

2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGÓN"**

**SISTEMA DE CALIBRACIÓN POR COMPARACIÓN
PARA SENSORES DE ESTACIONES
METEOROLÓGICAS SEMIAUTOMÁTICAS DE
SUPERFICIE MARCA MET ONE**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
P R E S E N T A :
JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

ASESOR: ING. ROBERTO CORTÉS BUENROSTRO

MÉXICO D.F.

OCTUBRE DEL 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 24 de septiembre del año en curso, por la que se comunica que el alumno JONATHAN ALMEIDA GARCIA, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "SISTEMA DE CALIBRACIÓN POR COMPARACIÓN PARA SENSORES DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS SEMIAUTOMÁTICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE.", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 24 de septiembre del 2002 .
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/vr


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0825/02

ASUNTO: **Sínodo.**

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
SECRETARIO ACADÉMICO
P R E S E N T E.

Por este conducto me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sínodo del Examen Profesional del alumno: **JONATHAN ALMEIDA GARCÍA**, con Número de Cuenta 9756919-6 con el tema de tesis: **"SISTEMA DE CALIBRACIÓN POR COMPARACIÓN PARA SENSORES DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS SEMIAUTOMÁTICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE "**.

PRESIDENTE:	ING. FEDERIQUE JÁUREGUI	ABRIL	77
VOCAL:	ING. ROBERTO CORTÉS BUENROSTRO	OCTUBRE	77
SECRETARIO:	ING. RAÚL BARRÓN VERA	OCTUBRE	78
SUPLENTE:	M. en I. ULISES MERCADO VALENZUELA	ENERO	97
SUPLENTE:	ING. JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOSA	AGOSTO	98

Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. Roberto Cortés Buenrostro , el cual está incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Bosques de Aragón, Estado de México, 24 de septiembre del 2002.

EL JEFE DE CARRERA

ING. RAÚL BARRÓN VERA



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
c.c.p. Ing. Roberto Cortés Buenrostro.- Asesor.
c.c.p. alumno

RBV/scd.

*Doy gracias a mis padres
Javier y María Luisa,
por todo el apoyo, paciencia
y cariño recibido.*

*Les dedico este logro como
muestra de mi agradecimiento
a su sacrificio y esfuerzo mutuo.*

*A mis hermanos:
Ingrid Deborah y Edder David
les entrego con mucho amor,
este ejemplo de
empeño y dedicación.*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

*A la Universidad Nacional Autónoma de México
en su Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Aragón"
agradezco haberme dado la formación y conocimientos
que contribuyeron en mi desarrollo profesional.*

Agradezco especialmente a mi director de tesis:

Ing. Roberto Cortés Buenostro

*por brindarme sus conocimientos y
colaboración en el desarrollo de esta tesis.*

Agradezco también a mis sinodales:

Ing. Raúl Barrón Vera

Ing. José Luis García Espinoza

Ing. Federique Jáuregui Renaud

M. en I. Ulises Mercado Valenzuela

*Agradezco al Instituto Mexicano del Petróleo
por las facilidades proporcionadas para la
realización de esta tesis a través del programa
para la formación y desarrollo del factor humano.*

*En la Gerencia Ciencias del Ambiente del IMP
agradezco a:*

Ing. Emmanuel González Ortiz

*Y a todos aquellos que no es posible nombrar,
pero que han significado y significan un nuevo
paradigma en mi vida.*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

*Nadie fue ayer,
ni va hoy,
ni irá mañana
hacia Dios
por este mismo camino
que yo voy.*

*Para cada hombre guarda
un rayo nuevo de luz el sol...
y un camino virgen Dios.*

León Felipe

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE GENERAL

<i>Índice General</i>	vi
Introducción	1
1. Objetivo	5
I. Generalidades	6
1. Requisitos generales que han de satisfacer los instrumentos de una estación meteorológica	7
2. Unidades y constantes meteorológicas	10
3. Precisión de las medidas	13
II. Relación de las variables meteorológicas con el medio ambiente	16
1. ¿Qué es la Meteorología?	17
2. Las variables meteorológicas y el medio ambiente	20
2.1. La temperatura	21
2.2. La presión atmosférica	29
2.3. El viento	35
2.4. La humedad atmosférica	40
III. Descripción técnica de la instrumentación meteorológica del Laboratorio de Calibración	48
1. Sensores patrones	49
1.1. Sensor patrón de velocidad de viento	49
1.2. Sensor patrón de dirección de viento	51
1.3. Sensor patrón de humedad relativa	54
1.4. Sensor patrón de temperatura	56
1.5. Sensor patrón de presión atmosférica	57
2. Sensores Met One	60
2.1. Constitución física del sensor de velocidad de viento	60
2.2. Constitución física del sensor de dirección de viento	65
2.3. Constitución física del sensor de humedad relativa	68
2.4. Constitución física del sensor de temperatura	72
2.5. Constitución física del sensor de presión atmosférica	75
3. Kits de calibración	77
3.1. Kit de calibración para sensores de velocidad de viento	77
3.2. Kit de calibración para sensores de dirección de viento	80
3.3. Kit de calibración para sensores de humedad relativa	83

IV.	<i>Diseño del sistema de calibración para el acreditamiento y certificación del Laboratorio de Calibración</i>	85
	1. Ubicación de los sensores patrones dentro del Laboratorio de Calibración y su justificación	86
	2. Variables ambientales controladas en las calibraciones	90
	3. Normatividad para la calibración de sensores meteorológicos	94
	4. Puesta en marcha del sistema de calibración en el Laboratorio de Calibración	99
	4.1 Realización de pruebas dentro del laboratorio	99
	4.2 Capacitación al personal del laboratorio	110
V.	<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	111
Apéndice A	<i>Procedimientos de calibración utilizados actualmente en el Laboratorio de Calibración</i>	116
Apéndice B	<i>Curso de capacitación "Introducción al manejo de la estación semiautomática de superficie marca Met One Inc."</i>	148
Glosario		166
Bibliografía		172

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INTRODUCCIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Introducción

El interés que me motivó a desarrollar esta tesis surge de la necesidad que existe dentro del Laboratorio de Calibración adscrito a la Gerencia Ciencias del Ambiente y perteneciente a la Subdirección de Protección Ambiental del Instituto Mexicano del Petróleo, para que el personal encargado del manejo y la operación de la instrumentación meteorológica con la que se cuenta, efectúe su trabajo en forma correcta y precisa, es decir, es conveniente que las actividades de calibración que se realizan en dicho laboratorio sean cada día más eficientes. Esto debido a que la información de las variables meteorológicas que se genera y recopila cuando la instrumentación se instala en su sitios de operación, resulta de suma importancia para el análisis y la determinación de los modelos de dispersión de contaminantes que actualmente se emiten a la atmósfera en cada una de las refinerías que Petróleos Mexicanos (PEMEX) tiene en operación.

Con el objeto de obtener los valores correctos de las variables meteorológicas, los distintos instrumentos meteorológicos deben compararse con su respectivo instrumento patrón y sus correctas escalas, antes de que entren en servicio. Lo que se conoce como *calibración*, es el método de comparar y hacer una escala compatible del instrumento calibrado con la escala del instrumento patrón.

Generalmente, un instrumento meteorológico no mantiene su calibración en forma permanente. La calibración sufre variaciones en forma distinta para cada uno de los instrumentos meteorológicos y tiende a cambiar con el tiempo, por lo que la compatibilidad entre las escalas del instrumento de medición y el instrumento patrón se arruina. Estos cambios pueden ser abruptos o graduales, pero en todos los casos conducen a mediciones meteorológicas imperfectas.

La responsabilidad por la exactitud de las observaciones meteorológicas y su coherencia espacial y temporal le corresponde precisamente al Laboratorio de Calibración, que es el encargado de cuidar la condición operacional de los instrumentos meteorológicos. El control de las rutinas de observación y el cuidado inmediato de los instrumentos meteorológicos son funciones complementarias del proceso para obtener datos meteorológicos de gran calidad.

El Laboratorio de Calibración como encargado del cuidado inmediato de las condiciones de trabajo apropiadas de los instrumentos meteorológicos desempeña los siguientes trabajos:

- ✓ Realiza periódicamente, de acuerdo con los programas, ensayos prácticos y pruebas de laboratorio de las características de calibración de los instrumentos meteorológicos, con el objeto de establecer su funcionamiento operacional.
- ✓ Lleva a cabo comparaciones entre instrumentos meteorológicos y sus respectivos instrumentos patrón con el objeto de establecer la naturaleza y la magnitud de la desviación de la calibración de los valores normales aceptados.

- ✓ Recalibra cualquier instrumento cuya calibración se haya desplazado mas allá de los valores normalmente aceptados.
- ✓ Cuida los instrumentos meteorológicos patrones y los equipos de calibración de laboratorio y mejora continuamente los procedimientos de laboratorio.
- ✓ Extiende el control de calibración y estándares meteorológicos sobre los instrumentos meteorológicos recientemente incorporados, así como aquellos usados en investigación.

A fin de posibilitar el cumplimiento de sus objetivos, el laboratorio de calibración cuenta con instrumentos, equipo, personal y organización apropiados.

Siguiendo un buen concepto en cuanto al diseño del área de trabajo se mostrará en un capítulo posterior de esta tesis la distribución actual del laboratorio de calibración, la cual atiende a ciertos requisitos fundamentales relativos a su desempeño y dentro de los que figuran la preservación de los estándares meteorológicos altos, la observación de las medidas preventivas obligatorias contra riesgos de trabajo además de la disposición que promueve el movimiento más funcional y eficiente de personas e instrumentos.

En las rutinas diarias, las responsabilidades del Laboratorio de Calibración están distribuidas sobre las dos áreas principales de actividades meteorológicas: operatividad e investigación. En lo referente a actividades operacionales, existe una estrecha relación entre la sección de mantenimiento del laboratorio y la red de inspección meteorológica en las refineras de PEMEX. Además, las actividades del Laboratorio de Calibración están vinculadas a las de instituciones externas tales como la Dirección Nacional de Normas y usuarios de equipo meteorológico. Por lo que respecta a investigación, las actividades del Laboratorio de Calibración están relacionadas con las del Servicio Meteorológico Nacional a través de experiencias científicas de laboratorio y de aplicación. Además de tener en cuenta las actividades propias del laboratorio, las cuales están conectadas principalmente con el sostenimiento de los equipos e instrumentos de laboratorio y los perfeccionamientos metodológicos y tecnológicos de las rutinas de calibración, que es el punto de partida de esta tesis.

Debido a que las actividades funcionales del laboratorio de calibración son de carácter repetitivo, el personal técnico bien competente y experimentado necesita poca orientación de profesionales para llevar a cabo el trabajo. Sin embargo, las actividades relacionadas con comprobación, comparación y calibración de los nuevos modelos de instrumentos meteorológicos convencionales y, especialmente, el manejo de equipos e instrumentos experimentales especiales para investigación pueden presentar problemas que requieran la asistencia de un profesional.

Las actividades en el Laboratorio de Calibración pueden ser divididas en dos grupos principales: periódicas y no periódicas (o de naturaleza esporádica). Las actividades periódicas están relacionadas con los ciclos de mantenimiento de los instrumentos meteorológicos de la red. Teniendo presente el efecto que las condiciones ambientales puedan tener sobre los instrumentos y la naturaleza de las fallas instrumentales más frecuentes.

Puesto que en la jungla, los instrumentos se verán afectados por la humedad y la fauna; en un desierto, por los temporales de arena; en latitudes templadas por la contaminación atmosférica; y en condiciones extremas por temperatura baja, granizo, etc.

Las actividades de calibración no periódicas están vinculadas con instrumentos que han sido reparados luego de una falla y son recalibrados. Como regla, los instrumentos meteorológicos sometidos a cualquier reparación, por pequeña que sea, deberían ser comprobados en condiciones de laboratorio. La prueba está dirigida a descubrir si la calibración original es válida y, si no es así, la naturaleza del cambio. Antes de reinstalarlos en la estación de campo, los instrumentos nuevos deben verificarse en el laboratorio. Normalmente, las actividades periódicas del Laboratorio de Calibración representa la parte esencial del trabajo.

En el primer capítulo de esta tesis se encontrarán las generalidades sobre los requisitos que deben satisfacer los instrumentos que se pretendan emplear para la medición de las variables meteorológicas, las unidades de las variables que se deben manejar y los rangos de medición aceptados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que es la máxima autoridad en la materia, además de algunas consideraciones que se deben tener en cuanto a la precisión de la temperatura, la presión, además de las relativas al viento.

Las ciencias y las aplicaciones con las cuales está vinculada la Meteorología, se encuentran en el segundo capítulo, donde también existe una breve descripción de las divisiones de esta ciencia, también se mencionan algunas aplicaciones prácticas y cotidianas, que muy a menudo no nos damos cuenta que nos rodean. En este mismo capítulo encontraremos la definición de las variables meteorológicas como la temperatura, la presión atmosférica, el viento y la humedad atmosférica y la relación que guarda cada una de ellas con el medio ambiente.

Una parte fundamental de esta tesis que está considerada en el tercer capítulo es la descripción técnica de la instrumentación meteorológica con la que se opera en el Laboratorio de Calibración, en donde se detallan en principio los sensores patrones explicando su funcionamiento, su construcción, sus especificaciones y dando algunos tips para su instalación. También se encuentran en este capítulo la constitución física y el diseño de los sensores que se calibran actualmente en el laboratorio, enlistando sus componentes, especificando los periodos de revisión de operación, calibración y mantenimiento, la solución de problemas comunes y en algunos casos los procedimientos para reemplazar algún componente en mal estado. Por último se describen los kits de calibración dando sus especificaciones, tips de instalación u operación y mantenimiento si lo requieren.

El cuarto capítulo contiene el diseño del sistema de calibración del laboratorio, estableciendo los requisitos que deben cubrir las instalaciones que se empleen para ensayos ambientales, se describe el lugar ideal donde se deben instalar los sensores patrones de nuestro laboratorio y se da su justificación. Analizando también los aspectos que se deben controlar dentro un cuarto controlado para realizar en forma óptima las calibraciones a la instrumentación meteorológica.

Asimismo se encuentra la revisión y el análisis de la normatividad existente para la operación y competencia de los laboratorios de calibración, con el fin de identificar y cumplir con los requisitos que se señalan para lograr la certificación correspondiente. Por último en este mismo capítulo se encuentran los resultados de la prueba que se llevó a cabo dentro del Laboratorio de Calibración con el fin de comprobar que el sistema opera correctamente.

Finalmente el quinto capítulo contiene mis conclusiones personales sobre el desarrollo de todo el sistema de calibración, además de todos los aspectos relevantes que se deben enfatizar mientras se lleva a cabo la calibración y en su caso alguna recomendación pertinente, con el fin de que el personal realice dichas calibraciones en forma precisa y simplificada.

Como información complementaria en el anexo A se encuentran los procedimientos más actualizados empleados en el laboratorio para la calibración de cada uno de los sensores de las estaciones meteorológicas semiautomáticas de superficie, en todos los servicios que se prestan. Además en el anexo B se encuentra el curso práctico completo de capacitación que el personal designado en el laboratorio debe recibir para que opere, maneje e instale correctamente la estación meteorológica de superficie con la que se cuenta en este laboratorio.

