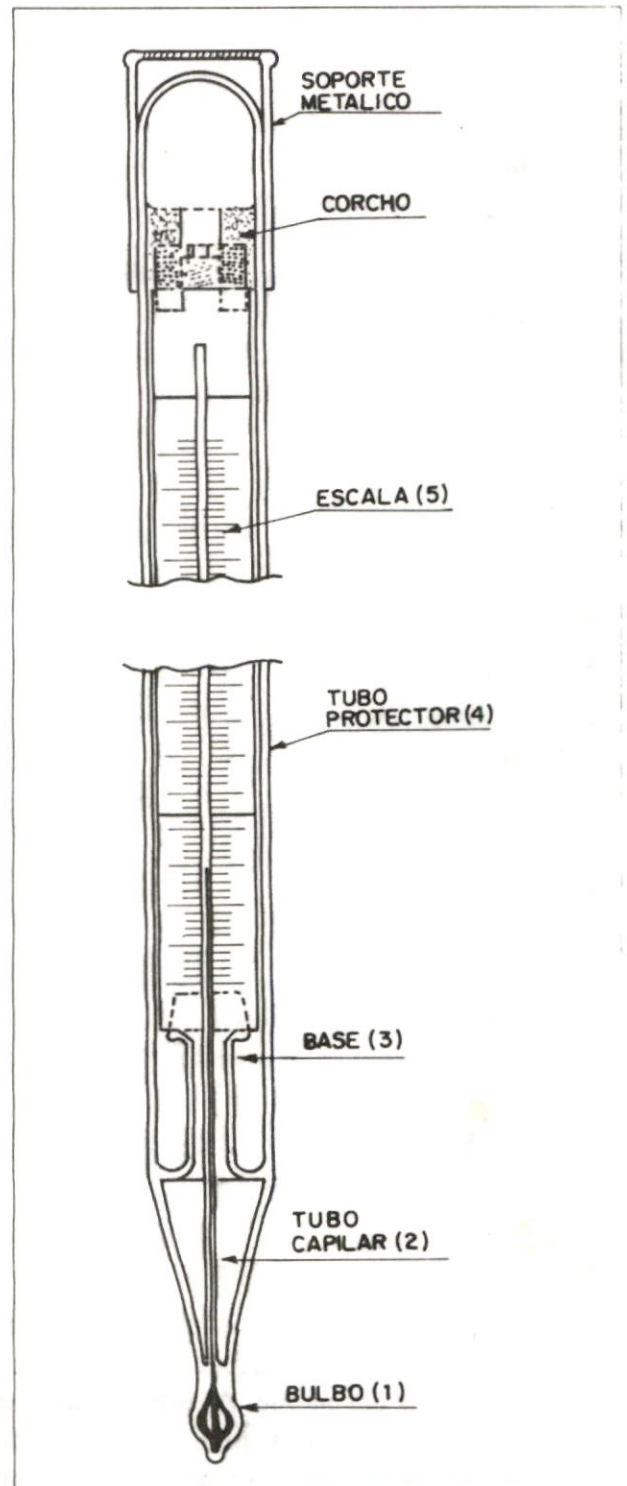


Fig. 33 Partes del termómetro

El termómetro {Fig. 33) se compone de las siguientes partes:

a) El bulbo o depósito.

Es de forma ovalada, que le permite tener una superficie más amplia con el aire para aumentar la sensibilidad.

b) El tubo capilar

Es de vidrio y está soldado al bulbo por donde circula libremente el líquido termométrico debido a los cambios de temperatura. El tubo capilar tiene un diámetro interno de 0,25 a 1,0 mm y está cerrado en el extremo superior por una ampolla periforme o cilíndrica.

c) Escala

La escala es de porcelana blanca, graduada en °C con divisiones de 0,2 °C que permiten realizar lecturas con una precisión de 0,1 °C. El rango es por lo general de -25 °C a 65 °C.

d) Tubo de vidrio protector

e) Soporte metálico.

2.6 Escalas termométricas

La determinación de las escalas de temperatura se basa en los puntos fijos conocidos como:

a) Punto 0 °C

Llamado punto de fusión del hielo; es la temperatura en la cual el agua se funde cuando la presión exterior es de 760 mm de mercurio (Fig. 32-b).

b) Punto de 100 °C

Llamado punto de ebullición del agua; es la temperatura en la cual el agua hierve a la presión normal de 760 mm de mercurio {Fig. 32-c).

2.6.1 Escala Celsius

Entre 0 °C y 100 °C hay 100 divisiones iguales y a cada una de ellas se le asigna el valor de 1 °C (Fig. 34)

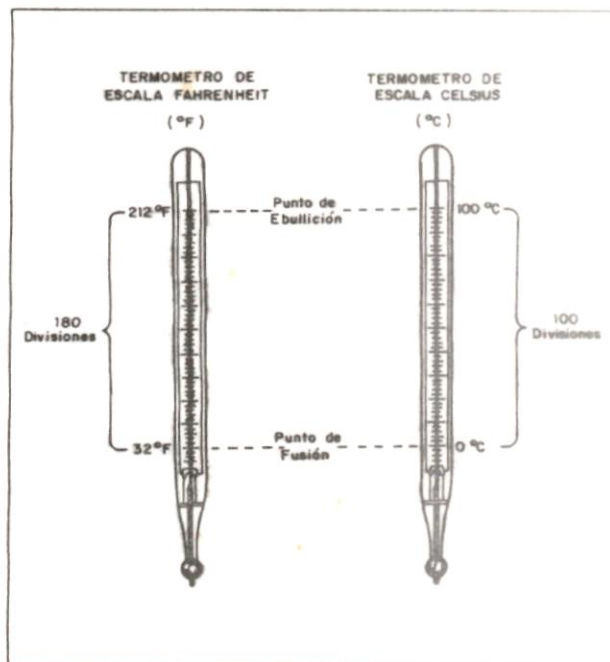


Fig. 34 Escalas termométricas

2.6.2 Escala Fahrenheit

En la escala Fahrenheit, al punto de fusión del agua le corresponde 32 °F; mientras que al punto de ebullición, le corresponde 212 °F, existiendo entre ambos puntos 180 divisiones y a cada división se le asigna el valor de 1°F.

2.7 Conversión de una temperatura de una escala dada a otra

a) Para convertir el valor de la temperatura en la escala Fahrenheit, dada la temperatura en la escala Celsius, se utiliza la siguiente fórmula:

$$t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t^{\circ}\text{C} + 32 \quad (1)$$

Donde:

$t^{\circ}\text{F}$, se lee temperatura en grados Fahrenheit.

$t^{\circ}\text{C}$, se lee temperatura en grados Celsius.

Ejemplo:

Convertir :15 °C a t°F.

Solución.

Aplicando la fórmula (1) y reemplazando el valor de la $t^{\circ}\text{C} = 15$, se obtiene:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{9}{5} \times 15 + 32$$

$$t^{\circ}\text{C} = 59$$

Este valor nos indica que la temperatura de 15°C equivale a 59°F .

b) Para convertir el valor de la temperatura dada en la escala Fahrenheit, a la escala Celsius, se aplica la siguiente fórmula:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (t^{\circ}\text{F} - 32) \quad (2)$$

Ejemplo:

Convertir 86°F a la $t^{\circ}\text{C}$

Solución:

Usando la fórmula (2) y reemplazando el valor de la $t^{\circ}\text{F} = 86$, se obtiene:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (86 - 32)$$

$$t^{\circ}\text{C} = 30$$

Este valor indica que la temperatura de 86°F equivale 30°C .

c) Escala Kelvin

El Sistema Internacional de Medidas utiliza la escala Kelvin. La relación entre las escalas Celsius y Kelvin está dada por la siguiente expresión:

$$t^{\circ}\text{K} = 273,15 + t^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

Ejemplo:

Convertir $18,5^{\circ}\text{C}$ a $t^{\circ}\text{K}$.

Solución:

Aplicando la fórmula (3) y reemplazando el valor se tiene:

$$t^{\circ}\text{K} = 273,15 + 18,5 = 291,65.$$

2.8 Exposición del instrumental

Para que el instrumental de termometría dé una medida precisa, es necesario tener en cuenta los requisitos siguientes:

a) Que los termómetros estén protegidos de la radiación del cielo, de la tierra y de todos los cuerpos que lo rodean.

b) Los termómetros deben estar bien ventilados; estos requisitos se logran mediante el uso de la caseta meteorológica.

2.9 La caseta meteorológica

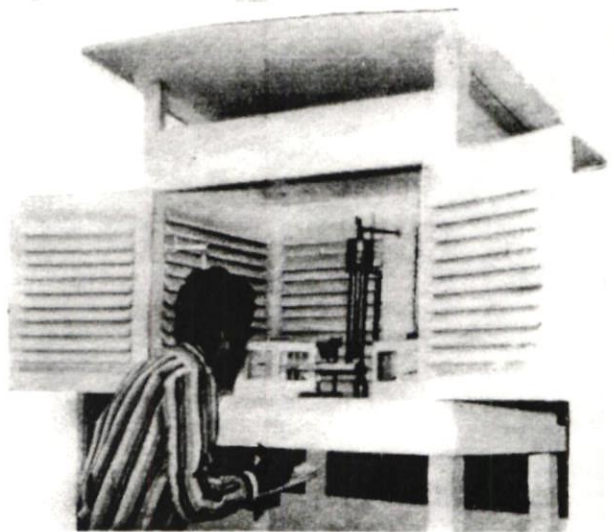


Fig. 35 La caseta meteorológica

La caseta meteorológica sirve de protección del instrumental de termometría, de la influencia directa de los rayos solares, de la radiación del suelo y de la atmósfera. La caseta se construye de listones de madera tipo persiana con una inclinación de 45 grados que favorece el flujo permanente del aire (Fig. 35), de tal manera que la temperatura del aire en el interior de la caseta sea uniforme e igual a la temperatura del aire exterior.

2.10 Emplazamiento de la caseta

Para el emplazamiento de la caseta meteorológica se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones.



a) El terreno seleccionado debe ser en lo posible plano y representativo del área circundante, alejado de obstáculos a una distancia no menor de 30 metros.

b) La caseta debe instalarse de tal modo que la base se encuentre a 1.20 metros sobre el nivel del suelo.

c) Las paredes interiores y exteriores deben estar pintados con pintura blanca no higroscópica, para evitar la absorción de la radiación.

d) La puerta debe estar orientada hacia el Sur.

2.11 Lectura del termómetro

Para efectuar la lectura, dirigir la visual en forma perpendicular sobre la columna de mercurio en el extremo del menisco, apreciando hasta el décimo de grado, evitando el error de paralaje. El extremo superior de la columna de mercurio es una superficie curva llamada "menisco" (Fig. 36).

2.12 Termómetro de máxima

El termómetro de máxima, mide la temperatura más alta ocurrida en el transcurso de un día. Esta temperatura se presenta en la mayoría de las veces a las dos o tres horas después del medio día.

La lectura corresponde al extremo superior del menisco en el punto A (Fig. 36). Realizar la lectura lo más rápido posible para evitar la absorción del calor irradiado por el Observador.

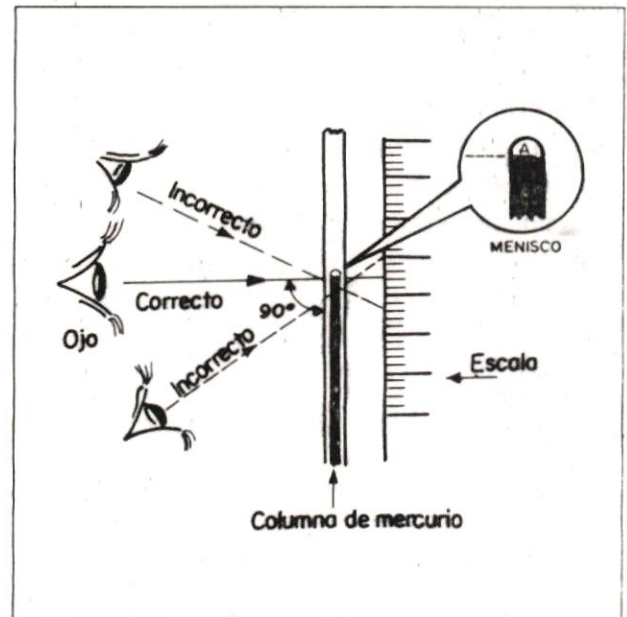


Fig. 36 Lectura del termómetro

El termómetro de máxima, en general, tiene las mismas partes de un termómetro normal a excepción de :

a) Un estrangulamiento en el tubo capilar cerca del bulbo (Fig. 37).

b) La escala graduada en el rango de -20°C a 65°C .

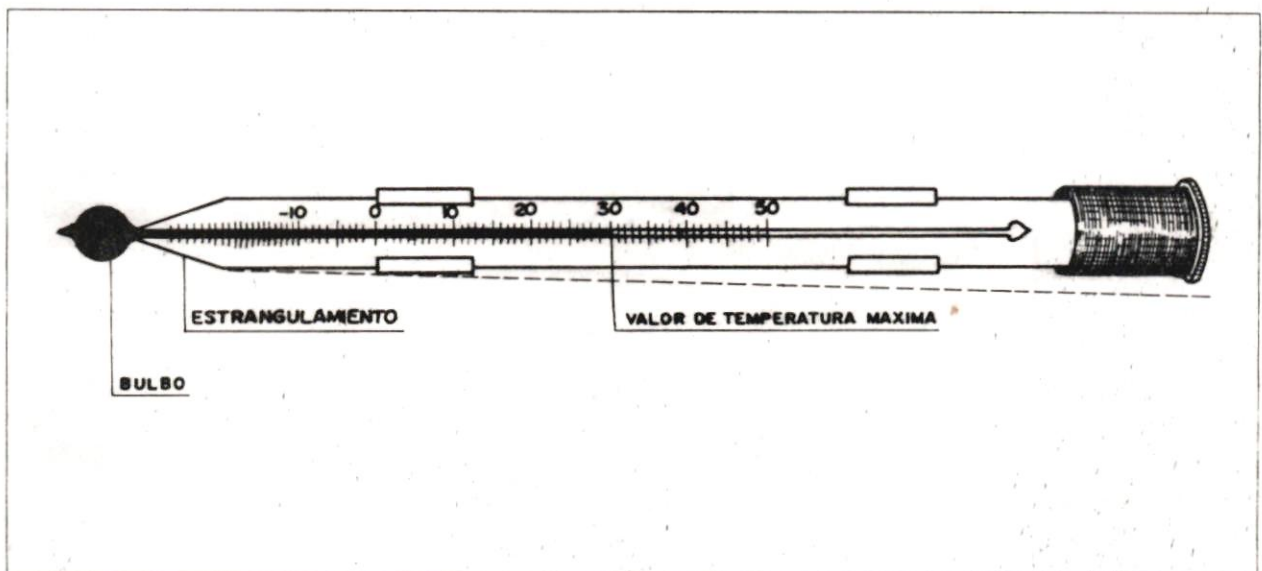


Fig. 37 Termómetro de máxima

2.12.1 Funcionamiento

a) Cuando aumenta la temperatura del aire, el mercurio se dilata y puede vencer la resistencia opuesta por el estrangulamiento y fluir por el tubo capilar (Fig. 37).

b) Cuando disminuye la temperatura del aire, el mercurio se contrae; pero la columna en el tubo capilar no tiene la suficiente fuerza como para pasar por el estrangulamiento y regresar al bulbo o depósito, manteniéndose así indicada la temperatura máxima hasta el momento de efectuar la lectura.

2.12.2 Lectura

La lectura se realiza sin retirar el termómetro del soporte. Dirigir la visual perpendicularmente en el extremo superior de la columna y leer el valor de la temperatura máxima con una aproximación de $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. La lectura se realiza a las 19:00 horas. Para que el termómetro pueda medir la temperatura máxima del siguiente día, se procede previamente a la operación de puesta en estación.

2.12.3 Puesta en estación

Inmediatamente después de registrar la temperatura de máxima, retirar el termómetro del soporte, cogiendo firmemente con la mano la parte superior con el bulbo orientado hacia abajo, luego sacudirlo uno o dos veces describiendo un semi-círculo (Fig. 38), para forzar el regreso de la columna de mercurio hacia el depósito por centrifugación.

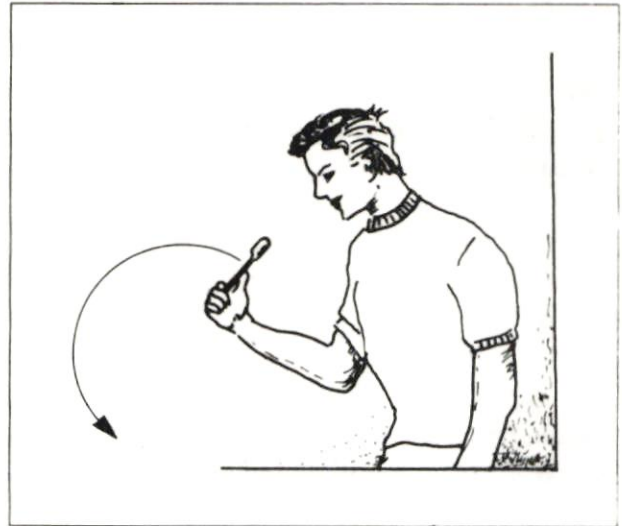


Fig. 38 Puesta en estación

Evitar que el termómetro se le escape de la mano o chocar con el vestido o algún objeto y además no invertirlo. Después de la puesta en estación, verifique que la temperatura del termómetro de máxima quede indicando de $0,3$ a $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ mayor que la temperatura del termómetro normal o seco.