1. Objetivo

Esta tesis tiene como propósito ordenar y sistematizar las calibraciones que se realizan a la instrumentación meteorológica marca Met One Inc. o similar dentro del Laboratorio de Calibración del Instituto Mexicano del Petróleo. Verificando asimismo la distribución y la adecuación del área disponible dentro del laboratorio, lo cual permitirá realizar óptimamente las calibraciones a dicha instrumentación, también se deben elaborar los procedimientos para la calibración de los sensores de velocidad y dirección de viento, humedad relativa, temperatura y presión barométrica de las estaciones meteorológicas semiautomáticas de superficie a las cuales se les da servicio de mantenimiento periódico dentro de las instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Todos estos rubros deben estar apegados a los requisitos normados para la operación de los laboratorios de calibración y pruebas.

Siendo el objetivo general desarrollar un sistema de calibración que permita que los sensores calibrados generen datos confiables y precisos cuando sean reinstalados en sus sitios de operación. Con lo cual se buscará que el Laboratorio de Calibración logre su certificación ante la Entidad Mexicana de Acreditación "EMA".

CAPITULO

I

Generalidades

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Requisitos generales que han de satisfacer los instrumentos de una estación meteorológica

Antes de proceder a la instalación de una estación meteorológica es imprescindible precisar la finalidad, inmediata o futura, a la cual ha de responder. Cualquiera que sea esta finalidad y por limitados y modestos que sean nuestros propósitos como observadores, la estación se ha de organizar desde el primer momento de una manera tan precisa como sea posible.

Esto no se debe tomar a la ligera porque millares de observaciones hechas con toda constancia y buena fe han resultado inútiles o, lo que es peor, han contribuido con datos erróneos a crear desorientaciones y dudas, por no haberse puesto en la instalación y en el método de trabajo el esmero necesario, para el cual habría bastado muy poco esfuerzo empleado por nosotros como observadores.

En forma general, la estación ha de obedecer a un programa de operación, que será diferente según el tipo de observación que se quiera realizar, ya sea en un observatorio urbano, en pleno campo, junto al mar o en la montaña. También será distinto el programa según se trate de realizar observaciones sistemáticas una o más veces al día o se reserve para observaciones aisladas de fenómenos especiales.

La exposición de los instrumentos meteorológicos constituye un factor significativo en la medida de determinados elementos meteorológicos y, por consiguiente, a fin de que las observaciones de distintas estaciones puedan ser comparables, las exposiciones deben ser similares. Una parcela de terreno llano cubierto de hierba baja, resulta satisfactoria para los instrumentos que han de medir la temperatura y humedad ambientes, siempre que esté adecuadamente situada (FIGURA 1-1). Debe quedar fuera de la influencia inmediata de árboles y edificios y en una posición tal que constituya una buena representación de las condiciones colindantes. En la medida de lo posible, la estación no debe estar situada sobre o cerca de laderas muy inclinadas, crestas, acantilados o depresiones. También es importante cuando se esté trabajando en ciudades como la nuestra, que la estación tenga una frecuente circulación del aire y una buena visibilidad en todas direcciones, ubicándola en un área que mida preferente nueve por seis metros, separada de edificios y de muros altos que puedan alterar la temperatura del aire, ya sea por el color reflejado por los muros o por efecto del humo de las chimeneas, también debemos de alejarla de obstáculos susceptibles de producir remolinos, especialmente cuando se quiera hacer la medición de la lluvia y del viento.

Con el fin de que los datos que se obtengan se puedan aprovechar en diversos estudios, es conveniente precisar la situación geográfica de la estación por sus coordenadas geográficas: latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar. El conocimiento de esta última característica es necesario para interpretar variados fenómenos y deducir algunos datos meteorológicos.

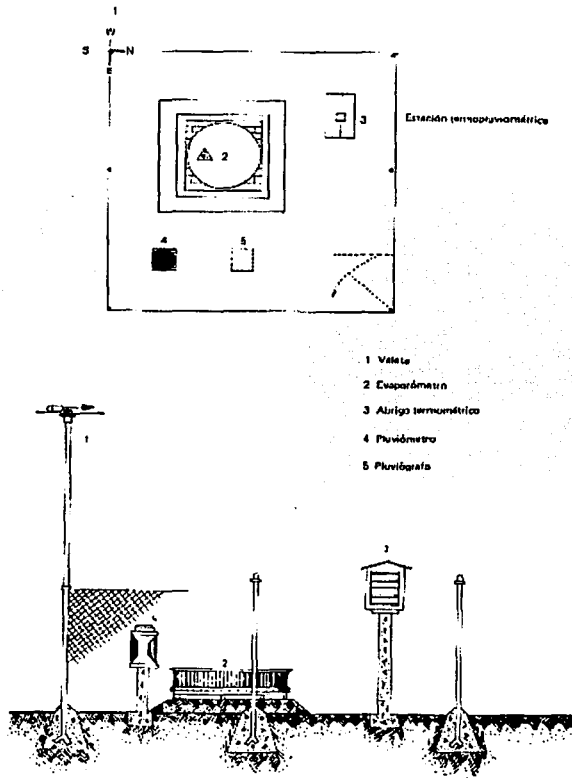


FIGURA 1-1
Ejemplo de la distribución general de una estación meteorológica de superficie.

Para algunas observaciones, en particular las de viento y nubes, es necesario saber con exactitud la dirección de los puntos cardinales. Es ideal dejar trazada en la estación una línea norte-sur y determinar las direcciones de algunos objetos lejanos y permanentes.

Es esencial que una estación meteorológica cuente con la siguiente instrumentación para ser considerada como tal:

- ✓ Termómetro;
- ✓ Higrómetro;
- ✓ Pluviómetro;
- ✓ Barómetro;
- ✓ Anemómetro;
- ✓ Veleta.

Otros instrumentos que es deseable añadir a los anteriores aunque no es requisito son:

- ✓ Heliógrafo;
- ✓ Termómetros del suelo;
- ✓ Radiómetros;
- ✓ Medidores cuantitativos del punto de rocío;
- ✓ Telémetro de nubes;
- ✓ Evaporímetros;
- ✓ Medidor de la acumulación de hielo;
- ✓ Termómetros de temperatura del agua y registradores (cuando proceda).

Es importante señalar que las estaciones meteorológicas con las cuales se ha trabajado para desarrollar esta tesis, contienen hasta hoy únicamente la instrumentación siguiente:

- a) Termómetro;
- b) Higrómetro;
- c) Barómetro;
- d) Anemómetro;
- e) Veleta.

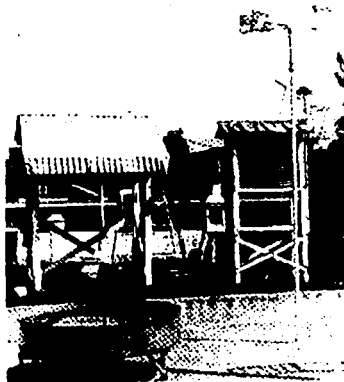
Aunque se tiene contemplado incorporar un pluviómetro y un piranómetro a cada una de las estaciones meteorológicas para tener un mejor registro de las variables atmosféricas.

Las características más convenientes que se pueden considerar como requisitos que han de satisfacer los instrumentos meteorológicos son los siguientes:

- ✓ Seguridad;
- ✓ Precisión;
- ✓ Sencillez de diseño;
- ✓ Facilidad de funcionamiento y mantenimiento;
- ✓ Robustez de construcción.

Con respecto a la seguridad y la precisión es importante que un instrumento pueda ser capaz de mantener la precisión conocida durante un largo período. Siendo mucho mejor que disponer de una elevada precisión inicial que no pueda ser mantenida mucho tiempo en condiciones operativas.

La sencillez y facilidad de funcionamiento así como el mantenimiento son importantes, ya que la mayoría de los instrumentos meteorológicos están en continuo uso año tras año y pueden estar situados lejos de los centros de reparación. La robusta construcción es especialmente conveniente en los instrumentos que están total o parcialmente expuestos a la intemperie (FIGURA 1-2). La aplicación de estas características reducirá con frecuencia los gastos generales que se precisan para obtener buenas observaciones.



Observatorio Meteorológico
de la Ciudad Universitaria.

FIGURA 1-2

2. Unidades y constantes meteorológicas

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) establece que hay que utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SIU) para la evaluación de los elementos meteorológicos en los informes internacionales, para lo cual a nivel nacional o local es preferible trabajar en base a esta regla para simplificar el trabajo si es que se presenta el caso de elaborar informes que tengan que ser analizados fuera de nuestro país. A continuación se presenta la información que la OMM emite al respecto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Unidades

Se denomina unidad de medida a una magnitud a la que se le atribuye el valor *uno*, en función de la cual se miden otras magnitudes de la misma clase. Un patrón es la materialización física de una unidad. Para medir una magnitud en función de un patrón o de las unidades deducidas de él, se utilizan instrumentos patrón. A diferencia de los patrones, los instrumentos patrón miden gamas de valores de las magnitudes de que se trate. Se llama método normalizado al que se aplica para la reproducción de la unidad de medida, haciendo uso de valores fijos de ciertas propiedades de los cuerpos o de constantes físicas.

Se deberán utilizar las siguientes unidades en las observaciones meteorológicas:

- a) Presión atmosférica en hectopascales (hPa);
- b) Temperatura en grados Celsius (°C);
- c) Velocidad del viento, tanto en las observaciones de superficie como en altitud, en metros por segundo o en nudos (m/s, knots);
- d) Dirección del viento en grados a partir del norte (deg);
- e) Humedad relativa en tanto por ciento (%);
- f) Precipitación en milímetros (mm);
- g) Evaporación en milímetros (mm);
- h) Visibilidad en metros y kilómetros (m, km);
- i) Irradiancia en watts por m² (W/m²);
- j) Duración de la insolación en horas (hrs);
- k) Geopotencial, utilizado en las observaciones en altitud, en metros geopotenciales tipo (m^g).

Si existe alguna duda en cuanto a la definición de los términos anteriormente expuestos, se recomienda que se consulte el glosario de términos.

Constantes

Se han adoptado para uso meteorológico las siguientes constantes:

- a) Temperatura absoluta del punto normal de hielo $T_0 = 273.15 \text{ K}$;
- b) Gravedad normal tipo ($g_n = 9.80665 \text{ m}^2$);
- c) Densidad del mercurio a 0°C $= 1.35951 \times 10^4 \text{ kg m}^{-3}$.

Al respecto la OMM recomienda consultar su Reglamento Técnico y sus Tablas Meteorológicas Internacionales emitidas por ella misma, si se desea conocer los valores de otras constantes.

A continuación se describen las unidades de las variables meteorológicas que son utilizadas en las estaciones meteorológicas con las que se ha trabajado en el desarrollo de esta tesis.

Unidades de presión atmosférica

La unidad de presión del S.I. es el pascal (o newton por metro cuadrado), pero resulta inconvenientemente pequeña para fines meteorológicos. Para fines meteorológicos la unidad utilizada para expresar la presión es el hectopascal, definido como 100 pascales; las escalas de todos los barómetros meteorológicos deben estar graduadas en hectopascales, que son iguales a la unidad anteriormente utilizada, es decir, el milibar.

Muchos barómetros están graduados en "milímetros o pulgadas de mercurio en condiciones normales". Cuando resulte evidente por el contexto que prevalecen condiciones normales, se pueden utilizar para denominar a estas unidades las expresiones más breves de "milímetros de mercurio" o "pulgadas de mercurio". En estas condiciones normales, una columna de mercurio que tenga una altura a escala verdadera de 760 milímetros, ejerce una presión de 1013.250 hectopascales. Se aplican entonces los siguientes factores de conversión:

$$\begin{aligned} 1 \text{ hectopascal (hPa)} &= 0.750\ 062 \text{ milímetros de mercurio en condiciones normales (mmHg)}_n \\ 1 \text{ (mmHg)}_n &= 1.333\ 224 \text{ hPa} \end{aligned}$$

En los casos en que se aplique la clásica relación de cálculo entre la pulgada y el milímetro, es decir 1 inch (pulgada) = 25.4 milímetros, se obtienen los siguientes factores de conversión:

$$\begin{aligned} 1 \text{ hPa} &= 0.029\ 530\ 0 \text{ pulgadas de mercurio en condiciones normales (in. Hg)}_n \\ 1 \text{ (in. Hg)}_n &= 33.863\ 9 \text{ hPa} \\ 1 \text{ (mm Hg)}_n &= 0.039\ 370\ 08 \text{ (in. Hg)}_n \end{aligned}$$

Los datos de presión deben ser expresados preferentemente en hectopascales, pero si se piden en otras unidades, se debe dar preferencia a las unidades del tipo antes citadas, es decir, el (mm Hg) o (in. Hg) o milibares.

Unidades y escalas de temperatura

La temperatura termodinámica (0), con sus unidades kelvin (K), es la temperatura básica. El kelvin es la fracción 1/273.16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. La temperatura Celsius (t), definida por la ecuación inferior se utiliza para la mayoría de los fines meteorológicos.

$$t = 0 - 273.15$$

En la escala termodinámica de temperatura, las medidas se expresan como diferencias a partir del cero absoluto (0 K), a cuya temperatura las moléculas de cualquier sustancia carecen de energía cinética.

Unidades de la humedad atmosférica

Normalmente se deben utilizar las siguientes unidades para expresar las distintas magnitudes asociadas con el vapor de agua de la atmósfera:

Presión de vapor	en hectopascales
Concentración de vapor (humedad absoluta)	en kg m^3
Contenido de humedad (humedad específica)	como relación en peso
Razón de mezcla	como relación en peso
Humedad relativa	en tanto por ciento

Unidades del viento

La velocidad del viento debe expresarse en metros por segundo o en nudos, con precisión de una unidad y, para fines sinópticos, debe representar el promedio sobre un período de diez minutos o si el viento cambia notablemente en un período de diez minutos, un promedio sobre el período después del cambio.

La dirección del viento debe expresarse en grados, con una precisión de +/- diez grados, utilizando la escala de 0 a 360° y debe representar el promedio sobre diez minutos o, si el viento cambia notablemente en un período de diez minutos, un promedio sobre el período después del cambio. La dirección del viento se define como la dirección de la cual el viento sopla y se mide en el sentido de las agujas de un reloj a partir del norte geográfico.

Se debe considerar que hay calma cuando el promedio de velocidad del viento es inferior a un nudo que equivale a 0.515 m/s.

Si se quieren conocer las unidades de las variables meteorológicas tales como la precipitación, la evaporación, la radiación solar o de la visibilidad, se recomienda consultar la Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos de la Organización Meteorológica Mundial.

3. Precisión de las medidas

Los principales términos referentes a la precisión de las medidas que se estarán empleando a lo largo de éste capítulo, tales como medida, precisión, exactitud, etc, quedan definidos en el glosario de términos, que se encuentra al final de esta tesis, donde pueden ser consultados en caso de que se tenga alguna duda en cuanto a su significado.