Seguidamente colocarlo en el soporte con el bulbo ligeramente orientado hacia abajo, unos dos grados con respecto a la horizontal (Fig. 39), con el objeto de que la columna de mercurio quede en contacto con el estrangulamiento por el efecto de la gravedad y de esta manera evitar que la columna de mercurio que indica la temperatura máxima se altere por desplazamiento en el tubo capilar.

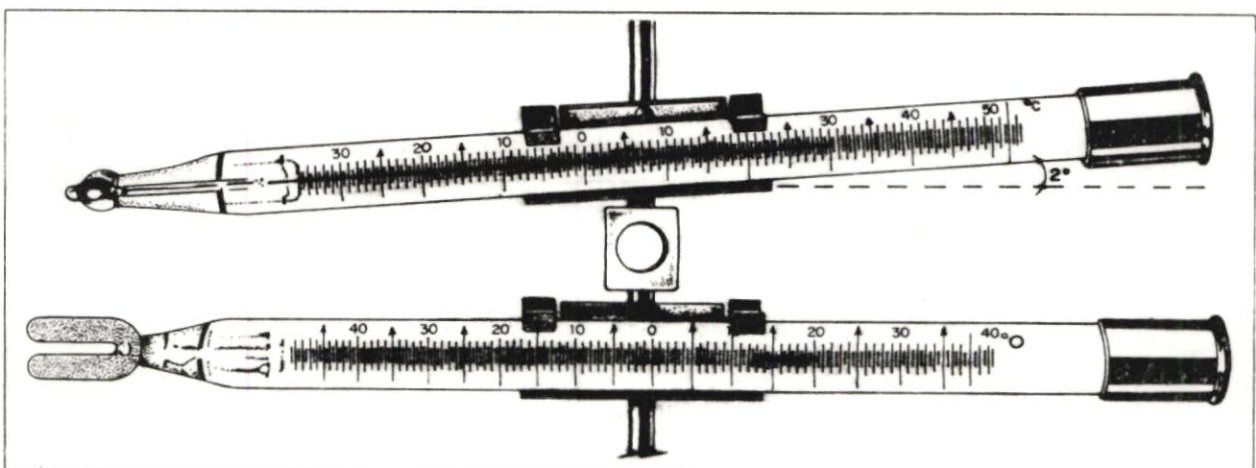


Fig. 39 Termómetros de máxima y mínima en el soporte

2.13 Termómetro de mínima

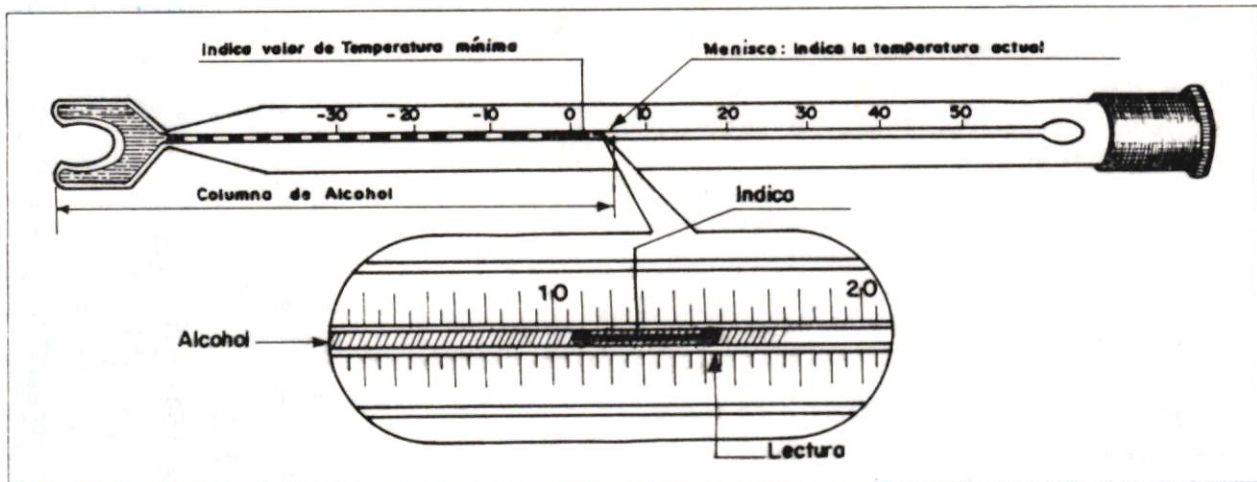


Fig. 40 Termómetro de mínima

El termómetro de mínima mide la temperatura más baja ocurrida en el período de 24 horas seguidas.

Durante las noches, en ausencia de la radiación solar directa, se produce la pérdida de calor debido a la irradiación terrestre que origina un descenso considerable de la temperatura del suelo.

Si el cielo está cubierto de nubes, la temperatura mínima será más alta por el efecto de invernadero. En cielo despejado, el enfriamiento del suelo y del aire es mayor, lo que favorece la ocurrencia de heladas y nieblas.

El termómetro de mínima (Fig. 40) tiene las mismas partes que un termómetro normal, a excepción de:

- El elemento sensible es el alcohol etílico que tiene un punto de congelación de -112°C y un punto de ebullición de 78°C .
- El depósito o bulbo contiene al elemento sensible.
- El índice de vidrio o esmalte es generalmente de color azul o negro de 12 a 14 milímetros de longitud y se encuentra dentro del tubo capilar.
- La Escala está graduada en el rango de -25°C a 50°C .

2.13.1 Funcionamiento

- Cuando la temperatura desciende, el alcohol (elemento sensible) se contrae y tiende a retirarse hacia el bulbo.
- El índice que estaba en contacto con el extremo superior de la columna de alcohol, es arrastrado hacia el bulbo por la tensión superficial del menisco mientras la temperatura sigue en descenso.
- Cuando la temperatura comienza a subir, el alcohol se dilata desplazándose por el tubo capilar dejando inmóvil al índice, debido a su mayor peso comparado con la fuerza de dilatación del alcohol.

2.13.2 Lectura

La lectura de la temperatura mínima se realiza a las 07:00 horas.

La lectura se efectúa sin retirar el termómetro y es la primera lectura en la caseta.

Leer el valor que señala el extremo derecho del índice (Fig. 40) con una aproximación de $0,1^{\circ}\text{C}$.

2.13.3 Puesta a estación

Después de leer, inclinar el termómetro de mínima con el bulbo hacia arriba, de modo que el índice se desplace hasta el menisco. Al finalizar este procedimiento el índice debe señalar la misma temperatura del termómetro normal.

2.14 Mantenimiento

El termómetro de mínima es uno de los instrumentos más sensibles y está afectado por las influencias externas; frecuentemente se observan columnas cortadas de alcohol :

a) Cuando el fraccionamiento se produce en la parte superior de la columna y el índice se encuentra dentro del alcohol en la parte continua y no cortada de la columna.

En este caso, poner el termómetro en forma vertical hasta que el índice se introduzca en el bulbo, y la columna resulte unida sin fracturas (Fig.41).

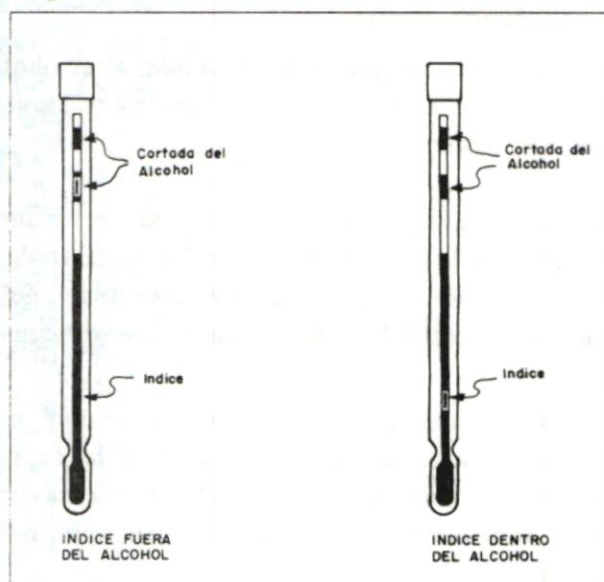


Fig41 Fraccionamiento de la columna de alcohol

b) Cuando se produce el fraccionamiento y el índice se encuentra parcial o totalmente fuera de la columna de alcohol; proceder de la siguiente manera:

Tomar el termómetro con la mano derecha por la parte del bulbo de modo que quede oculto entre la palma de la mano y los dedos sosteniendo como si se tratara de un martillo (Fig.42) sin ejercer presión sobre el bulbo. Luego golpear el borde inferior de la mano sobre una mesa repetidas veces manteniendo el termómetro en posición vertical procurando que no se deslice, de tal manera que se logre hacer ingresar el índice en el bulbo.

Luego de haber conseguido la unión de la columna, coloque el termómetro en posición vertical con el bulbo hacia abajo durante una hora. De no conseguir la unión de la columna, informar a la Dirección Regional.

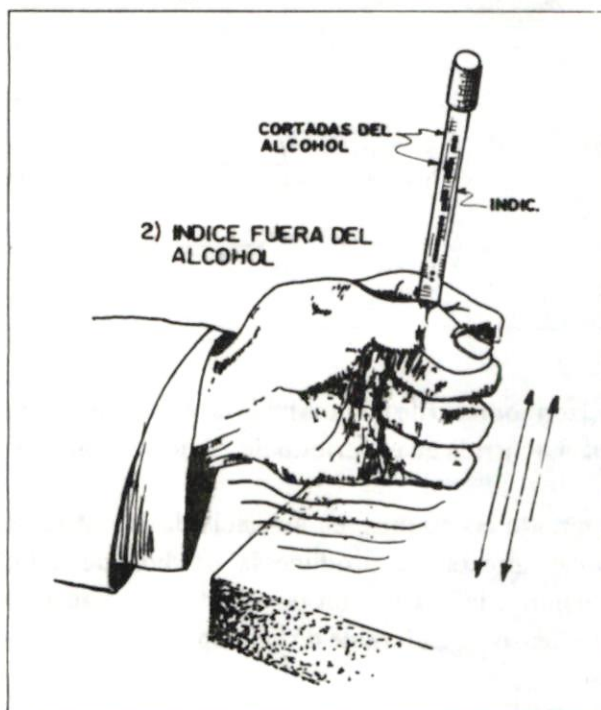


Fig.42 Fraccionamiento de la columna de alcohol con el índice fuera del alcohol

2.15 Geotermómetros

La temperatura del subsuelo se mide a diferentes profundidades. Existen dos formas de medición:

- En suelo desnudo (sin cobertura vegetal)
- En suelo con cobertura.

De acuerdo a las necesidades se pueden realizar ambas mediciones para establecer comparaciones. Las profundidades de medición son de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 cm. por debajo de la superficie.

El terreno para la instalación de geotermómetros debe ser representativo de la localidad, para ello es necesario conocer el tipo de suelo, la capa que lo cubre, la pendiente del terreno, las constantes físicas del suelo tales como la densidad, la conductividad térmica, el contenido de humedad, el nivel de la capa freática (si está comprendida en los cinco primeros metros de profundidad) y finalmente la estructura del suelo.

2.15.1 Geotermómetros de 2, 5 10 y 20 cm

Los geotermómetros se instalan en soportes especiales que los protegen de la radiación directa y de la conducción del calor. Para medir la temperatura del suelo se emplean termómetros de mercurio en tubo de vidrio. Para las profundidades de 2, 5, 10 y 20 cm. los termómetros tienen un tubo doblado formando un ángulo de 45° (Fig. 44)

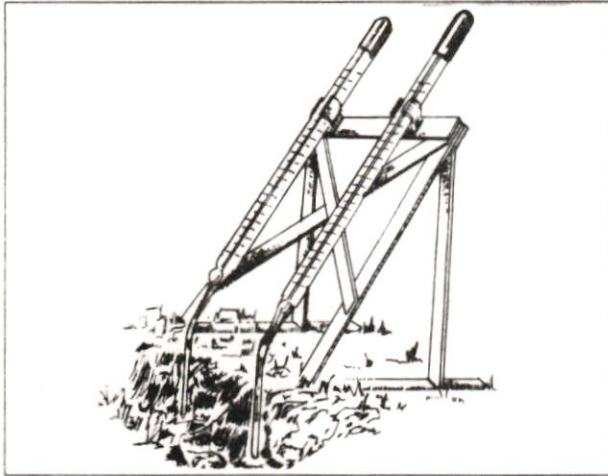


Fig. 43 Geotermómetros de 2, 5, 10 y 20 cm.

El elemento sensible es el mercurio que se encuentra en el bulbo. El bulbo está ubicada a una profundidad exacta cuando la superficie de la tierra pasa entre dos marcas fijadas en el termómetro.

La escala de los geotermómetros de 2, 5, 10 y 20 cm. está graduada en $0,2^\circ\text{C}$

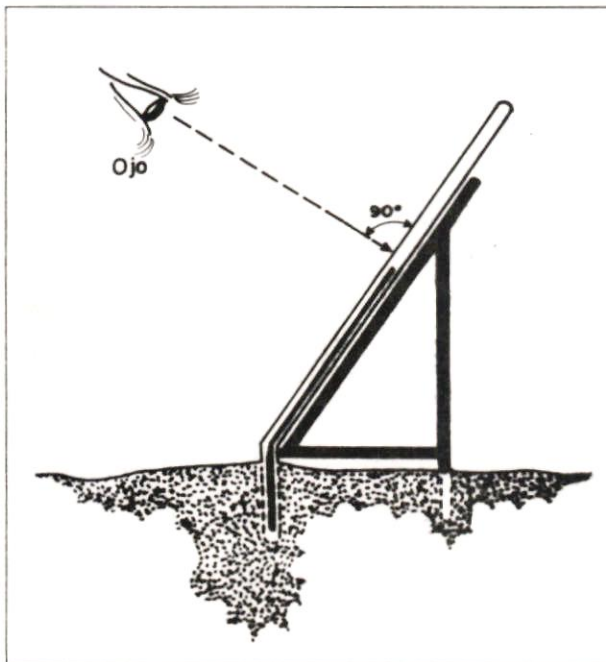


Fig. 44 Lectura de los geotermómetros de 2, 5, 10 y 20 cm.

Las lecturas se realizan a las 07, 13, y 19 horas, dirigiendo la visual perpendicularmente sobre la escala justamente en el menisco del mercurio (Fig. 44)

2.15.2 Geotermómetros de 50 y 100 cm

Los geotermómetros de 50 y 100 cm. tienen el bulbo especialmente grande. La escala está graduada en $0,1^\circ\text{C}$, el elemento sensible es el mercurio. Estos termómetros están fijados en perchas especiales, las cuales se encuentran a su vez en una caja de madera o caña (llamada caja de Lamont).

Las perchas de madera tienen diferentes longitudes, de modo que los bulbos se encuentren (puestas en la caja de Lamont en la tierra) a una profundidad de 50 y 100 cm. por medio de un anillo metálico, fijado sobre la percha se puede sacar de la caja de Lamont y realizar la lectura.

Para efectuar la lectura se tiene que levantar el techo protector y después sacar por una de las perchas en los cuales están fijados los termómetros, luego levantarlo hasta la altura del ojo y leer con una aproximación de $0,1^\circ\text{C}$ (Fig. 45)



Fig. 45 Lectura Geotermómetro de 100 cm

2.16 Termógrafo bimetalico

El termógrafo, es el instrumento que sirve para medir y registrar en forma continua las variaciones de la temperatura con una precisión de $\pm 0,2$ °C en el rango de -30 °C a 40 °C. El margen de medida del termograma comprende valores de -15 °C a 50 °C de temperatura.

El elemento sensible del termógrafo bimetalico consiste en una lámina semicircular formada por dos metales soldados que tienen diferentes coeficientes de dilatación, siendo los más usados el constanteno (cobre 60 %, acero 40 %), acero níquel, cromo níquel, cobre manganeso. Un extremo del arco se encuentra fijo y al producirse la variación de la temperatura tiene una variación diferencial de las superficies límites y como consecuencia varía su curvatura inicial.

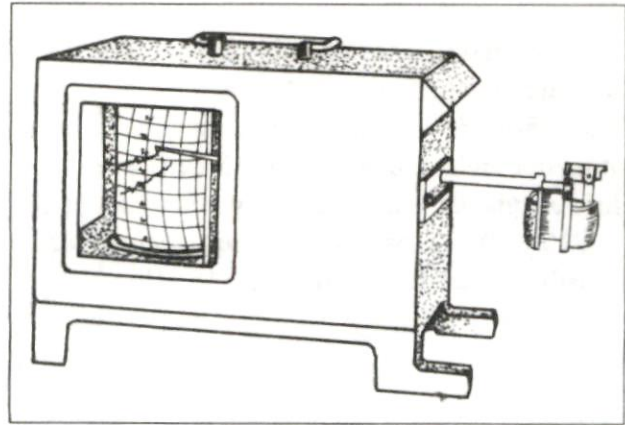


Fig. 46 El termógrafo

2.16.1 Funcionamiento

El movimiento del bimetálico, dependiente de la temperatura, es transferido mediante ejes y palancas al brazo portaplumilla que lo amplifica. El registro de los valores de temperatura se hace en el termograma.