La precisión con que debe medirse una variable meteorológica cambia con el fin específico al que se destina dicha medida. Para la mayoría de los fines operativos y de investigación, la determinación de la precisión requerida tiene por objeto garantizar la compatibilidad de los datos, tanto en el espacio como en el tiempo.

En los casos en que es difícil averiguar la precisión absoluta, tal como ocurre con los datos en altitud de las radiosondas y también en el caso de los datos de precipitación, resulta suficiente por lo general tomar medias que garanticen que los datos son suficientemente compatibles para los usuarios. Las distintas comisiones técnicas de la Organización Meteorológica Mundial, tal como la Comisión de Climatología, Aplicaciones de la Meteorología y también por la Comisión de Sistemas Básicos, han especificado las exigencias de precisión para las medidas de los parámetros meteorológicos que analizaremos en esta tesis, los cuales se muestran en la TABLA 1-1, que se muestra a continuación.

REQUISITOS DE PRECISIÓN PARA LAS MEDIDAS EN ALTITUD			
		Climatología	Meteorología sinóptica
I.	Presión	+/- 2 hPa hasta 200 hPa +/- 2 % por encima de 200 hPa	+/- 1 hPa
II.	Temperatura	+/- 0.5° hasta 200 hPa +/- 1° C por encima de 200 hPa	+/- 0.5 °C
III.	Humedad Relativa	+/- 5 % hasta 700 hPa +/- 10 % por encima de 700 hPa	+/- 5 % hasta la 1ª tropopausa o 300 hPa, lo que esté más abajo. +/- 10 % para niveles superiores
IV.	Dirección de viento	+/- 10°	+/- 5° para velocidades mayores de 25 m/s +/- 10° para velocidades menores
	Velocidad de viento	+/- 5 % hasta 200 hPa	+/- 1 % por debajo de 10 m/s +/- 10 % por encima de 10 m/s

TABLA 1-1
Resumen de los requisitos de precisión para las medidas en altitud.

Cuando al observador le interesan los valores extremos de las fluctuaciones en pequeña escala, los instrumentos de medición deben ser lo suficientemente precisos para que tengan un corto tiempo de respuesta que permita detectarlas. Ya que cuando existe un gran intervalo de tiempo entre ellas, las observaciones no pueden representar con precisión los cambios que han ocurrido entre una y otra. En esta situación puede existir en los datos un error aleatorio que exceda del error de observación permisible en al menos un orden de magnitud. Un error de esta clase se produce incluso cuando se promedian dichos datos. Este error técnico es causado por la disparidad entre las características selectivas de los instrumentos de medida de los sistemas de observación y la frecuencia de las observaciones.

Enseguida se presentan las consideraciones que se deben tener en cuanto a la precisión de la presión, las temperaturas de los termómetros seco y húmedo además de las relativas al viento. Cabe mencionar que las precisiones de observación que a continuación se citan, se refieren a las estaciones meteorológicas utilizadas aisladamente.

Presión. Básicamente, lo imprescindible es que la observación sea suficientemente precisa para que permita la detección de cambios de amplitud que sean significativos para el usuario. Probablemente una de las exigencias más estrictas es la que plantea la utilización sinóptica. Se debe recordar que la exigencia de precisión se aplica al valor de la presión calculada después de la reducción al nivel de referencia, de modo que han de incluirse los posibles errores procedentes de la reducción de la presión al nivel de la estación y hasta el nivel de referencia, así como los errores sin corregir de los mismos barómetros. Se sugiere una desviación típica total de ± 0.1 hPa para el error de observación.

Temperatura de termómetro seco y de termómetro húmedo. No creemos que sea realmente importante el conocimiento de los valores extremos de las fluctuaciones de temperatura de pequeña escala sobre un período de pocos minutos. Así pues, el error de observación puede quedar definido por la amplitud de las fluctuaciones de pequeña escala. Se sugiere una desviación típica de $\pm 0.2^\circ$ Celsius para la observación de amplitudes que caigan dentro de la gama observada de fluctuaciones.

Viento. Aunque puede ser útil para fines sinópticos el valor medio de la dirección y velocidad del viento, las amplitudes de las fluctuaciones de pequeña escala son con frecuencia muy grandes, especialmente en condiciones inestables y, por lo tanto, la observación debe ser suficientemente precisa para detectar la amplitud máxima de las fluctuaciones, no solamente para fines de predicción sino también para la climatología. Un adecuado error de observación podría ser una desviación típica de ± 0.25 m/s para la velocidad del viento y de ± 5 grados para la dirección.

El logro de la precisión requerida (o compatibilidad de los datos) exige la aplicación habitual de procedimientos adecuados para el mantenimiento y calibración de los instrumentos. Por consiguiente, dentro de un programa de observación se debe conceder la mayor importancia a las medidas destinadas a lograr la más alta calidad de los datos operativos.

CAPITULO II

Relación de las variables meteorológicas
con el medio ambiente

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I. ¿Qué es la Meteorología?

La Meteorología es la ciencia de la atmósfera. Su nombre procede de las palabras griegas *meteoros* (lo que se encuentra en el aire) y *logos* (tratado).

La Meteorología es una ciencia íntimamente vinculada con la Física, Química, Estadística, Geofísica y Oceanografía. Desde el punto de vista de las aplicaciones, presta ayuda a diversas ciencias y actividades como la Geografía, Agricultura, Ganadería, Industria, Servicios, Economía, Medicina, Marina, Aviación, Turismo y Seguros.

En su aspecto teórico se divide en:

Meteorología física. Comprende el estudio de los fenómenos físicos como radiación solar, irradiación terrestre, temperatura, presión, evaporación, condensación, nubosidad, precipitación y fenómenos acústicos, ópticos y eléctricos de la atmósfera (FIGURA 2-1 y 2-2).



FIGURA 2-1

Fenómenos de humedad: nubosidad y radiación solar

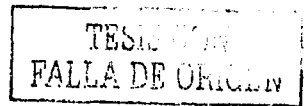


FIGURA 2-2

Fenómenos de humedad: nubosidad y precipitación en forma de nieve

Meteorología dinámica. Estudia los movimientos de la atmósfera, comprendiendo la termodinámica del calor y la hidrodinámica de la humedad, ya que entre el calor, la humedad y los movimientos atmosféricos hay conexiones recíprocas de causa a efecto.

Meteorología sinóptica. Se apoya en mapas en los que se representan esquemáticamente las condiciones de presión barométrica, temperatura, viento, etc., de una extensa área en un momento determinado, en que se analiza y pronostica el probable estado del tiempo en las horas o en los días venideros.

Meteorología estadística. Comprende el estudio estadístico de los elementos meteorológicos para obtener promedios, frecuencias y tendencias en que se fincan las bases de la Climatología.

A continuación se mencionarán algunas aplicaciones que se tienen para la Meteorología.

Meteorología aeronáutica. Estudia las condiciones del tiempo en la altura y la evolución que del mismo pueda haber durante un vuelo, utilizando los datos que proporciona la Meteorología Sinóptica con el conocimiento de las condiciones medias de la atmósfera en las rutas por recorrer, además de una eficiente técnica en el intercambio sistemático de mensajes entre las aeronaves y los centros meteorológicos, así como de éstos entre sí.

En todos los países hay servicios meteorológicos, instalados en los aeropuertos, cuyo fin es facilitar a las tripulaciones de las aeronaves toda la información relativa a las condiciones meteorológicas reinantes o que se prevén en la trayectoria por recorrer. Intercambiar informes meteorológicos con otros servicios de predicción meteorológica nacionales o extranjeros.

Aerología. Se ocupa del estudio de las capas altas de la atmósfera para apoyo de vuelos estratosféricos.

Hidrometeorología. Es el estudio del agua, producto de la precipitación para satisfacer las demandas industriales, el abastecimiento a poblaciones, presas, riego, etc.

Meteorología agrícola. Se aplica en la selección de cultivos acordes a los diferentes tipos de climas, estudia la capa superficial del aire comprendida desde el suelo hasta los primeros metros de altura, o sea el espacio aéreo en que viven las plantas, y la relación del tiempo atmosférico con las cosechas, inundaciones y plagas.

Meteorología industrial. Estudia las relaciones entre las condiciones atmosféricas y las actividades industriales. La temperatura y la humedad afectan la marcha de los motores, fabricación de tejidos y papeles, tareas de impresión, elaboración de productos químicos, etc. La obtención de energía del viento y del calor solar ya se inició y el futuro ofrece amplias perspectivas para su aprovechamiento.

Meteorología legal. Para determinar los seguros se aplica la ciencia atmosférica al estudio de los riesgos ocasionados por granizadas, heladas, inundaciones, huracanes, etc., que pueden sufrir la agricultura, la ganadería y las viviendas. Está vinculada con situaciones jurídicas, ya que un informe pericial del meteorólogo puede dar luz al juez en un asunto de difícil aclaración.

Meteorología química. Estudia los procesos de formación natural o artificial de las gotas de agua de las nubes y de su precipitación al suelo, la contaminación del aire en los centros industriales; la composición química de la lluvia, la nieve y el granizo como portadores de abonos para los cultivos; la radiactividad del aire y de la lluvia.

Meteorología marítima. Además de apoyar a la navegación marítima, posee un sistema coordinado de información entre las estaciones de tierra y los barcos meteorológicos que navegan en zonas clave como en la zona del Caribe, donde se generan los ciclones que azotan a las costas de América.

Meteorología médica. Estudia las relaciones que existen entre la salud y los cambios de tiempo, ya que las continuas alteraciones químicas y físicas del aire ejercen un notable influjo en la vida vegetativa, sensitiva e indirectamente psíquica del ser humano.

El hombre vive sumergido en la atmósfera, la que ejerce constante influjo en su vida y en todas sus actividades. El campo de la Meteorología aplicada es, por consiguiente, vastísimo. Ya se ha analizado las relaciones de la Meteorología con la Aviación, la Medicina, la Agricultura, la Marina, la Hidrología, etc., pero falta señalar otras aplicaciones en diversos campos, por ejemplo:

Es indudable el influjo psíquico de las variaciones atmosféricas. Un tiempo soleado reanima, el nublar, el trabajo silencioso. Sociólogos, psicólogos y literatos han tratado este asunto en diversas formas. Los grandes fenómenos meteorológicos como ciclones y tornados han producido catástrofes nacionales, pérdidas económicas y destrucciones de poblados que a veces terminan en emigraciones.

La distribución de horas de trabajo escolar o laboral, así como las vacaciones, las variaciones en la venta de bebidas refrescantes según la temperatura reinante; las posibilidades de practicar deportes en hielo o el montañismo en general, así como la pesca y cualquier otro deporte; la necesidad de emplear máquinas quitanieve; las variaciones de carburación en los motores de gasolina; las necesidades de mayor o menor calefacción; las precauciones en caso de tormenta; la determinación del estado de humedad del aire, tanto en el exterior como en el interior de los edificios; el estudio de la ionización del aire, así como del estado eléctrico del mismo; esto lo determina todo el estado del tiempo.

En cuanto a las aplicaciones en la Arquitectura, se citan la elección de materiales y formas de las construcciones; el cálculo de diámetros de las alcantarillas de desagüe de las lluvias; el efecto del viento en los rascacielos; la lucha contra la humedad del suelo en los sitios lluviosos; la orientación de los edificios y de las calles, según los vientos dominantes y el mejor aprovechamiento de las horas probables de cielo despejado, ya que si en las horas de la tarde son más frecuentes las nubes, habrá que aprovechar las de la mañana para el soleamiento; la instalación de pararrayos, etc.

Por lo que respecta a la industria, el desgaste de los neumáticos de los vehículos, según el estado de humedad del suelo; el efecto del viento y la humedad en trenes, automóviles y estructuras metálicas, así como postes de conducción eléctrica o cables; el efecto de las inundaciones en los puentes; la congelación del agua para las locomotoras y los autos; el efecto de la presión atmosférica en las explosiones grisú, en las minas; el congelamiento de los cables de conducción eléctrica; la oxidación y corrosión de los metales; los efectos de la humedad y quizá del estado eléctrico del aire en las industrias papeleras, gráficas y de embutidos, así como en las salinas; la perturbación en las transmisiones radioeléctricas por la variación de la ionización del aire y por las del magnetismo terrestre; el acondicionamiento del aire, etc.

2. Las variables meteorológicas y el medio ambiente

El estado del tiempo siempre es objeto de nuestra atención y motivo de la charla cotidiana, algunas veces nos hace sentir cansados, molestos, irritados o deprimidos; otras, optimistas, reconfortados y vigorizados, pero jamás dejamos de considerarlo; sin embargo, pocas personas están enteradas de que diariamente se realizan en el mundo más de 120 000 observaciones meteorológicas, las cuales se envían por los más perfeccionados medios de comunicación a los servicios meteorológicos nacionales, quienes a su vez los transmiten a los tres centros coordinadores: Melbourne, Washington y Moscú, desde donde se distribuyen, procesados por regiones, a los centros de análisis y predicción para preparar mapas meteorológicos, los que una vez analizados permiten obtener el pronóstico del tiempo más probable a niveles nacionales y regionales.

En forma general, este es el proceso a que se someten las observaciones meteorológicas.

El objetivo de este capítulo es ofrecer las explicaciones básicas relativas a los fenómenos meteorológicos, tales como: temperatura, presión atmosférica, viento y humedad. Describas de una manera sencilla y práctica a fin de que podamos entender de una manera progresiva su integración en el medio ambiente.

2.1 La Temperatura

Una primera concepción de la temperatura es la que se refiere a la sensación fisiológica del cuerpo humano. Cuando se toca un cuerpo se dice que está caliente o frío, según la sensación. Cuando se juntan dos objetos con diferente temperatura, el objeto caliente se enfría mientras que el objeto frío se calienta hasta que la temperatura en los dos cuerpos se iguala, se habla entonces de un equilibrio térmico. Uno de estos objetos puede ser un termómetro. La temperatura la podemos medir como la actividad molecular de una sustancia llamada medio térmico, la cual se manifiesta mediante el cambio de alguna propiedad (por ejemplo aumento del volumen de la sustancia). Dicho de otra forma, la temperatura es la condición que determina si un cuerpo o sustancia es apto para transmitir calor a otros o para recibir el calor transmitido por éstos.

Podemos definir a la temperatura como la condición que determina la dirección del flujo resultante de calor entre dos cuerpos. En dicho sistema, el cuerpo que en total libera calor al otro se dice que está a una temperatura más elevada. Para medir la Temperatura de un objeto se puede poner un termómetro a la misma temperatura que el objeto (es decir, en equilibrio termodinámico con él) y entonces se puede medir la temperatura del mismo termómetro.

Concluyendo que la temperatura de un cuerpo es la medida de la agitación de sus moléculas o intensidad de calor. Y siendo la temperatura del aire el objetivo a medir, es necesario el uso de los termómetros.