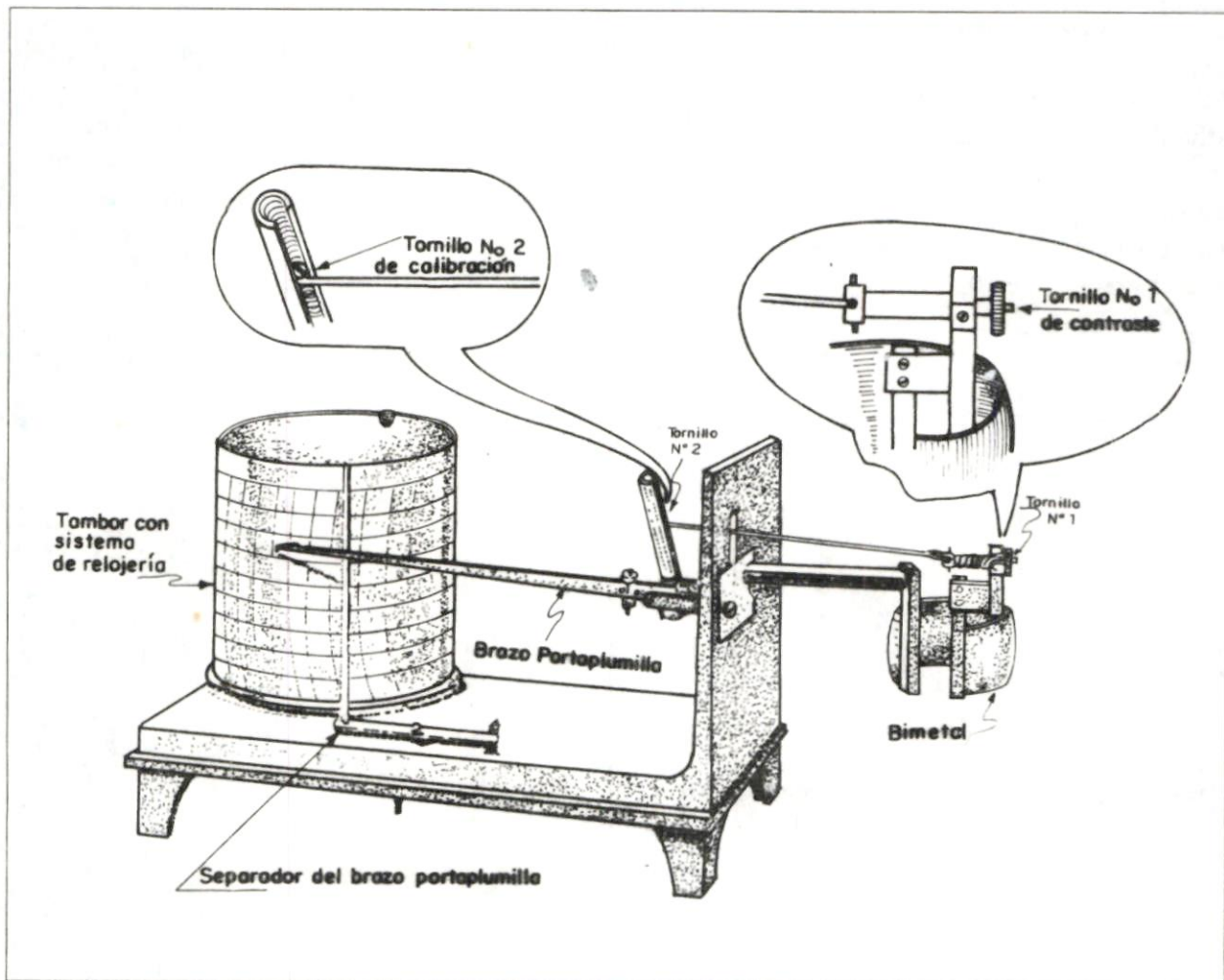


Fig. 47 Partes del termógrafo Bimetalico

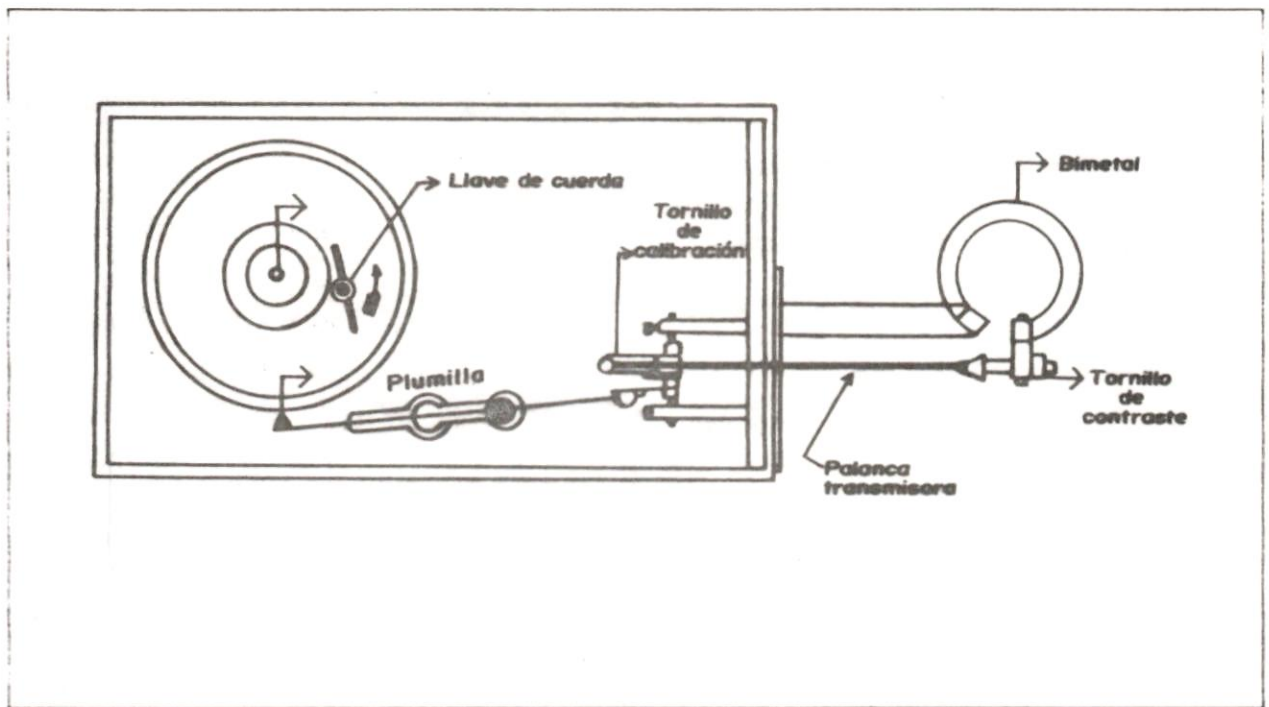


Fig. 48 Vista de planta del termógrafo

2.16.2 El termograma

El termograma presenta líneas horizontales (abscisa) donde cada línea representa 1° de temperatura. El termógrafo de registro diario (con una revolución del tambor de 24 horas), las líneas verticales (ordenadas) indican las horas y medias horas. se colocan todos los días a las 07.00 horas.

En un termógrafo de registro semanal (con una revolución del tambor de 7 días), las líneas verticales finas indican las horas pares de cada día y las líneas gruesas, periodos de tiempo de 12 horas (Fig. 49). Este tipo de termograma se coloca todos los días lunes inmediatamente después de la observación de las 07.00 horas.