La transmisión de calor, es la forma en que la energía pasa de un cuerpo a otro por efecto de una diferencia de temperatura. Las formas son:

- ✓ **Conducción.** Es el flujo de energía térmica de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura sin que haya transferencia de materia, mediante interacciones atómicas o moleculares.
- ✓ **Convección.** Es la transmisión de energía térmica en el propio cuerpo del fluido (gas o líquido) cuando esta en contacto con una fuente de calor. Una parte del fluido (la que está en contacto con la fuente de calor) al calentarse se dilata, disminuye su densidad y tiende a ascender y la otra parte, del fluido más fría y más densa, tiende a descender dando lugar a corrientes convectivas, las cuales producen así una mezcla de moléculas en el cuerpo del fluido. Para que se produzca transmisión de calor por convección, antes debe haber un proceso de transmisión de calor por conducción.
- ✓ **Radiación.** Es la emisión y propagación de energía por medio de ondas electromagnéticas, las cuales se desplazan a la velocidad de la luz (300 000 km/s) a través del espacio y sin intervención activa de la materia y sin requerir necesariamente de un medio para su propagación. Un ejemplo común es la radiación que el Sol emite a la Tierra.

Los procesos físicos en los que se basa la medida de la temperatura son:

- ✓ Dilatación de un líquido encerrado en un tubo de vidrio.
- ✓ Dilatación de un líquido dentro de una envoltura metálica y que provoca un aumento de presión.
- ✓ Desarrollo de una fuerza electromotriz entre las soldaduras de un circuito formado por dos metales diferentes (termómetro de termopar)
- ✓ Cambio de curvatura en una banda de metal compuesta por dos láminas metálicas que tienen coeficiente de dilatación diferente y que están soldadas en toda su longitud (termómetro de lámina bimetalica).
- ✓ Variación de resistencia eléctrica de un hilo de platino.
- ✓ Variación de resistencia de una mezcla especial de sustancias químicas (termómetro de termistancias).

Escalas Termométricas

Para establecer la escala del termómetro se consideran como puntos de referencia dos temperaturas fijas que ofrece la Naturaleza: una, la del hielo que se está fundiendo, y otra, la del vapor de agua destilada, cuando la ebullición se realiza al nivel del mar.

Ese intervalo fue dividido en 1742 por el alemán Celsius en 100 partes (escala centígrada), y se llamó 0° al punto de fusión del hielo y 100° al de ebullición del agua. En 1724 Fahrenheit, también alemán, dividió este intervalo en 180 partes, y llamó 32° al de fusión del hielo fue que entonces no se conocía temperatura más baja que la obtenida mezclando el hielo y sal (-17.8° C=32° F).

Creyó Fahrenheit que así se evitaría el uso de las temperaturas negativas. El 100° F. Viene a ser 37.7° C. La escala centígrada se usa en todo el mundo, menos en los países de lengua inglesa, en los que se emplea la Fahrenheit.

En la actualidad no se usa ya la escala de Réaumur, cuyo cero coincide con el de la centígrada, pero marca 80° a la temperatura de ebullición del agua, es decir, a los 100° centígrados.

Para simplificar los cálculos y evitar el uso de temperaturas negativas se emplea en Termodinámica la llamada Escala Termométrica Absoluta cuyos grados son iguales a los de la centígrada, pero marcándose con 273° la temperatura del hielo fundente. El cero de esta escala corresponde al -273° de la centígrada y se llama "cero absoluto", de acuerdo con una hipótesis según la cual a esa temperatura los cuerpos habrían perdido todo su calor.

$$^{\circ}C = \left(^{\circ}F - 32 \right) \frac{5}{9}$$

$$^{\circ}F = \left(^{\circ}C \frac{9}{5} \right) + 32$$

$$^{\circ}K = ^{\circ}C + 273$$

FÓRMULAS DE CONVERSIÓN

Cualquier propiedad física de una sustancia que sea función de la temperatura puede ser utilizada como base de un termómetro. Las propiedades más ampliamente utilizadas en los termómetros meteorológicos son la dilatación térmica y el cambio de resistencia eléctrica con la temperatura.

Los termómetros que indican la temperatura ambiente se denominan habitualmente termómetros "ordinarios", mientras que los que indican la temperatura extrema durante un período de tiempo se denominan termómetros de "máxima" o de "mínima".

La radiación procedente del sol, las nubes, el terreno y otros objetos circundantes pasa a través del aire sin cambio apreciable alguno de temperatura, mientras que un termómetro expuesto libremente a la intemperie puede absorber considerable radiación. Como consecuencia de ello, su temperatura puede diferir de la temperatura verdadera del aire, dependiendo esta diferencia de la intensidad de la radiación y de la relación que existe entre la radiación absorbida y el calor disipado. Para algunos elementos termométricos, tales como el fino alambre utilizado en un termómetro de resistencia descubierta, la diferencia puede ser muy pequeña e incluso despreciable, pero en la mayoría de los termómetros operativos más usuales la diferencia puede ser de hasta 25° C en condiciones extremadamente desfavorables. En consecuencia, es necesario proteger el termómetro de la radiación mediante una garita o pantalla que sirva de soporte al termómetro y también que le proteja de la precipitación permitiendo al mismo tiempo la libre circulación del aire a su alrededor e impidiendo cualquier daño accidental.

La mayoría de las numerosas variedades de garitas con paredes de celosía se fundan en la ventilación natural. En la mayor medida posible una garita debe ser diseñada para que constituya un recinto de temperatura uniforme igual a la del aire exterior. La garita debe rodear completamente a los termómetros e impedir que entre el calor radiante y la precipitación. Las paredes deben ser preferentemente de doble celosía en forma de persiana, y el piso debe estar hecho de listones dispuestos en dos niveles alternados, aunque existen también otros tipos de construcción que satisfacen los requisitos citados.

El tamaño y construcción de la garita debe ser tal que mantenga la capacidad de acumulación de calor lo más baja posible y, al mismo tiempo, que permita un amplio espacio entre los instrumentos y las paredes.

Esta última característica excluye toda posibilidad de contacto directo de los sensores del termómetro con las paredes, lo cual resulta particularmente importante en las zonas tropicales, en donde la insolación puede calentar las paredes hasta el punto de causar un apreciable gradiente de temperatura en la garita. Se debe evitar el contacto directo entre los sensores y el soporte donde están montados los termómetros. La garita debe estar pintada por fuera y por dentro de blanco, con una pintura no higroscópica.

Para el trabajo meteorológico general, la temperatura observada debe ser representativa de las condiciones del aire libre en una zona lo más amplia posible en los alrededores de la estación, a la altura comprendida entre 1.25 y 2.00 m por encima del nivel del terreno. Se especifica la altura sobre el nivel del terreno debido a los grandes gradientes verticales de temperatura que pueden existir en las capas más bajas de la atmósfera.

La mejor colocación para la garita y los termómetros es, por consiguiente, por encima del nivel del terreno, con libre exposición al sol y al viento y no abrigada por árboles, edificios u otras obstrucciones próximas. Se debe evitar la colocación en una ladera muy inclinada o en un hueco, lugares que sólo deben utilizarse en condiciones excepcionales. Las observaciones de temperatura en la terraza de los edificios son de dudosa significación y utilidad debido al variable gradiente vertical de temperatura y al efecto que el edificio mismo ejerce en la distribución de dicha temperatura. En una estación donde la nieve sea persistente y de espesor variable, es posible utilizar un soporte que permite levantar o bajar la garita para mantener una altura adecuada por encima de la superficie de la nieve.

La garita debe tener un adecuado mantenimiento para que se conserve limpia, en muchos lugares basta dar mantenimiento cada 2 años, pero en las regiones afectadas por la contaminación atmosférica puede ser necesario hacerlo todos los años.

Medición de la temperatura mínima de la hierba y de la temperatura del suelo.

La temperatura mínima de la hierba es la más baja alcanzada durante la noche por un termómetro libremente expuesto a la intemperie exactamente por encima de una hierba corta. La temperatura se mide con un termómetro de mínima como se había mencionado anteriormente.

El termómetro debe estar montado en soportes adecuados, de modo que quede inclinado con un ángulo de aproximadamente 2° con respecto a la horizontal, estando el depósito del termómetro más bajo que el resto, a una altura comprendida entre 25 mm y 50 mm por encima del terreno y en contacto con los extremos de la hierba. Cuando el terreno está cubierto de nieve, el termómetro debe instalarse justo encima de la superficie de la nieve o lo más cerca posible de ella, pero sin tocarla.

Normalmente, el termómetro se pone en estación durante la última hora de observación que se realice antes de la puesta del sol y su lectura se hace a la mañana siguiente. El instrumento se mantiene en una garita o dentro de una habitación durante el día.

No obstante, en las estaciones en que el observador no está disponible a la hora de la puesta del sol, puede ocurrir que el termómetro quede expuesto durante todo el día. Con fuerte sol, esta exposición del termómetro puede hacer que el alcohol destile y se deposite en la parte alta del interior del tubo. Este efecto puede reducirse al mínimo colocando una plancha negra de metal hacia el extremo del tubo del termómetro opuesto al depósito; esta plancha absorbe más radiación y, consecuentemente, alcanza una temperatura más elevada que el resto del termómetro. Por consiguiente, cualquier vapor se condensará mucho más abajo que el extremo de la columna de alcohol.

Las profundidades normalizadas para las medidas de la temperatura del suelo son: 5, 10, 20, 50, y 100 cm por debajo de la superficie; se pueden también incluir otras profundidades adicionales. El lugar en que han de realizarse estas medidas es una parcela llana de terreno desnudo, aproximadamente un cuadrado de 75 cm de lado, que sea representativo de los alrededores de que se requiere información.

Si la superficie no es representativa del terreno que la rodea, su extensión no debe ser inferior a 100 m². Cuando el terreno esté cubierto de nieve, es conveniente medir la temperatura de la capa de nieve también.

Al describir el lugar donde se realizan las medidas de temperatura del suelo se debe hacer constar el tipo del suelo, la capa que lo cubre y el grado y dirección de la pendiente del terreno. Siempre que sea posible se deben indicar también las constantes físicas del suelo, tales como densidad, conductividad térmica y contenido de humedad del terreno.

Tiempo de respuesta de los termómetros

En relación con esta característica debemos considerar que en las observaciones meteorológicas ordinarias no es ventajoso utilizar termómetros con muy pequeña constante de tiempo, ya que la temperatura del aire fluctúa continuamente hasta un grado o dos en el espacio de unos pocos segundos y, por consiguiente, para obtener una lectura representativa con dicho termómetro de una constante mayor de tiempo tiende a suavizar las fluctuaciones rápidas. No obstante, una constante de tiempo demasiado larga puede originar errores cuando se producen cambios de temperatura a largo plazo. Se recomienda que la constante tiempo, definida como el tiempo necesario para que un termómetro registre 63.2 % de un cambio instantáneo de la temperatura del aire, debe estar comprendida entre 30 y 60 segundos, con una velocidad del viento de 5 m/s. La constante de tiempo es más o menos inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad del viento.

Los termómetros de mayor uso en Meteorología son:

Termómetro de máxima

El tipo recomendado es el termómetro de mercurio con un estrangulamiento en el tubo capilar, entre el depósito de mercurio y el principio de la escala. Este estrechamiento impide a la columna de mercurio contraerse cuando la temperatura desciende.

No obstante, el termómetro puede ponerse de nuevo en estación cuando se quiera y para ello el observador debe sujetarlo firmemente con el depósito hacia abajo y sacudirlo hasta que el mercurio de la columna vuelva a unirse. El termómetro de máxima debe estar montado formando un ángulo de unos dos grados con respecto a la horizontal, y el depósito debe ocupar la posición más baja para garantizar que la columna de mercurio se apoye sobre el estrangulamiento sin que la gravedad lo obligue a pasar por él. Es conveniente que el tubo capilar tenga un ensanchamiento al final de la varilla para permitir que se unan con facilidad de nuevo las partes de la columna que hayan podido separarse.

Termómetro de mínima

El instrumento más común es un termómetro de alcohol con un índice de vidrio oscuro, de unos dos centímetros de longitud, inmerso en alcohol. Como siempre queda algo de aire en el tubo de un termómetro de alcohol, debe existir una cámara de seguridad en su extremo superior lo suficientemente amplia como para que el instrumento pueda aguantar una temperatura de 50° C. Los termómetros de mínima deben tener un soporte análogo al de los termómetros de máxima, en una posición casi horizontal.

Los defectos de los termómetros de mínima son los comunes a todos los termómetros de alcohol; el más habitual es la rotura de la columna, especialmente durante los desplazamientos, y la adherencia del alcohol al vidrio. Frecuentemente se forman gotas de alcohol por destilación en la parte superior de la columna.

Una columna de líquido rota puede unirse de nuevo sujetando el termómetro por el extremo del depósito y golpeándolo ligeramente pero con rapidez contra los dedos o cualquier otro material elástico y no demasiado duro. Estos golpecitos deben continuar durante algún tiempo y después el termómetro puede ser colgado o mantenido vertical en un recipiente adecuado, con el depósito hacia abajo durante al menos una hora para que el alcohol adherido al vidrio descienda hasta unirse con la columna principal. Si este tratamiento no da resultado, se puede utilizar un método más enérgico que consiste en enfriar el depósito del termómetro en una mezcla de hielo y sal, manteniendo caliente al mismo tiempo la parte superior del tubo; el líquido destilará lentamente hacia la columna principal. También, puede sujetarse el termómetro en posición vertical con el depósito dentro de un recipiente de agua caliente, mientras que se sacude o golpea el tubo de vez en cuando. El termómetro debe sacarse del agua tan pronto como la parte alta de la columna de alcohol alcance la cámara de seguridad situada en el extremo del tubo. Se debe tener mucho cuidado cuando se utilice este método, ya que existe el riesgo de hacer explotar el termómetro si el alcohol se dilata dentro de la cámara de seguridad.

En los termómetros de mínima, se pueden utilizar distintos líquidos tales como el alcohol etílico, el pentano y el tolueno. Es importante que el líquido sea lo más puro posible, ya que la presencia de determinadas impurezas aumenta la tendencia del líquido a polimerizarse con la exposición a la luz y con el transcurso del tiempo. Esta polimerización causa cambios de calibración. En el caso del alcohol etílico, por ejemplo, el alcohol debe estar absolutamente exento de acetona.

Los termómetros de mínima se utilizan también para obtener la temperatura mínima de la hierba.

Termómetros para la temperatura del suelo

Para medir las temperaturas del suelo a profundidades de 20 cm ó menos, se utilizan habitualmente termómetros de mercurio con varillas dobladas en ángulo recto, o en cualquier otro ángulo, graduados por debajo de la más baja escala que habitualmente se utiliza para fines generales. El depósito del termómetro se introduce en el terreno hasta la profundidad requerida, y se lee la escala con el termómetro *in situ*. Estos termómetros están graduados por inmersión hasta la profundidad que se ha de medir. Como el resto del termómetro se mantiene a la temperatura del aire, debe existir una cámara de seguridad en el extremo de la varilla.

Para medir temperaturas a profundidades mayores de 20 cm, se recomiendan los termómetros de mercurio, montados en el interior de tubos de madera, de vidrio o plástico, con sus depósitos recubiertos de cera o pintura metálica.

El conjunto termómetro-tubo se suspende o desliza dentro de otros tubos de pared delgada de metal o plástico, introducidos en el terreno hasta la profundidad requerida. En los climas fríos los extremos de los tubos exteriores deben prolongarse por encima del terreno hasta una altura superior a la que se piensa que ha de alcanzar la capa de nieve.

Una gran constante de tiempo debida a la elevada capacidad calorífica del conjunto permite sacar los termómetros de sus tubos exteriores y leerlos sin que la temperatura haya tenido tiempo de cambiar apreciablemente con respecto a la temperatura del suelo.

Lectura de los termómetros

Los termómetros deben leerse con la mayor rapidez que sea compatible con la precisión, a fin de evitar cambios de temperatura debidos a la presencia del observador. Como el menisco del líquido o el índice y la escala del termómetro no están en el mismo plano, se debe tratar de evitar errores de paralaje. Estos errores se producirán a menos que el observador se asegure de que la línea recta que va desde su ojo hasta el menisco o índice forma un ángulo recto con la varilla del termómetro. Como normalmente las subdivisiones de la escala de un termómetro no van más allá de la quinta parte de un grado, las lecturas con precisión de una décima, que tan esenciales son en psicometría, han de estimarse. Se deben aplicar a las lecturas las oportunas correcciones del error de escala, si es que existen. Los termómetros de máxima y mínima deben leerse y ser puestos en estación dos veces al día. Sus lecturas deben ser frecuentemente comparadas con las del termómetro ordinario a fin de tener la seguridad de que no se producen graves errores en ellos.

Termógrafos mecánicos

Los instrumentos comúnmente en uso todavía están dotados de sensores bimetalicos o de un tubo de Bourdon, ya que son relativamente económicos, seguros y portátiles. No obstante, no se adaptan fácilmente al registro a distancia o electrónico. Estos termógrafos incluyen un mecanismo de banda rotativa que es común a toda la familia de instrumentos clásicos de registro. En general, los termógrafos deben ser capaces de funcionar dentro de una gama de unos 60 °C, o incluso 80 °C, si han de ser utilizados en climas continentales. Se necesita una escala tal que la temperatura pueda leerse con precisión de 0.2 °C sin dificultad, sobre una banda de tamaño razonable. Para ello, debe ser posible alterar el reglaje del cero del instrumento, en función de la estación del año. El error máximo de un termógrafo no debe exceder de 1 °C.

Termómetros eléctricos

Los instrumentos eléctricos son cada vez más populares para medir la temperatura en meteorología. Su principal virtud es su capacidad de dar una señal de salida adecuada para su utilización en la lectura a distancia, registro, archivo o transmisor de los datos de temperatura. Los sensores más frecuentemente utilizados son elementos de resistencia eléctrica, termistores y termopares.

Técnicas digitales

Los procedimientos digitales de medida se utilizan cada vez más debido a su gran precisión y a la posibilidad que ofrecen de transmisión, indicación, archivo y procesamiento. Por otra parte, cuando se utiliza un ordenador digital para la adquisición y procesamiento de datos procedentes de gran número de puntos de observación, resultan entonces esenciales las técnicas digitales de medida. Con estas técnicas cada valor puede representarse únicamente como una integral múltiple de incremento mínimo, mientras que en medidas analógicas toda subdivisión fina resulta teóricamente posible. Sin embargo, en la práctica, la resolución de las medidas analógicas queda limitada por la técnica utilizada y, con frecuencia, no son mejores que las facilitadas por los métodos digitales. En los métodos digitales el valor medido es cuantificado en una integral múltiple de un incremento mínimo. El valor del incremento mínimo debe ser elegido de tal manera que no afecte demasiado a la precisión de las medidas. Un incremento aproximadamente de un tercio de la precisión final del instrumento en general se considera que constituye una solución aceptable.

Con la medida eléctrica de temperatura las señales de salida de los sensores son corrientes continuas, voltajes continuos o resistencias. Cuando funciona este equipo en los sistemas digitales de medida es necesario llevar a cabo la cuantificación y conversión a una forma digital codificada. Los rápidos progresos logrados en el campo de la electrónica han llevado a la utilización de gran número de principios de conversión. Debido a su mayor inmunidad frente al ruido eléctrico, para pasar de sistemas analógicos a digitales habitualmente se utilizan convertidores integrados.

En caso de que se requiera mayor información sobre los diversos tipos de termómetros y sus características particulares de diseño, se recomienda consultar la *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos* de la Organización Meteorológica Mundial, en el capítulo referente a la Medida de la temperatura. Un ejemplo de distribución de la temperatura media anual sobre el globo, se muestra en la FIGURA 2-3.

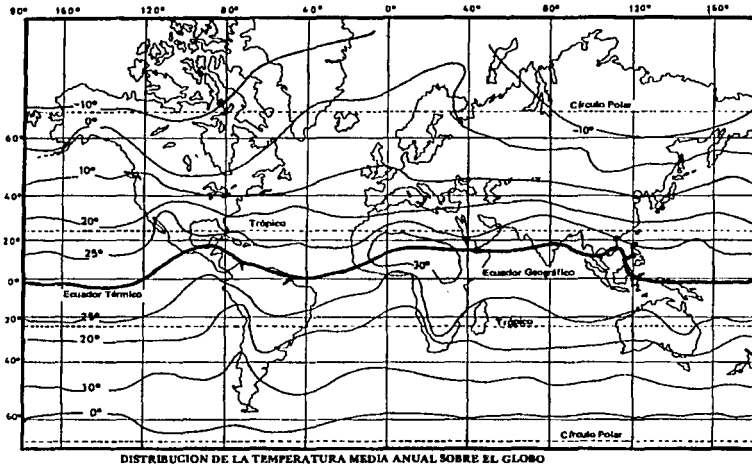


FIGURA 2-3

2.2 La Presión Atmosférica

En 1643, Viviani, discípulo de Galileo, por indicación de otro discípulo de Galileo, Torricelli, realizó el siguiente experimento: Llenó de mercurio un tubo de vidrio y cubriendo su extremidad con el dedo pulgar lo invirtió y lo introdujo en una cubeta, llena igualmente de mercurio. Observó que parte del líquido contenido en el tubo se vertía a la cubeta y que, por lo tanto, descendía la columna, sin que nunca bajase de 76 cms, sobre el nivel del mercurio en la vasija. Viviani explicó el hecho expresando que para que la capa estuviese en equilibrio era preciso que sobre toda ella se ejerciese una presión igual en todos sus puntos. Por lo tanto, la presión que se ejerce en la parte oprimida por la columna del mercurio debe ser igual al peso que ejerce el aire en una parte de la superficie libre del mercurio igual a la sección del tubo. Así se inventó el barómetro.

Quedaba por resolver si al elevarse en la atmósfera disminuiría esa presión, como era natural, por haber menos aire encima.

Esto lo aclaró Pascal, a través de su cuñado Perrier, que residía en Clermont. Repitió el experimento de Viviani en 1648 en esa ciudad y en lo alto de Puy-de-Dome, próximo a la misma, y comprobó que, en efecto, la columna de mercurio era 10 cms menor en el monte que en el llano, lo que confirmaba que la presión del aire se debía al peso de la capa de aire que hay encima de un lugar, capa que es cada vez menor cuanto más se asciende.

El valor de la presión atmosférica se mide por la altura de la columna de mercurio a que equilibra. Como la presión se suele expresar por centímetros cuadrados, también se hace esto para la atmosférica. Si se considera una columna de mercurio de 1 cm^2 de superficie, al nivel del mar asciende en el tubo 76 cms aproximadamente. Como 1 cm^3 de ese líquido, a 0° C de temperatura, pesa 13.6 gr., pesará la columna: $76 \times 13.6 \text{ gr.} = 1033.6 \text{ gr.}$

Si se lleva ese mismo mercurio a otro lugar, su peso no será igual, si bien la diferencia es pequeñísima, ya que ese peso depende del valor de la gravedad en cada lugar, y así podría ocurrir que dos alturas de la columna de mercurio iguales que se observasen en diferentes sitios no representasen la misma presión atmosférica. Para evitar este inconveniente se ha decidido expresar ésta no en peso, sino en fuerza, y medirla en el sistema que los físicos llaman absoluto, es decir, en el sistema cegesimal.

$$P = \frac{f}{s}$$
$$\text{Bar} = \frac{1000000 \text{ dinas}}{\text{cm}^2}$$

En Meteorología se usa el milibar (mb), que es igual a 1000 dinas por centímetro cuadrado y en peso corresponde aproximadamente al de tres cuartas partes de un milímetro de mercurio por centímetro cuadrado. Sin gran error, pues se pasa de una presión dada en milímetros a la expresada en milibares, añadiendo al número de milímetros su tercera parte. Por ejemplo, una presión de 760 mm. de mercurio es aproximadamente igual a la presión de $760 + (760/3) = 10103.3 \text{ mb.}$ Por lo contrario, se pasa de milibares a milímetros restando a éstos su cuarta parte. Así, $1013.3 - (1013.3/4) = 760 \text{ mm.}$ Se debe advertir que esta forma de convertir milímetros en milibares y viceversa es sólo aproximada, porque si hubiera de hacerse con exactitud habría que tener en cuenta el valor de la aceleración de la gravedad en el lugar de que se trate.

En resumen, la presión atmosférica en una superficie horizontal dada es la fuerza por unidad de superficie ejercida en dicha superficie por el peso de la atmósfera que está encima. La presión es pues igual al peso de una columna vertical de aire cuya base es la unidad de superficie, que está por encima de la superficie en cuestión y llega hasta el límite exterior de la atmósfera. Para fines meteorológicos la presión atmosférica se mide generalmente mediante barómetros de mercurio, barómetros aneroides o hipsómetros.

Este último tipo de instrumento, que se funda en la relación que existe entre el punto de ebullición de un líquido y la presión atmosférica, ha tenido hasta la fecha una aplicación limitada por lo que no se tratará más de él en esta tesis, excepto para decir que pueden ser inminentes nuevas aplicaciones.

Barómetros de mercurio

El principio básico del barómetro de mercurio es que la presión de la atmósfera se equilibre con el peso de una columna de mercurio. En algunos barómetros la columna de mercurio se pesa en una balanza, pero para los fines meteorológicos habituales se mide la longitud de la columna de mercurio con una escala graduada en unidades de presión.

Existen varios tipos de barómetros de mercurio que se utilizan en las estaciones meteorológicas, siendo probablemente los más comunes los de cubeta fija y el tipo Fortín. La longitud que se ha de medir es la distancia comprendida entre el extremo de la columna de mercurio y la superficie superior de la cubeta de mercurio. Cualquier cambio que se produzca en la longitud de la columna de mercurio va desde luego acompañado de un cambio del nivel de la cubeta de mercurio. En el barómetro de Fortín el nivel de la cubeta de mercurio puede ser ajustado para ponerlo en contacto con un índice de marfil, cuyo extremo está situado en el punto cero de la escala del barómetro. En el barómetro de cubeta fija, denominado comúnmente barómetro de escala compensada, el mercurio de la cubeta no debe ser ajustado, ya que la escala graduada en el barómetro ha sido ya trazada de tal modo que compensa los cambios de nivel del mercurio de la cubeta.

Los barómetros para fines meteorológicos son calibrados por comparación con barómetros patrón de trabajo o de referencia que a su vez han sido verificados con barómetros patrones primarios o secundarios, que habitualmente están instalados en los principales centros nacionales de patrones físicos.

Fuentes de error de los barómetros de mercurio

El aire en movimiento ejerce presión en todas las superficies expuestas, por consiguiente, un barómetro expuesto al viento se ve influido por la presión dinámica del aire que se está agregando a la presión estática del instrumento. Para evitarla, el barómetro no debe estar expuesto al viento.

La temperatura también influye si el aparato está expuesto directamente a los rayos del sol, o si el aparato está sometido a ventilación de diversas fuentes. El gradiente térmico vertical dentro del recinto puede tener fuertes variaciones y en consecuencia el barómetro también tendrá diferentes temperaturas en sus diversas partes.

Para confirmar que el vacío de Torricelli es perfecto tómesese el barómetro e inclínese con cuidado, de modo que el mercurio golpee el extremo cerrado del instrumento. Si produce un sonido metálico claro, no opaco, el instrumento está en perfecto estado.

Aparte de esta comprobación, que se hace en el momento de instalare el barómetro, es conveniente que el instrumento haya sido examinado en un laboratorio oficial responsable que dará un certificado de sus correcciones. Igual precaución habrá de tomarse cada vez que el barómetro sufra alguna reparación importante.

El transporte hasta el observatorio requiere precauciones especiales, tanto para evitar la ruptura del tubo a consecuencia de golpes del mercurio, como para impedir que llegue aire a su interior.

Al desembalar el barómetro se coloca invertido, con la cubeta hacia arriba y, si es posible, se le deja en esta posición algunas horas, dándole de vez en cuando unos golpecitos para que sea más fácil la subida de cualquier burbuja que hubiese podido quedar adherida a las paredes. En el momento de instalarlo se vuelve suavemente poniéndolo con la cubeta hacia abajo.

Estas precauciones se tomarán también cada vez que haya que cambiar de lugar el barómetro, que no se transportará si no es invertido. Si es del modelo Fortín, se sube previamente el fondo de gamuza de la cubeta hasta que el mercurio llene casi por completo el tubo; si es de cubeta ancha, la inversión se hace muy lentamente para evitar choques. Las mismas operaciones, en sentido inverso, se practican al instalar el instrumento en la estación.

El barómetro de mercurio se instala en una habitación cuya temperatura varíe poco, lejos de chimeneas y radiadores. Lo más práctico es fijarlo a una pared o a un mueble resistente, en un lugar donde no dé nunca el sol ni esté expuesto a golpes, pero con luz suficiente para hacer con toda seguridad las lecturas.

La altura a que deberá quedar el aparato deberá ser tal que el observador, de pie, tenga frente a su vista la superficie libre de mercurio en el tubo. Este ha de estar perfectamente vertical.

Barómetros aneroides

Reciben este nombre los barómetros sin líquido, basados en las deformaciones que la presión atmosférica produce en una caja metálica elástica perfectamente cerrada. La caja puede consistir en un tubo de succión cilíndrica y encorvado cuya curvatura varía con la presión conocido como tubo de Bourdon o un una cápsula de paredes onduladas conocida como cápsula de Vidi (FIGURA 2-4). En ambos casos se ha practicado en el interior de la caja un vacío perfecto, por lo que se llama "caja aneroide" que significa sin aire, para que el aire confinado en ella no influya en las indicaciones del aparato. Para evitar que la cápsula de Vidi se aplaste por efecto de la presión atmosférica se refuerzan sus caras onduladas mediante un muelle interior en forma de ballesta o bien uno exterior en forma de lámina curvada. Una aguja indicadora señala la presión en un círculo graduado.