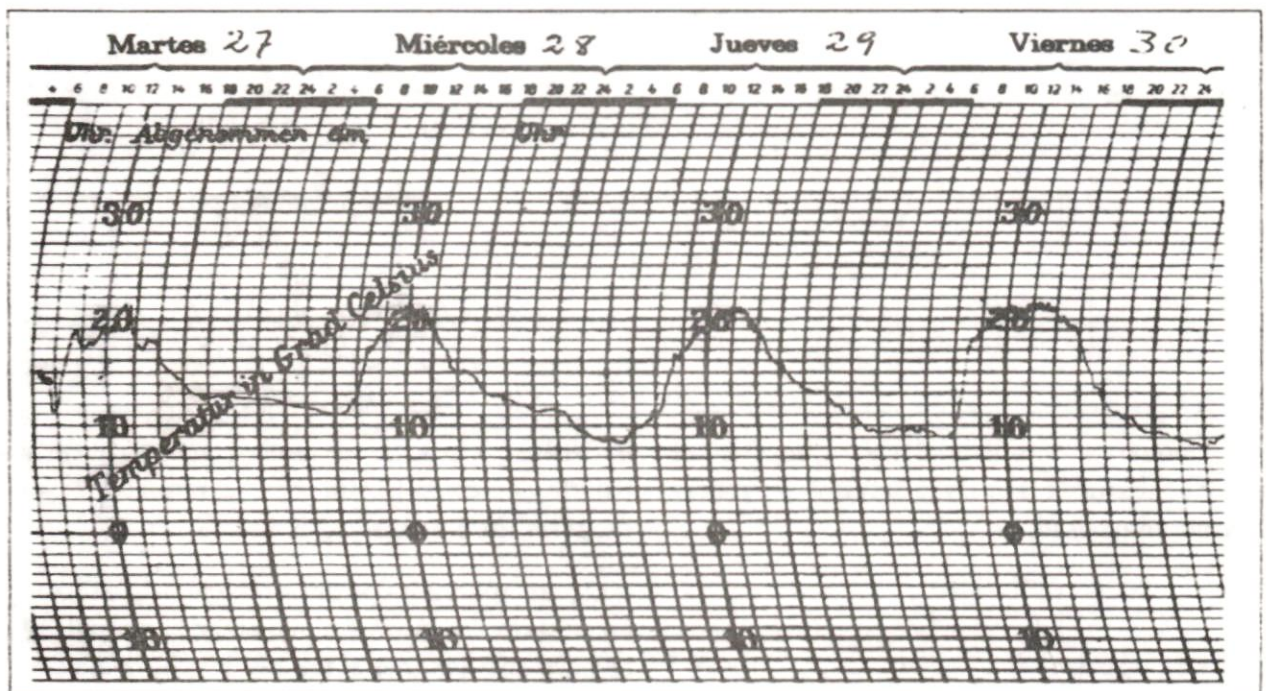


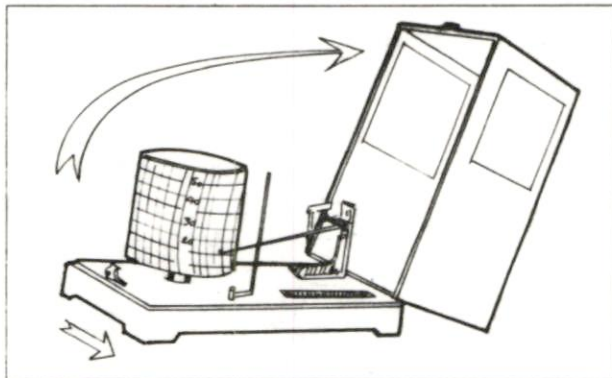
Fig. 49 El Termograma

2.16.3 Instalación y cambio del termograma

El termógrafo se instala en la caseta meteorológica ubicándolo al lado izquierdo completamente horizontal y libre de vibraciones, con el elemento sensible orientado en el centro de la caseta.

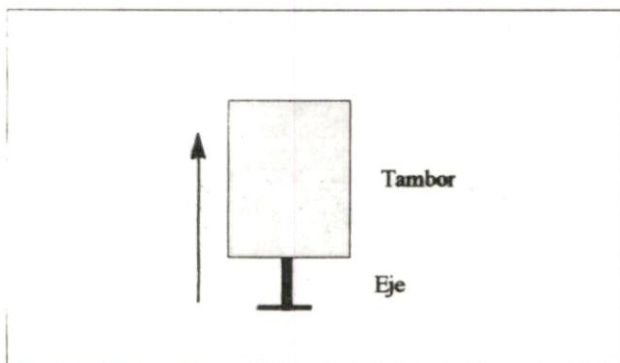
Para la instalación y puesta en servicio proceder de la siguiente manera:

a) Accionar la cerradura y abrir la caja protectora.

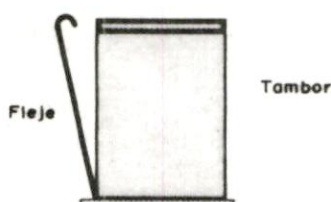


b) Separar la plumilla del termograma con el separador del brazo portaplumilla.

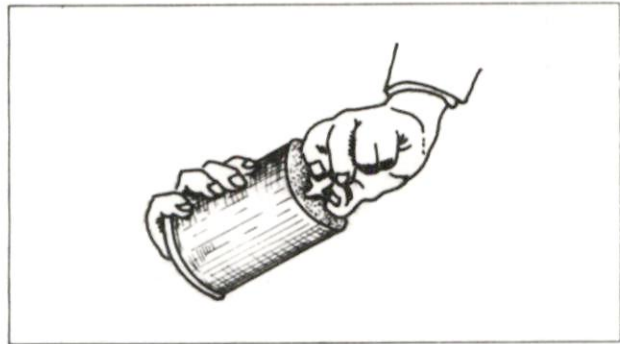
c) Destornillar la tuerca muleteada del eje fijo de rotación; luego retirar el tambor levantando verticalmente sin forzarlo para no deformar el eje.



d) Presionar la varilla elástica o fleje en el extremo inferior de la pestaña del tambor y retirar el termograma usado

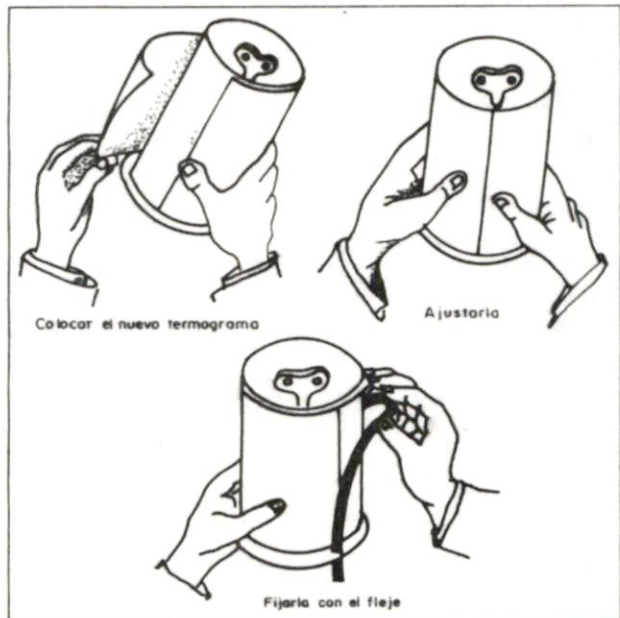


e) Dar cuerda al mecanismo de relojería y, si es necesario, regularlo adelantándolo o atrasándolo



f) Anotar en el nuevo termograma el nombre de la estación, fecha, hora y nombre del observador.

g) Colocar el termograma sobre el tambor, de modo que el extremo final de la misma se superponga a la otra, y en una posición tal que el fleje los ajuste a ambos extremos, sosteniendo el termograma con los dedos para que no se desplace. Al enrollar el termograma, cuidar que el borde inferior se apoye perfectamente sobre la pestaña inferior del tambor.



h) Volver a colocar el tambor sobre su eje y bajarlo con cuidado, sin tocar la plumilla, hasta asegurar los piñones con la tuerca

i) Llenar la plumilla con tinta, teniendo cuidado de no cargar excesivamente. Acercar la plumilla al termograma y poner el tambor a la hora exacta, haciéndole girar en sentido contrario al que se tiene cuando se mueve por el mecanismo de relojería.

k) Cerrar con cuidado la tapa del instrumento.

j) Poner la plumilla en contacto con el termograma por medio del separador del brazo portaplumilla.

l) Comparar el valor registrado en el termograma versus la lectura del termómetro seco normal, ..Ajustar el punto cero en caso necesario (contraste)

m) Vigilar el funcionamiento del instrumento para asegurarse que la curva sea correcta.

2.16.4 Mantenimiento

El mantenimiento se realiza en los siguientes aspectos:

a) Plumilla y tinta.

La plumilla triangular : tiene una capacidad de 10 días de operación normal.

- Si se seca la tinta en la plumilla o en su extremo, debe limpiarse la ranura acanalada con una lámina delgada. La tinta debe cargarse los días martes o cada vez que sea necesario.



- Para lograr una línea fina en el registro se debe afilar cuidadosamente la punta de la plumilla.

La plumilla desechable : tiene una capacidad de dos meses y es recargable.



Cuando se reemplace la plumilla desechable, debe ser colocada en el mismo sitio, de tal forma, que el radio no se modifique.

b) El reloj

Si después de cierto tiempo, el sistema de relojería cambia de velocidad, se puede hacer un ajuste moviendo la palanca del regulador

- Si se atrasa, mover la palanca en la dirección +, A, F (fast).

- Si se adelanta, mover la palanca en la dirección R, S (slow)

No es posible intercambiar sistemas de relojería diaria, semanal o mensual, debido a que utilizan diferentes engranajes.

c) Lubricación.

No es conveniente engrasar o lubricar ningún eje o partes móviles, los dispositivos hacen movimientos relativamente lentos y pequeños.

d) Limpieza

Limpiar de polvo el instrumento en forma periódica con una pequeña brocha o un retazo de tela húmeda.

2.16.5 Verificación de la oscilación del termógrafo

Para que la información de un termógrafo sea lo suficientemente confiable, se debe verificar si su oscilación es correcta; esta tarea la debe realizar el Observador, comparando las lecturas con las lecturas de los termómetros de máxima y mínima los primeros martes de cada mes, de acuerdo a los siguientes pasos:

a) Leer la temperatura máxima.

b) Leer la temperatura máxima en el termógrafo

c) Leer la temperatura mínima

d) Leer la temperatura mínima en el termógrafo

e) Calcular la oscilación de los termómetros de máxima y mínima, restando (a) - (c)

f) Calcular la oscilación del termógrafo, restando (b) - (d)

g) Si el valor de (f) es igual al de (e), indica que el termógrafo funciona con una oscilación correcta.

Ejemplo 1

- a) Temp. max. (termómetro) = 17.4 °C
- b) Temp. máx. (termógrafo) = 17.4 °C
- c) Temp. mín. (termómetro) = 10.2 °C
- d) Temp. mín. (termógrafo) = 10.2 °C
- e) La oscilación de los termómetros es:

$$(b) - (d) = 17.4 - 10.2 = 7.2 \text{ °C}$$

f) La oscilación del termógrafo es:

$$(a) - (c) = 17.4 - 10.2 = 7.2 \text{ °C}$$

g) Entonces el valor de (e) = (f)

En consecuencia, la oscilación del termógrafo es correcta.

Ejemplo: 2

- a) Temp. máx. (termómetro) = 22.3 °C
- b) Temp. máx. (termógrafo) = 20.3 °C
- c) Temp. mín. (termómetro) = 15.9 °C
- d) Temp. mín. (termógrafo) = 16.4 °C

e) La oscilación de los termómetros es:

$$(b) - (d) = 20.3 - 16.4 = 3.9 \text{ °C}$$

f) La oscilación del termógrafo es:

$$(a) - (c) = 22.3 - 15.9 = 6.4 \text{ °C}$$

g) El valor de (e) \neq (f)

En consecuencia la oscilación del termógrafo es incorrecta. En esta situación comunicar a la Dirección Regional para su calibración.

Nota:

El error máximo que puede tolerarse entre un termógrafo y un termómetro es de $\pm 1.0 \text{ °C}$.

2.16.6 Algunas indicaciones sobre termómetros y termógrafos

Teniendo en cuenta que las observaciones meteorológicas pierden valor cuando son interrumpidas por algún motivo, el observador meteorológico,

velará por la conservación de todo el instrumental a su cargo.

En el caso de tener Psicrómetro, cada vez que cambie la muselina deberá comparar ambos termómetros, teniendo cuidado de secar el bulbo del termómetro húmedo.

Si se aprecia una diferencia mayor de 0.3 °C , el observador comunicará a la Dirección Regional respectiva.

Puede ocurrir, que por deficiencias de un instrumento y por roturas accidentales, será necesario reemplazarlo para continuar con las lecturas de la temperatura de acuerdo a los siguientes casos:

- Si se rompiera el termómetro seco, el observador efectuará las lecturas en la columna de alcohol del termómetro de mínima.

- Si esto ocurriera en el termómetro húmedo, colocar la muselina en el termómetro seco y las lecturas que debían efectuarse en este termómetro las hará como en el caso anterior, en la columna de alcohol del termómetro de mínima.

- Si la rotura se produce en el termómetro de máxima; se leerá en el termógrafo en el punto más alto del termograma correspondiente a ese día.

Como podemos apreciar en la curva de variación diurna de la temperatura, el valor máximo ocurre generalmente pasado el medio día; se hallará la diferencia entre la lectura del termómetro seco leído a las 13.00 horas y la del termógrafo leída a la misma hora.

Esta diferencia se suma a la lectura del punto más alto del termograma correspondiente a ese día.

Caso 1

Cuando el valor del termómetro seco a las 13.00 horas es mayor que la del termógrafo a la misma hora.

- a) Lectura del termómetro seco a las 13:00 horas = 20.5 °C
- b) Lectura del punto más alto del termógrafo = 19.4 °C
- c) Lectura del termógrafo a las 13:00 horas = 19.1 °C

La diferencia entre termómetro seco y la del termógrafo a las 13 horas será :

$$20.5\text{ °C} - 19.1\text{ °C} = 1.4\text{ °C}$$

Entonces la temperatura del termógrafo

$$\text{será : } 19.4\text{ °C} + 1.4\text{ °C} = 20.8\text{ °C}$$

Caso 2

Si el valor del termómetro seco es menor que el del termógrafo, la diferencia entre ambos será restada del valor del punto más alto leída en el termógrafo.

- a) Lectura del termógrafo = 25.8 °C
- b) Lectura del termógrafo a las 13:00 horas = 24.0 °C
- c) Lectura del termómetro seco a las 13:00 horas = 23.4 °C
- d) La diferencia entre el termógrafo y el termómetro seco a las 13:00 horas será :

$$24.0\text{ °C} - 23.4\text{ °C} = 0.6\text{ °C}$$

Temp. máxima del día será:

$$25.8\text{ °C} - 0.6\text{ °C} = 25.2\text{ °C}$$

- Según muestra la curva mencionada, las temperaturas mínimas tienen lugar generalmente a la salida del sol, por lo cual el observador leerá en el termógrafo el punto más bajo del termograma correspondiente a ese día y aplicará la corrección

haciendo comparaciones con las observaciones de las 07:00 horas Si las temperaturas extremas máxima y mínima se producen en horas diferentes de las horas normales 07:00 y 19:00 horas se aplicarán las correcciones según lo registrado por el termógrafo en ese día; teniendo en cuenta que dicho instrumento se encuentre bien calibrado o en su defecto se conozca con exactitud su error.

- Cada termógrafo tiene su propio termograma. no es recomendable colocar un termograma que no le corresponde a su tipo y marca correspondiente, porque en cada tipo de termógrafo, el bimetálico está diseñado para una determinada amplitud o rango. En la base del instrumento se indica el código del termograma a usar, salvo codificación del SENAMHI.

Ejemplos:

a) Marca Lambrecht

Código de fábrica	Escala	Código SENAMHI
82T	-10 a +50	1010
82T	-20 a +40	1009
82T	0 a +60	—

b) R. Fuees

Código de fábrica	Escala	Código SENAMHI
136-2 (103)	-35 a +45	1002
135-2	-15 a +40	1003

Correcciones

El termógrafo debe registrar aproximadamente los mismos valores que los observados en los termómetros.

Por razones de construcción estas indicaciones poco a poco van perdiendo la precisión exigida, si los valores superan en 1.0 °C; el observador actuará sobre el tornillo de contraste (Fig. 47 N° 2) para efectuar la corrección, al realizar dicha tarea dará pequeños golpes sobre la caja del instrumento para vencer el rozamiento (inercia) de los ejes y palancas.

Todo termógrafo luego de ser calibrado lleva consigo su tarjeta de calibración que indica el error que posee dicho instrumento y que deberá colocarse al reverso del termograma.

2.17 Misceláneas

2.17.1 Características que deben reunir los instrumentos Meteorológicos

Los instrumentos para las mediciones meteorológicas deben responder a los siguientes requerimientos:

- a) Precisión en la construcción de sus partes
- b) Funcionabilidad
- c) Facilidad de manejo y lectura
- d) Robustez y garantía de duración
- e) Necesidad limitada de mantenimiento y control.

2.17.2 Mediciones directas, remotas e indirectas.

a) Directas:

Son hechas por medio de instrumentos que poseen sus elementos sensibles o sensores en el mismo punto de medición.

b) Remotas :

Cuando el elemento sensible está ubicado a cierta distancia de donde está el Observador.

c) Indirectas :

Son hechas por medio de ondas sonoras o electromagnéticas (radares, radiómetros infrarrojos, radares dupler, etc.)

2.17.3 Comportamiento dinámico de los instrumentos meteorológicos

a) Inercia Reducida :

Si bien la respuesta de un instrumento meteorológico a un cambio súbito de la variable a medir no es instantánea, es necesario que su tiempo de respuesta sea el menor posible a los efectos de no perder singularidades de interés.

En función de su inercia, los instrumentos meteorológicos se agrupan en instrumentos de primer orden (termómetro eléctrico) y de segundo orden (veleta wild).

b) Exactitud :

Un instrumento es exacto si su respuesta es compatible con la escala de calibración y la respuesta es reproducible.

c) Sensibilidad:

Un instrumento con menor sensibilidad que la requerida podría perder importantes detalles del comportamiento de la variable, mientras que los instrumentos hipersensibles podrían registrar detalles innecesarios.

d) Especificidad en la respuesta.

Un instrumento tiene buena especificidad en la respuesta si es insensitivo a todas las variables meteorológicas excepto a aquella que intenta medir.

e) Linealidad en la respuesta :

Un instrumento tiene buena respuesta lineal si el valor de salida es una función lineal de entrada (la curva de calibración es una recta). La linealidad es deseable dado que facilita una rápida y exacta interpolación entre dos divisiones adyacentes de la escala.

f) Confiabilidad :

La confiabilidad de los instrumentos meteorológicos es un factor de mucha importancia. Estos deben ser diseñados de una manera tal que funcione con una tasa de fallas o roturas tan baja como sea posible.