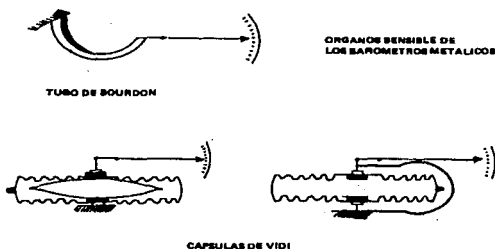


FIGURA 2-4

La graduación se basa por comparación de un barómetro de mercurio; en consecuencia, su escala está expresada en milímetros de mercurio o milibares. Un tornillo de afinación, cuya cabeza asoma en la tapa del aparato, permite corregir sus indicaciones de manera que marque la presión exacta.

A causa de la inercia de los ajustes y de los defectos de elasticidad del metal, el aneroides lleva siempre un ligero retraso en sus movimientos, y es costumbre, al ir a hacer la lectura, darle unos golpecitos muy suaves con la punta del dedo para vencer tal inercia. Esta operación, hecha con cuidado, no perjudica al aparato y de paso permite ver, por el sentido en que la aguja se pone en su punto, si la presión está subiendo o bajando en el momento de la observación.

Los buenos aneroides han de estar "compensados de temperatura", es decir, que ésta no ha de influir en sus indicaciones; además, sus piezas sensibles han de presentar una inercia elástica bastante pequeña para que después de una deformación tarden poco tiempo en volver a su posición normal. Algunos aneroides tardan horas en recuperarla y se han de considerar inútiles.

El barómetro aneroides, como el de mercurio, no ha de estar a la intemperie, sino en una habitación y en lugar donde no le dé directamente el sol.

Un aneroides de buena calidad, bien tratado y comprobado con un barómetro de mercurio, puede medir la presión atmosférica con bastante exactitud para las necesidades de una estación meteorológica modesta. La corrección de escala con el tornillo de afinación no se ha de efectuar sino cuando el error sea de varios milímetros; si éste es pequeño, es preferible no corregir el aparato a cada momento y llevar cuenta del error que se sumará a las presiones que se lean.

Este error se ha de determinar periódicamente, ya sea en un laboratorio adecuado, ya consultando la carta oficial del tiempo. Para esto se consulta la carta (generalmente a las 7 de la mañana), para ver qué presión corresponde en ella al lugar de la observación.

La diferencia entre este valor sacado de la carta y el que se obtiene reduciendo al nivel del mar la presión leída en el aneroides será la corrección que se habrá de aplicar a las lecturas del aparato.

Otras técnicas barométricas

Consisten habitualmente en emplear un elemento sensor que, como ocurre con la cápsula aneroides, cambia de forma por la influencia de los cambios de presión (por ejemplo, los tubos Bourdon o los cristales de cuarzo o silicona) y un transductor que transforma los cambios de forma en otros que sean directamente utilizables por el observador. La lectura puede hacerse a gran distancia del observador.

La mayoría de los barómetros de reciente diseño utilizan transductores que transforman la reacción del sensor en magnitudes eléctricas relacionadas con la presión, tales como la resistencia, voltaje o frecuencia de impulsos. Todos ellos son ulteriormente medidos utilizando sistemas eléctricos adecuados o sistemas de adquisición de datos. Que es el sistema que utilizaremos en esta tesis y que posteriormente será descrito en detalle.

Hoy en día se utiliza una gran variedad de estos transductores, y entre ellos los siguientes: detectores del desplazamiento de capacidad, detectores del desplazamiento potenciométrico, medidores de tensión situados en puntos estratégicos del sensor, y servosistemas fuerza-equilibrio que mantienen las constantes dimensiones del sensor cualquiera que sea la presión. A estos transductores primarios se les pueden unir circuitos que corrijan los resultados primarios del sensor con respecto a los efectos de su no linealidad y de la temperatura, y que conviertan los resultados de las lecturas en unidades normalizadas.

En general, dichos barómetros (o transmisores barométricos) dan medidas de la presión con una precisión sólo marginalmente inferior a la de los barómetros de mercurio; su deriva a largo plazo es en general mucho peor y requieren correcciones de calibración al menos una vez cada seis meses.

Barógrafo

En la mayor parte de los casos, el barógrafo o barómetro registrador tienen como órgano sensible una serie de cápsulas de Vidi cuyos movimientos se transmiten a una pluma inscriptora. Como todos los aneroides, el barógrafo se ha de corregir por comparación con un patrón de mercurio. Un tornillo de afinación permite eliminar la parte más importante del error y el resto se toma en cuenta como constante instrumental.

La aplicación principal del barógrafo es para saber las variaciones de la presión atmosférica, y en este sentido es uno de los mejores auxiliares del meteorólogo. La tendencia barométrica o variación de la presión en las tres últimas horas es uno de los datos en que hoy se fundan algunos métodos de previsión del tiempo.

Tanto los aneroides de lectura directa como los registradores deberán estar contruidos para la altitud de la estación, condición que hay que recordar al adquirirlos, sobre todo cuando se trate de estaciones muy altas. La división central en los primeros o la línea media del papel cuadrículado en los segundos deberá corresponder exactamente a la presión media el lugar al cual están destinados; pero como estos aparatos se fabrican en serie, lo que se hace es adoptar el modelo que menos se aparte de aquel ideal.

Se ha estado usando para la construcción de las cajas una aleación metálica hecha de cobre y berilio que tiene un alto poder de resistencia a la vez que es muy elástica. Se elimina así uno de los principales inconvenientes de los tipos de barógrafos de varias cajas con resorte central.

Cuando el aparato registrador tiene amplificado su movimiento de tal manera que la variación de una pulgada en la presión atmosférica se traduzca en una variación muy sensible de la pluma de la gráfica, se llama Microbarógrafo y requiere mayor número de cajas aneroides.

En los microbarógrafos se usan gráficas de escala aumentadas en las que una pulgada de la presión está representada por dos y media pulgadas en la gráfica.

En caso de que se requiera mayor información sobre los tipos de barógrafos y sus características particulares, se recomienda consultar la *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos* de la Organización Meteorológica Mundial, en el capítulo referente a la Medida de la presión atmosférica.

2.3 El viento

Viento es el aire en movimiento; si es en sentido horizontal se denomina advección; y si en sentido vertical, convección. En la atmósfera libre las corrientes de aire pueden tener una dirección cualquiera, en una componente vertical (de ascenso o descenso) y otra horizontal. Al nivel del suelo sólo son posibles los movimientos paralelos al terreno; pero a poca altura, sobre todo en días cálidos y en lugares soleados, se encuentran corrientes de direcciones más o menos inclinadas y a veces completamente verticales.

El viento horizontal, o sea tal como se observa en una estación meteorológica ordinaria, se define por dos parámetros: la dirección y la velocidad.

La dirección se designa por el rumbo del cual viene el viento y no aquel al cual se dirige. Así, para un viento que procede del Norte su dirección es Norte.

Los rumbos se refieren a la rosa náutica, reducida generalmente a ocho de sus direcciones, N, Ne, E, Se, Sw, W, Nw, a contar desde el norte geográfico o verdadero (no el magnético).

En algunos observatorios se usa la rosa de dieciséis direcciones, intercalando entre las anteriores otras intermedias (NNe, Ene), o aun la de treinta y dos por el sistema de cuartas que emplean los marinos (Norte, Norte cuarta al Este, Noroeste, Noroeste cuarta al Norte, etc.); pero hoy la tendencia más generalizada es la de reducir la indicación de los rumbos a ocho o a dieciséis direcciones. Para los datos de mediana precisión se dan en grados sexagesimales, los que, como los de los sondeos de la atmósfera libre, son susceptibles de una precisión mayor (de 1 a 360° contando desde el norte hacia el este, o bien simplemente por decenas de grados de 1 a 36).

Por calma se entiende no sólo la falta de viento sino también aquel que sopla muy débil. Es frecuente tomar como norma decir que hay calma cuando la velocidad del viento no llega a los 5 km/h (la velocidad de un hombre caminando normalmente). Por supuesto, el registro del número de calmas en las estaciones meteorológicas tiene la misma importancia práctica que el de los distintos rumbos.

La velocidad se puede expresar en metros por segundo; también en kilómetros por hora, y en algunos países en millas terrestres por hora; y es norma internacional en Meteorología aeronáutica dar la velocidad del viento en nudos (knot, en inglés), o sea en millas marinas (1 853.27 m) por hora. En Climatología es también frecuente que se dé el recorrido total del viento durante un día, un mes o un año, expresado por kilómetros.

La velocidad del viento la determinaban los marinos, desde 1805, por la llamada escala del almirante inglés Beaufort (FIGURA 2-5), quien estableció doce grados de fuerza del viento basados en las maniobras que se habían de hacer, en el aparejo de los barcos de vela, según el viento que soplara. Actualmente y por no navegarse ya en estos barcos, se refieren los grados a la altura de las olas y otros fenómenos. Esta misma escala se ha adaptado a su uso en tierra, determinando para cada grado los efectos en los árboles, en los edificios, etc. Además, a cada uno de los números de la escala se le han señalado límites precisos de velocidad de viento en nudos, en metros por segundo o en kilómetros por hora, así como en millas terrestres (1 609.35 m) por hora.

NÚM DE BEAUFORT	SÍMBOLO EN EL REGISTRO	TÉRMINO DESCRIPTIVO	VELOCIDAD EN KM/HORA	CARACTERÍSTICAS PARA ESTIMAR LA VELOCIDAD
0	○	Calma	0 a 1	El humo se eleva verticalmente.
1		Ventolina (brisa leve)	2 a 6	Su dirección la indica el curso que sigue el humo. Incapaz de mover la veleta.
2		Viento suave	7 a 12	Se siente en la cara, susurra entre las hojas, mueve la veleta.
3		Viento leve	13 a 18	Mueve constantemente las hojas y ramas pequeñas, despliega las banderas.
4		Viento moderado	19 a 26	Levanta polvo y papeles sueltos, mueve las ramas.
5		Viento regular	27 a 35	Agita algo los árboles pequeños, levanta olas pequeñas en los cuerpos de agua interiores.
6		Viento fuerte	36 a 44	Mueve las ramas mayores, hace zumbar los alambres telegráficos y es difícil abrir el paraguas.
7		Viento fuerte	45 a 54	Mueve los árboles por completo; se hace difícil andar contra el viento.
8		Temporal	55 a 65	Quiebra las ramas pequeñas de los árboles y por lo general impide andar.
9		Temporal fuerte	66 a 77	Causa averías leves en las estructuras (chimeneas), y arranca las tejas de los techos.
10		Temporal muy fuerte	78 a 90	Arranca los árboles, causa averías considerables en las estructuras.
11		Tempestad	91 a 104	Ocasiona grandes estragos en zonas extensas.
12		Huracán	Más de 104	Causa muchos estragos y destrucciones.

FIGURA 2-5
Escala Beaufort.

Los instrumentos y técnicas que se describen a enseguida son sólo algunos de los más convenientes de que se dispone y no constituyen una lista completa ni tampoco se pretende que esta sección sea considerada como un manual de diseño de instrumentos.

Veleta o Anemoscopio

La veleta es un aparato que indica la dirección del viento y está formado esencialmente por una barra que en un extremo termina en punta de flecha, en tanto que en el otro lleva incrustada una lámina que realiza funciones de timón, formada por dos hojas en ángulo diedro y sirve de estabilizador (FIGURA 2-6).

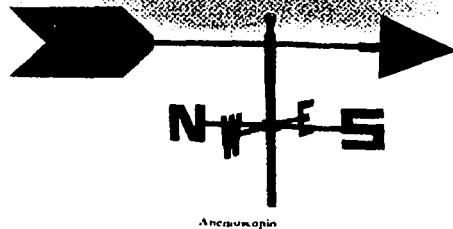


FIGURA 2-6

La barra está atornillada a un árbol que puede girar libremente sobre un plano horizontal gracias a un sistema pequeño de embalado. El conjunto flecha-árbol lo recibe un tubo hueco que a la vez sirve de apoyo y chumacera.

El conjunto árbol-embalado-chumacera está protegido por un sombrero o casquillo metálico que tiene por objeto evitar que penetre polvo y agua a la parte delicada del aparato.

En su parte inferior el árbol tiene una pequeña incisión que sirve para que penetre en ella, pero sin tocarla, un pequeño tornillo de seguridad que mantiene el árbol en su posición dentro de la chumacera. Esta forma parte de la cruceta, que es una cruz formada por barras perpendiculares en cuyos extremos se encuentran las iniciales de los cuatro puntos cardinales.

Todo el conjunto se encuentra fijo a un poste de tubo de fierro que sirve de apoyo al aparato y cuya altura debe ser de mínimo unos 4 metros, aunque se recomienda que sean 12 metros sobre el nivel del suelo.

Operación

La dirección del viento es aquella de donde proviene, si el viento procede del Norte, su dirección es norte; la punta de la flecha indica la dirección de donde "sopla" el viento.

Cuando la flecha apunta hacia una posición intermedia entre dos rumbos, el viento tiene una dirección intermedia que puede ser NORESTE, SURESTE, NOROESTE O SUROESTE.

Por lo tanto, los rumbos intermedios se deberán leer por simple apreciación cuando la flecha ocupe una posición intermedia entre dos puntos cardinales con las denominaciones que aparecen en la "Rosa de Vientos".

Las mangas se usan en las estaciones meteorológicas de los campos de aviación y ofrecen la ventaja de que desde lo alto se distinguen con facilidad. Son conos de tejido ligero pero resistente y de colores vivos, sostenidos en su boca por un aro que gira con el viento. El ángulo que forma con la vertical da la idea de la fuerza del viento, y por sus fluctuaciones de dirección revelan la mayor o menor turbulencia del aire.

Para evitar errores debidos a la perspectiva, tanto las veletas como las mangas se han de observar desde un lugar tan cercano como sea posible a la vertical del aparato.

Anemómetros

Sirven para indicar la velocidad del viento. Existen varios tipos:

El más conocido de todos es el de *Robinson o de cucharas o cazoletas*. Consiste de cuatro varillas en cruz (tres en muchos anemómetros americanos), situadas en un plano horizontal, que sostienen en sus extremos unos hemisferios huecos que presentan la concavidad en el mismo sentido.

El empuje del viento es mayor en la cara cóncava de esas cucharas que en la convexa y, en consecuencia, el sistema gira siempre en el mismo sentido, cualquiera que sea la dirección del viento.

El eje vertical de este sistema se apoya en un pivote inferior, cerca del cual lleva un tornillo sin fin que comunica su movimiento al engranaje de un contador de vueltas. En algunos aparatos el contador indica los metros recorridos por el aire, pero en otros expresa las vueltas del molinete, y entonces hay que multiplicar el número de éstas por el equivalente de una vuelta en metros.

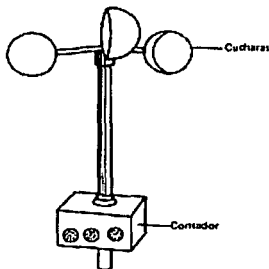


FIGURA 2-7
Anemómetro de Robinson

Anemógrafos

El que más se utiliza es el de Dines, en el cual el viento actúa simultáneamente por compresión (en un tubo de Pitot fijo en la veleta, de cara al viento) y por succión (en unos orificios practicados en el tubo de bajada del aparato); una campana flotante dentro de un depósito cerrado y a medio llenar de agua recibe en su interior la compresión, y la succión se ejerce en el aire comprendido entre la campana y la montura externa; el resultado son movimientos verticales de la campana, que se comunican a la pluma inscriptora de las velocidades.