2.17.4 Definición de una escala termométrica

Para confeccionar una escala termométrica que permita cuantificar el estado térmico de los distintos objetos o sustancias, es necesario determinar:

a) Una propiedad de un cuerpo termométrico si, al ponerlo en contacto con otro cuerpo de diferente estado térmico, toma un valor distinto

b) El cuerpo termométrico:

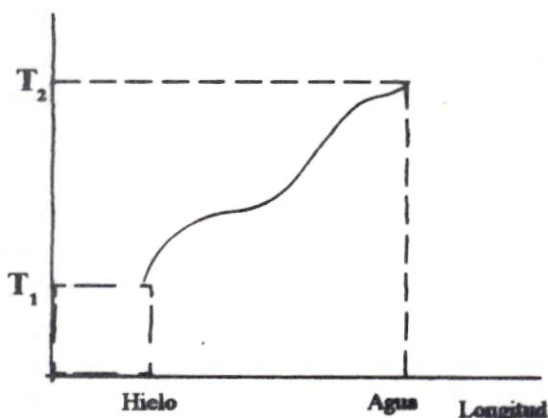
En función de la propiedad termométrica elegida

c) Los puntos fijos de la escala:

Conviene considerar sistemas físicos o químicos lo más estables posibles para que la escala sea fácilmente reproducible en el tiempo y en el espacio.

d) Los valores a asignar a dichos puntos fijos.

e) La interpolación entre dichos valores.



2.17.5 Propiedades Térmicas más usadas en meteorología.

a) Dilatación de un líquido encerrado en un tubo de vidrio (termómetros comunes, de máxima, de mínima, de suelo, geotermómetros y termómetros de agua).

b) Desarrollo de una fuerza electromotriz entre las soldaduras de un circuito formado por dos metales diferentes (termocuplas).

c) Cambio de curvatura de una banda de metal compuesta por dos láminas metálicas que posean diferentes coeficientes de dilatación y que están soldados en su longitud (termógrafos bimetalicos).

d) Variación de una resistencia eléctrica en una sustancia o mezcla de sustancias (resistores y termistores).

2.17.6 Tipos de termómetros más comunes

a) Termómetros basados en la expansión térmica de un líquido:

i) Termómetros de mercurio en vidrio (termómetro común, de máxima, de suelo, geotermómetros, termómetros de agua de mar)

ii) Termómetros de sustancias orgánicas en vidrio (termómetros de mínima).

b) Termómetros eléctricos.

i) Resistores.

Aumenta la resistencia eléctrica con la temperatura

ii) Termistores

Aumentan la resistencia eléctrica si disminuye la temperatura.

2.17.7 Un líquido termométrico es ideal si

a) Tiene un alto punto de ebullición.

b) Tiene un bajo punto de congelación

c) Tiene un apreciable coeficiente de expansión térmica.

d) Tiene una baja capacidad térmica

e) Tiene una alta conductividad térmica

2.18 Glosario

2.18.1 - Calor

Es una de las formas de manifestarle la energía que transfiere entre los cuerpos con distintas temperaturas. Sensación que experimenta el cuerpo animal cuando su temperatura es inferior a la de otro cualquiera que le transmite la suya por contacto o radiación. Aumento extraordinario de temperatura que experimenta el cuerpo animal por causas fisiológicas.

2.18.2. - Calor Especifico.

Cantidad de calor necesaria para que aumente 1° C de temperatura de la unidad de masa de un cuerpo.

2.18.3 - Conduccion de calor.

En el proceso de conducción, calor pasa de un cuerpo. más caliente a otro más frío, sin que haya transferencia de materia. Los choques moleculares que se producen cuando las moléculas más rápidas y más calientes golpean a las más frías y lentas se traducen en una aceleración de estas últimas. El calor se transmite de partícula ac partícula. Las distancias sustancias tienen la misma aptitud para transmitir el calor por conducción, así los sólidos son buenos conductores del calor.

2.18.4 Convección de calor.

En este proceso, es el propio cuerpo el que transporta calor cuando se desplaza. Si la temperatura de la atmósfera aumenta, la presión varía. Por lo tanto el aire caliente se eleva y el friodesciende para reemplazarlo produciéndose corrientes de convección que remueven el aire.

2.18.5 - Conductividad termica:

La conductividad térmica es una propiedad física de la materia, en general depende de la temperatura, de la presión y la naturaleza de la misma. La conductividad térmica es numéricamente igual a la cantidad de calor que atraviesa la unidad de área de superficie isotérmica en la unidad de tiempo cuando el gradiente de temperatura es la unidad.

2.18.8 Contenido de humedad.

Humedad contenida en la porción de suelo que está por encima de la capa de agua, incluyendo el vapor de agua presente en los poros del suelo

2.18.9 Dilatación térmica.

Todo cambio de temperatura en un cuerpo da lugar a que éste se dilate o se contraiga, esto se debe a que toda variación de temperatura ocasiona una mayor vibración molecular en el cuerpo

Al moverse más rápido las moléculas, ocupan mayor espacio. Vemos por ello que toda dilatación o contracción de los cuerpos puede ser perjudicial o beneficioso.

2.18.10 Efecto de invernadero.

Efecto de calentamiento ejercido por la atmósfera hacia la tierra, debido al hecho de que la atmósfera (principalmente su vapor de agua) absorbe y remite radiación infrarroja. (El aumento en las concentraciones de gases en la atmósfera, se estima que aumentará la temperatura en la tierra)

En detalle: las longitudes de onda corta de la radiación solar son transmitidos libremente a través de la atmósfera para ser absorbidos por la superficie terrestre. La tierra, a su vez, reemite esto como radiación terrestre de onda larga (infrarrojo), una porción de la cual es absorbida por la atmósfera y nuevamente emitida. Algo de esto es emitida de vuelta hacia la superficie de la tierra.

La temperatura promedio de la superficie de todo el globo terrestre es 14 °C, es casi 40 °C mayor que la temperatura requerida para el equilibrio de la radiación de un cuerpo negro a la distancia promedio de la tierra al sol.

Es esencial, al comprender el concepto del efecto de invernadero, que el calentamiento adicional importante es debido a la radiación reflejada de la atmósfera. Los paneles de vidrio de un invernadero funcionan exactamente igual que la atmósfera manteniendo altas temperaturas en el invernadero, de allí el nombre.

2.18.11 Escalas.

En un instrumento de medición, tiene una serie de divisiones para leer el valor de una magnitud o de una regulación.

2.18.13 Radiación.

Emisión o transferencia de energía en forma de ondas o partículas electromagnéticas.

2.18.14 Temperatura.

Magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas de un cuerpo.

2.18.15 Termograma.

Registro hecho por un termógrafo.

2.18.16 Tiempo de respuesta de los termómetros

Se recomienda que la constante tiempo, definida como el tiempo necesario para que un termómetro registre 63.2 % de un cambio instantáneo de las temperatura del aire debe estar comprendida entre 30 y 60 segundos, con una velocidad del viento de 5 m/s. La constante tiempo es más o menos inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad del viento.

SNMH
551.508.26
ej.3

B. D. SENAM / 0043B
MFN = 43

2.19 Bibliografía

- 2.19.1 Compendio de Apuntes Para la Formación de Personal Meteorológico de la Clase IV Retallack. - OMM - N° 266 Ginebra 1991.
- 2.19.2 Compendio de Instrumentos Meteorológicos Para la Formación de Personal Meteorológico Clase III y IV. D.A. Simidcchiev. - OMM - N° 622 Ginebra 1986.
- 2.19.3 Guia de Instrumentos y Métodos de Observación. - OMM - N° 8. Ginebra 1990.
- 2.19.4 Guia de Prácticas Hidrológicas. - OMM - N° 168. Ginebra.
- 2.19.5 Glosario de Términos Usados en Agrometeorología. - WMO/TD-N° 391 Ginebra 1990
- 2.19.6. Golsario Meteorológico Internacional. WMO/OMM/BMO - N° 182 Ginebra 1992.
- 2.19.7 Instrumentos Meteorológicos. A.W. Gol. Venezuela 1964.
- 2.19.8 Manual del Observador Meteorológico. J.M. Jansá Guardida. Instituto Nacional de Meteorología de España Madrid 1968.
- 2.19.9 Manual de Observador Meteorológico de Superficie. Instructivo N° 2 Termometría. Servicio Meteorológico Nacional de Argentina. 1984.
- 2.19.10 Manual del Observador Meteorológico: Temperatura y Humedad. Instituto Colombiano de Meteorología y Adecuación de Tierras. - HIMAT. Colombia 1988.
- 2.19.11 Metodología de la Formación. Claude Vasamillet. Centro Internacional de Perfeccionamiento Profesional y Técnico de la Organización Internacional del Trabajo. OIT. Turín Italia 1988.
- 2.19.12 Directrices Para La Enseñanza y Formación del Personal de Meteorología e Hidrología Operativa. OMM - N° 286. Ginebra. 1989.





**PROGRAMA DE CAPACITACION A DISTANCIA EN
OBSERVACIONES DEL TIEMPO Y DEL CLIMA**

Módulo N° 2

TERMOMETRIA

Documento de instrucción elaborado por:

Nicéforo Ita Maguiña : Meteorólogo

Rigoberto Gallo Carrasco : Técnico Instrumentalista

Jorge Maldonado Ruíz : Observador Meteorológico

Jesús Escalante Torres : Dibujante

Imprenta : SENAMHI