En el anemógrafo de Steffens hay un tubo horizontal orientado según la dirección del viento y por el cual pasa el aire por el interior de una cañería y ejerce presión en un flotador que es levantado más o menos según la fuerza del viento.

La presión que se ejerce es proporcional a la densidad del aire y al cuadrado de la velocidad. Si la velocidad se expresa en kilómetros por hora y la presión P en kilogramos por metros cuadrados, la fórmula aproximada que liga ambos elementos es la siguiente:

$$P = 0.0094 v^2$$

Estos aparatos son registradores y dan ya la velocidad o la presión, según se desee.

El flotador reposa en un tanque de agua interior, el cual está aislado del tubo central por donde penetra la corriente de aire que empuja al primero hacia arriba.

El flotador que es levantado a causa de la presión que ejerce el viento que entra por el tubo lleva en la parte superior una varilla con un estilete y una pluma que va señalando en una gráfica la velocidad correspondiente. De esta manera se puede registrar la presión en kilogramos por metro cuadrado o la velocidad del viento. La dirección del viento se registra por medio de plumas que se van moviendo al girar la veleta alrededor de su eje.

En caso de que se requiera mayor información sobre los sensores de viento y sus características particulares, se recomienda consultar la *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos* de la Organización Meteorológica Mundial, en el capítulo referente a la Medida del viento en superficie.

2.4 La humedad atmosférica

La humedad contenida en la atmósfera procede del agua evaporada en los mares, ríos, lagos, presas, bordos, etc. y de los suelos con agua de lluvia. La evaporación es mayor cuanto más elevada es la temperatura de la capa de agua superficial y cuanto más veloz y seco es el viento que pasa por encima de ella.

El peso de vapor de agua que puede estar contenido en un volumen dado de aire depende esencialmente de la temperatura: a cada temperatura corresponde una cantidad máxima de vapor, con la cual el aire queda saturado. Generalmente cuando la cantidad de vapor presente en el aire es inferior a la de saturación el vapor es invisible y mientras continúa en ese estado se comporta casi como los gases permanentes. Pero tan pronto como su cuantía excede al valor de saturación, el excedente no puede permanecer en forma gaseosa y se condensa, formando gotitas líquidas o cristales de hielo, y constituye, según las circunstancias, una niebla o una nube.

Las cantidades de vapor de agua con las cuales el aire queda saturado (punto de rocío) se muestran en la TABLA 2-1:

TEMPERATURA	GRAMOS POR M ³
-20°	0.9
-10°	2.3
0°	4.9
10°	9.4
20°	17.2
30°	30.1

TABLA 2-1

La tensión del vapor de agua. A cada uno de los gases de la atmósfera le corresponde una parte en la presión barométrica total, que no es más que la suma de las presiones o tensiones individuales de todos ellos, incluyendo el vapor de agua. Pero mientras que las temperaturas que se observan en la atmósfera de los gases permanentes pueden aumentar o disminuir de presión de una manera indefinida, el vapor de agua no puede pasar de una tensión límite, y alcanzada ésta se condensa en parte hasta que el volumen de la porción que resta en forma gaseosa no excede del que es compatible con aquella tensión.

La tensión máxima del vapor depende de su temperatura: a mayor temperatura, mayor tensión posible; sus valores se muestran en la TABLA 2-2:

TEMPERATURA	TENSIÓN MÁXIMA DEL VALOR DE AGUA EN MMHG.
-20°	0.8
-10°	2.0
0°	4.6
10°	9.2
20°	17.4
30°	31.6

TABLA 2-2

Se puede decir de la tensión real del vapor de agua lo mismo que se dijo de su peso: que sólo por excepción alcanza su máximo valor. Generalmente hay en la atmósfera un déficit de humedad, y por ello se conserva transparente el aire y es posible ver a distancia los objetos.

Si la atmósfera estuviese siempre saturada, bastaría saber la temperatura para saber la cantidad de vapor contenido en el aire, o su tensión. Recíprocamente, dada cualquiera de éstas, se sabría la temperatura; las tablas anteriores darían los resultados a ambos problemas. Pero no alcanzándose de ordinario la saturación, se precisa representar al estado de humedad, o "estado higrométrico", por alguno de los valores que lo caracterizan.

Uno de ellos es la *humedad absoluta*, o sea el peso, en gramos, del vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire. Otro es la *tensión del vapor*, que es la parte de la presión atmosférica que corresponde al vapor de agua y se mide, como la presión total, en milímetros de mercurio o en milibares. Otra manera de apreciar la humedad consiste en determinar el *punto de rocío*, que es la temperatura que necesita el aire para quedar saturado con la humedad existente. Al descender la temperatura hasta el punto de rocío, el aire queda saturado, y la tabla da inmediatamente el peso del vapor por metro cúbico de aire. En Meteorología dinámica se toma también como expresiva de la humedad atmosférica, la *humedad específica*, o sean los gramos de vapor contenidos en un kilogramo de aire húmedo que se considere, y la relación de mezcla, o gramos de vapor mezclados con un kilogramo de aire perfectamente seco.

Pero lo más frecuente es definir el estado higrométrico por la *humedad relativa*, o relación entre el contenido de vapor en un momento y el máximo contenido posible a la misma temperatura. Esta relación tiene casi el mismo valor si en vez de los pesos se consideran las tensiones actual y máxima. Llamando "*p*" al peso de vapor por metro cúbico, "*P*" a su valor máximo a la misma temperatura, "*f*" y "*F*" a las tensiones respectivas, se tienen para la humedad relativa "*R*":

$$R = \frac{f}{F} = \frac{p}{P}$$

Este cociente es una fracción que se llama a veces fracción de saturación. Multiplicándola por 100 se tiene la humedad relativa como "tanto por ciento de vapor que el aire contiene, en relación con el que podría contener a la misma temperatura"; la humedad relativa *H* tiene entonces por valor:

$$H = 100 \frac{f}{F} = 100 \frac{p}{P}$$

En Meteorología al valor de *H* se aprecia en unidades enteras, de 0 a 100 %, correspondiendo el 0 % a la sequedad absoluta y el 100 % a la saturación.

Aunque desde el punto de vista físico la humedad absoluta, la tensión de vapor, el punto de rocío y la humedad específica definen mejor el estado higrométrico del aire y aun se prestan mejor a la interpretación de ciertos fenómenos de la atmósfera, la humedad relativa es el dato que con más frecuencia se determina en los observatorios, sobre todo para los estudios de Climatología, por estar relacionados con ella muchos de los hechos fisiológicos que más directamente atañen al hombre. En efecto, en la piel y las vías respiratorias se sienten más los efectos de determinada fracción de saturación que los de la humedad absoluta, y una cosa análoga acontece con los objetos higroscópicos o sensibles a la humedad que se tienen al alcance.

De todos modos, dado uno de estos valores y la temperatura del aire, se deducen fácilmente los otros, con sólo consultar las tablas correspondientes.

Métodos de medida

Los métodos de medida de la humedad del aire, utilizados generalmente en meteorología, se pueden clasificar en los cuatro grupos siguientes:

- a) Método termodinámico (psicrómetros)
- b) Método que utiliza el cambio de dimensiones de sustancias higroscópicas (higrómetros de cabello)
- c) Método que utiliza el cambio de resistencia eléctrica debido a la absorción o adsorción;
- d) Método de condensación (higrómetros de punto de rocío o de punto de congelación).

Los dos últimos métodos son ampliamente utilizados en las medidas en altitud y además están siendo aplicados cada vez más en las estaciones automáticas.

Los psicrómetros pueden ser subdivididos en psicrómetros de garita estacionaria, psicrómetros portátiles tipo Assman y psicrómetros-onda. En las estaciones sinópticas se recomienda la utilización de psicrómetros de ventilación artificial. Y la Organización Meteorológica Mundial recomienda la utilización de tales psicrómetros en otras estaciones, cada vez que ello sea posible.

Psicrómetro

Se basa en el enfriamiento producido por la evaporación del agua; la rapidez de esta evaporación, a igualdad de otras circunstancias, depende de la humedad atmosférica. Si se observan simultáneamente dos termómetros, uno seco y otro que tenga su bulbo totalmente envuelto en una tela ligera o muselina húmeda, este último marcará una temperatura más baja que la del primero, tanto más baja cuanto más rápida sea la evaporación; es decir, cuanto más seco esté el aire. El conjunto de los dos termómetros, seco y húmedo, constituye el psicrómetro.

La muselina no ha de ser muy tupida; sólo lo suficiente para que con una sola capa impida ver el bulbo, el cual ha de quedar cubierto en toda su longitud. La observación del psicrómetro requiere una perfecta comprensión de los fenómenos que se realizan en el mismo.

La evaporación en el termómetro húmedo hasta que alcanza su temperatura de régimen es un fenómeno algo complicado. Aun prescindiendo de las rápidas y no insignificantes variaciones de la humedad del ambiente, el equilibrio térmico en el termómetro mojado sólo se establece de una manera fugaz. Alrededor de la muselina se forma una capa de aire húmedo que el viento se va llevando, y en realidad la evaporación se efectúa en el seno de esa delgada atmósfera semisaturada cuya continua desaparición depende de la velocidad del viento.

En un régimen regular y permanente el equilibrio térmico se establecería cuando la cantidad de calor que se rebasa al termómetro por la evaporación fuese igual a la que le cede el aire que va poniéndose en contacto con él; entonces al descenso de temperatura habría llegado a un máximo, que se mantendría invariable. Saber apreciar ese máximo descenso depende principalmente de la habilidad del que observa un psicrómetro.

Se considera preferible mojar la muselina al tiempo de hacer la observación y se emplea para ello un vasito con agua para proceder a un mojado completo y se retira después a un lado para que no influya en la humedad de las cercanías del psicrómetro. Esta operación es la primera que se realiza antes de empezar las observaciones con los demás aparatos, y cuando éstas han terminado, se vuelve al psicrómetro; después de cerciorarse de que el termómetro húmedo "ya no baja más", se hace la lectura de los dos termómetros. Si se viese que todavía continúa el descenso, se aguardará el tiempo necesario.

En tiempo frío, cuando el termómetro húmedo desciende bajo cero, el agua de hiela en él y hay que tomar en cuenta varias circunstancias. Primero en el momento de helarse la muselina, el termómetro húmedo se pone repentinamente a 0°, pudiendo darse el caso de que su temperatura sea durante un buen rato muy superior a la del termómetro seco. Entonces hay que esperar, para leerlos, a que se haya alcanzado aquel máximo descenso antes indicado, y no es raro el caso de tener que aguardar un cuarto de hora, y aún mucho más, para conseguirlo.

El psicrómetro se instala en el interior del abrigo y su termómetro seco se suele considerar el normal de la estación, con el cual se comparan los demás. Por esta razón, la temperatura del aire se denomina a veces "temperatura del termómetro seco".

Se han calculado tablas psicrométricas para las diferentes funciones de la humedad; las que ordinariamente se emplean indican la humedad relativa o la tensión del vapor. Se han dispuesto así porque existe una discontinuidad en los valores de humedad suministrados por el aparato, según que sea agua o hielo lo que recubra la muselina; para evitar titubeos respecto a este punto, se puede admitir que $T'' = 0$, marca el límite entre ambos casos.

En las altas montañas, y en general cuando la presión atmosférica difiere mucho de 760 mm, hay que hacer además una corrección por causa de la presión.

Para evitar la influencia de las variaciones del viento en las indicaciones del psicrómetro se han adoptado dispositivos en los cuales se produce una corriente artificial de velocidad constante, de 2 a 3 metros por segundo. El más generalizado de estos psicrómetros es el de aspiración de Assmann, en el cual los bulbos de ambos termómetros están dentro de unos tubos de metal niquelado exteriormente y por ellos pasa una corriente de aire debida a un ventilador movido por un aparato de relojería. Para mojar la muselina del termómetro húmedo se introduce por la boca un tubo de vidrio que se llena de agua hasta cierta altura con ayuda de una perilla de goma. Por ser constante la velocidad del viento artificial que se produce, el psicrómetro de aspiración es susceptible de una gran exactitud. Para él se han calculado tablas psicrométricas especiales y que difieren, aunque muy poco, de las ordinarias, adaptadas a las condiciones promedio del aire libre.

Más sencillo es el psicrómetro-honda, en el cual los dos termómetros van fijos a un soporte al que se da vuelta con un manubrio. Es un excelente aparato de campo que no necesita abrigo, y particularmente si se observa a la sombra suministra valores comparables a los de los psicrómetros mejor instalados.

Higrómetros e Higrógrafos

Los higrómetros son aparatos que miden la humedad del aire. Son de distinta clase según que sirvan para determinar la humedad absoluta, el punto de rocío o la humedad relativa.

La humedad absoluta se mide con higrómetros de absorción. Consisten en una serie de tubos de vidrio en forma de "U" que contienen sustancias higroscópicas muy absorbentes del vapor acuoso, como fragmentos de piedra pómez, cloruro de calcio, etc., a través de los cuales se hace pasar por aspiración un volumen conocido de aire; por ejemplo, un metro cúbico. Pesando los citados tubos antes y después del paso de la corriente de aire, el aumento de peso indica el vapor acuoso que ha pasado por ellos y ha sido absorbido, o sea la humedad absoluta en gramos.

Los *higrómetros de cuerda o cabello* son también de absorción, miden la humedad relativa y se calibran empíricamente. Consisten esencialmente en una cuerda orgánica o un haz de cabellos cuyo acortamiento, al secarse o absorber la humedad, mueve una aguja indicadora, que marca en una escala la humedad relativa. Se emplean principalmente como higrógrafos, haciendo que la aguja inscriba una gráfica en un tambor registrador.

El alargamiento, que depende de la humedad relativa, puede producir por la transmisión un movimiento de la aguja proporcional a la humedad; estos aparatos se calibran por comparación con las indicaciones de otros aparatos que permiten determinaciones exactas.

El mecanismo para transmitir el alargamiento de la cuerda o los cabellos a la aguja inscriptora varía de unos instrumentos a otros. En unos el cabello o las cuerdas, sujetos por sus extremos y tensos, sufren en su punto medio una atracción mediante un resorte, y el movimiento del punto medio al acortarse o alargarse la cuerda se transmite a la aguja. En otros el haz de cabellos está estirado longitudinalmente por un resorte y el movimiento del borde libre y tenso del haz se transmite por un juego de palancas.

Bienestar e índice de temperatura-humedad

En los lugares de gran humedad en verano la ropa se pega al cuerpo y a cada momento hay que enjuagarse el sudor de la frente. Esas molestias se deben a la humedad del aire y no al calor, puesto que no se dan en lugares secos.

Ello no quiere decir que la gente no transpire en lugares secos, pero normalmente esto sólo ocurre cuando el termómetro, seco o normal, se acerca a los 40 °C, temperatura a la cual puede haber suficiente humedad en el aire como para sudar.

En este clima el termómetro húmedo puede marcar desde 10 hasta incluso 25 grados; casi podría decirse que es la temperatura y no la humedad lo que hace sudar.

Por otra parte, cuando el aire se acerca a su punto de saturación y la humedad relativa es casi del 100 %, una temperatura superior a los 24°C comienza a ser incómoda. Y si la temperatura a la sombra es superior a los 32°C, a partir del 50% o menos de humedad relativa el ambiente deja de ser agradable. El fin de la Meteorología es el bienestar de la humanidad, y las investigaciones se han encaminado más que a medir la temperatura o la humedad por sí solas, a estudiar el efecto combinado de ambas en la población.

Hasta hace relativamente pocos años se han estudiado diversos métodos de lo que se llamó "medida del bienestar del medio ambiente en las estaciones cálidas". Con tal objetivo, el Weather Bureau de los Estados Unidos desarrolló y dio a conocer lo que en un principio se denominó "índice de incomodidad" y que pretendía reflejar las condiciones atmosféricas de temperatura y humedad reinante. Más adelante se cambió por "índice de temperatura-humedad". En la práctica, los valores del índice de temperatura-humedad, o (I), se obtiene mediante la siguiente fórmula matemática:

$$I = 0.72(t - t') + 40$$

en la que t es la temperatura leída en el termómetro seco, y t' la temperatura del termómetro húmedo. Cuando el valor del índice es 70, la mayor parte de la población se siente cómoda en tal ambiente; si el índice vale 80, el ambiente es incómodo para todos; y si el valor calculado es 75, aproximadamente la mitad de la población está satisfecha.

En caso de que se requiera mayor información sobre los diversos tipos de psicrómetros e higrómetros y sus características particulares de diseño, se recomienda consultar la *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos* de la Organización Meteorológica Mundial, en el capítulo referente a la Medida de la humedad atmosférica. Un ejemplo de la humedad relativa media mensual se muestra en la FIGURA 2-8.

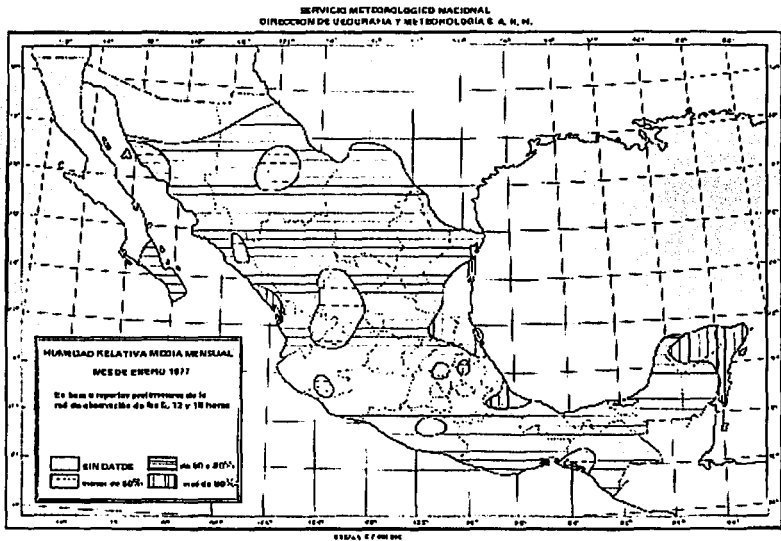


FIGURA 2-8
Gráfica de la Humedad Relativa

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III

Descripción técnica
de la instrumentación meteorológica
del Laboratorio de Calibración

1. Sensores patrones

1.1. Sensor patrón de velocidad de viento

El sensor patrón de velocidad de viento con el que cuenta el Laboratorio de Calibración del IMP, es el modelo 014 A de la marca Met One Inc. (FIGURA 3-1). Este instrumento tiene las características de ser preciso y durable, además de que es posible emplearlo en una gran variedad de estudios del viento. Su diseño permite operarlo por largos períodos de tiempo sin que se tenga que estar atendiendo continuamente en la mayoría de las condiciones ambientales. En nuestro caso el sensor siempre permanece dentro del laboratorio.

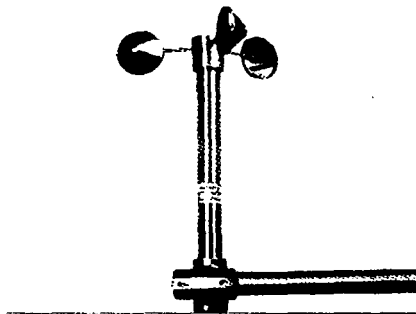


FIGURA 3-1
Sensor de velocidad de viento
Marca Met One Mod. 014 A

Funcionamiento

Para la obtener la máxima confiabilidad de operación, el sensor emplea un switch de contacto magnético que está sellado. Este switch produce una serie de interrupciones por contacto en forma proporcional a la velocidad del viento. Y con estos pulsos de salida que genera el sensor puede emplearse en aplicaciones que involucren sistemas de medición digitales o analógicos.

La señal de pulso puede ser convertida en un voltaje análogo estandarizado o en una corriente de salida, empleando para ello transductores electrónicos. Otra alternativa es conectar directamente el sensor al sistema de adquisición de datos (Datalogger). El conjunto de 3 copas de aluminio que tiene ensambladas el sensor tienen una constante de distancia menor a los 5 metros.

Construcción

La construcción del sensor refleja las necesidades de contar con un instrumento confiable y durable. Se emplean en su construcción materiales muy resistentes a la corrosión, como es el caso de acero inoxidable y aluminio anodizado. Este modelo de sensor emplea un cable con cubierta de vinilo que un extremo tiene un conector de conexión rápida que se une directamente al sensor.

Se debe tener precaución que la longitud del cable no exceda los 50 mts, con el fin de que no se vean afectadas las mediciones (esto se aplica para la mayoría de los cables de transmisión de señal comunes).

Especificaciones

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	
Máximo rango de operación	0 – 60 m/s o 0 – 125 mph
Velocidad de arranque	0.5 m/s o 1 mph
Rango óptimo de funcionamiento	0 – 50 m/s o 0 – 100 mph
Precisión	+/- 1.5 % o 0.25 mph
Rango de temperatura	- 50 °C hasta 85 °C
Constante de distancia	Menos de 5 metros

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Señal de salida	Interrupción de contacto a una frecuencia de $V = (f \times 1.7892) + 1$ mph

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Peso	700 gr (aprox.)
Acabado	Aluminio
Cableado	Cable con tres hilos conductores

Cableado

El cable de comunicaciones que conecta al sensor con el datalogger es de tres hilos:

Negro	=	Señal
Rojo	=	Común
Bianco/Café	=	Tierra física

Instalación

Antes de que se instale el sensor de velocidad, se debe verificar que el conjunto de copas gire libremente, que no tenga ningún problema para iniciar su movimiento y que los rodamientos estén en buen estado.

Se puede instalar el sensor en un brazo soporte similar al que se muestra en la FIGURA 3-2, sólo teniendo cuidado que cuando se instale se deje el espacio suficiente para conectar sin ningún problema el conector del cable.

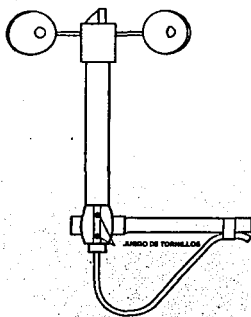


FIGURA 3-2
Brazo soporte de instalación.

Se debe aplicar una pequeña cantidad de grasa de silicón al juego de tornillos para evitar que se atasquen en ambientes muy corrosivos. Cuidando también que sólo se aprieten lo necesario, para evitar forzarlos.

1.2. Sensor patrón de dirección de viento

El sensor patrón de dirección de viento con el que cuenta el Laboratorio de Calibración del IMP, es el modelo 024 A de la marca Met One Inc. (FIGURA 3-3). Este instrumento tiene también las características de ser preciso y durable, además de que es posible emplearlo en una gran variedad de estudios del viento. Su diseño permite operarlo por largos períodos de tiempo sin que se tenga que estar atendiendo continuamente en la mayoría de las condiciones ambientales. En nuestro caso el sensor siempre permanece dentro del laboratorio.

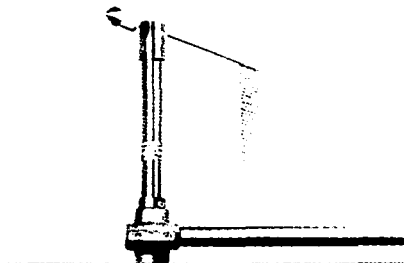


FIGURA 3-3
Sensor de dirección de viento
Marca Met One Mod. 024 A

Funcionamiento

El sensor incluye un potenciómetro muy preciso el cual proporciona una adecuada resolución para indicar la dirección del viento. El potenciómetro está directamente unido a la veleta. Las variaciones en la dirección del viento producen las correspondientes variaciones de voltaje, con lo cual el sensor puede adaptarse a sistemas de medición tanto digitales, como analógicos.

Construcción

La construcción del sensor refleja las necesidades de contar con un instrumento confiable y durable. Se emplean en su construcción materiales muy resistentes a la corrosión, como es el caso de acero inoxidable y aluminio anodizado. El potenciómetro cubre especificaciones muy estrictas en cuanto a resistencia contra arena, polvo, brisa salada y hongos. Este modelo de sensor emplea un cable con cubierta de vinilo que un extremo tiene un conector de conexión rápida que se une directamente al sensor. Se debe tener precaución que la longitud del cable no exceda los 50 mts, con el fin de que no se vean afectadas las mediciones (esto se aplica para la mayoría de los cables de transmisión de señal comunes).

Especificaciones

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	
Azimut	Eléctrico 0 - 356° Mecánico 0 - 360°
Velocidad de arranque	1 mph
Precisión	+/- 5 °
Frecuencia de marcación	Standard 0.25 Opcional 0.4

CARACTERÍSTICAS DEL POTENCIÓMETRO	
Rango de temperatura	- 50° C a + 70° C
Distancia de defasamiento	1.5 metros

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Señal de salida	Resistencia variable de 0 a 10 Kohms

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Peso	700 gr (aprox.)
Acabado	Anodizado
Cableado	Cable con tres hilos conductores

Se debe tener precaución con el potenciómetro, ya que cuenta con un elemento de barrido que reduce espacios, y cualquier voltaje que se le aplique debe tener una corriente máxima de 5 miliamperes.

Cableado

El cable de comunicaciones que conecta al sensor con el datalogger es de cuatro hilos. La conexión típica que tienen es:

Negro	=	Común
Rojo	=	Alimentación +12V
Claro	=	Señal
Blanco/Café	=	Tierra física

Instalación

Antes de que se instale el sensor de dirección de viento, se tiene que remover el tornillo que fija en posición la tapa del sensor, para después girar la veleta con suavidad. La veleta debe de girar suavemente y no debe de doblarse. Se debe revisar también que la veleta no se encuentre doblada o que presente algún daño. En seguida posiciona nuevamente el tornillo en su lugar.

Se puede instalar el sensor en un brazo soporte similar al que se muestra en la FIGURA 3-4, sólo teniendo cuidado que cuando se instale se deje el espacio suficiente para conectar sin ningún problema el conector del cable.

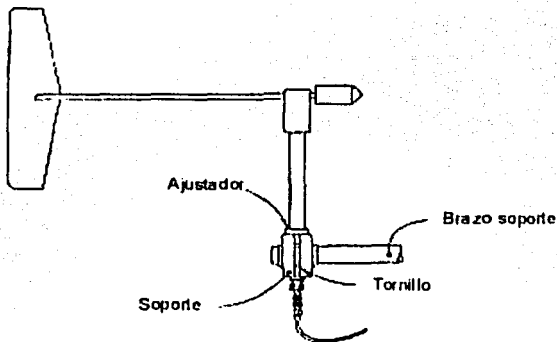


FIGURA 3-4
Brazo soporte de instalación.

Oriente el sensor de forma que el contrapeso que tiene, quede apuntando hacia el sur. Aseguraremos una correcta alineación si empleamos una brújula para esta tarea. Y hasta entonces es cuando se fija finalmente la posición del sensor y se remueve el tornillo que fija la tapa del sensor.

Remueva y retenga el tornillo de la parte inferior del sensor. Verifique que la veleta gire libremente. Gire el cuerpo del sensor hasta que el contrapeso apunte hacia el sur.

Conecte el cable del sensor al receptáculo marcado del sensor y fíjelo en su posición.

Protección contra las descargas eléctricas

Los sensores meteorológicos son sensibles a las descargas eléctricas directas o cercanas. Es recomendable que se instale un pararrayos por encima de los sensores. Además el cable de tierra del datalogger debe estar conectado a una buena tierra física, y el cable de tierra física del sensor debe de estar conectado a él, teniendo precaución de que este cable a su vez esté protegido para descargas eléctricas.

1.3 Sensor patrón de humedad relativa

El sensor patrón de humedad relativa con el que cuenta el Laboratorio de Calibración del IMP, es el modelo 083C de la marca Met One Inc. (FIGURA 3-5). El cuerpo delgado que soporta el sensor, le proporciona características como sensibilidad, precisión, linealidad y estabilidad, que no son fácilmente encontradas en otro tipo de sensores de humedad relativa. Y puede ser empleado tanto para estudios meteorológicos, como también para aplicaciones industriales, de laboratorio, etc.

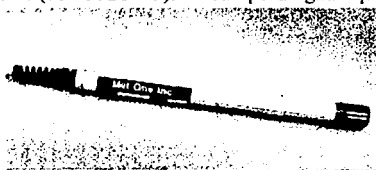


FIGURA 3-5
Sensor de humedad relativa
Marca Met One Mod. 083 C

Funcionamiento

Este modelo de sensor de humedad relativa basa su funcionamiento en el cambio de la capacitancia de un condensador de película delgada fabricado con polímeros. La capa del polímero dieléctrico de una micra de espesor absorbe moléculas del agua a través de un delgado electrodo de metal causando que la capacitancia varíe proporcionalmente con la humedad relativa registrada. La delgada capa del polímero reacciona muy rápido, y por consiguiente, el tiempo de respuesta es muy corto y menor a 5 segundos a un 90% del valor final de la humedad relativa. El sensor responde a un rango total de 0 a 100% de humedad relativa. Su respuesta es esencialmente lineal con una pequeña histeresis, y una despreciable dependencia a la temperatura.

Especificaciones

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	
Elemento sensor	Capacitor de película delgada
Rango de operación	0 - 100 %
Temperatura de operación	- 29° C hasta 50° C
Tiempo de respuesta	15 seg. a 20° C
Precisión	Mejor del +/- 3 % entre 10 % y 90 %
Hysteresis	En la medición de 0 % a 100% a 0%, menos de +/- 1%
Coefficiente de temperatura	+/- 0.04% por 1° C
Voltaje de salida	0 - 1 Volt a máxima escala
Alimentación eléctrica	12 V CD +/- 2 V, 12 mA

Cableado

El cable de comunicaciones que conecta al sensor con el datalogger es de cuatro hilos:

Amarillo	=	Señal
Blanco	=	Alimentación +12V
Verde	=	Común
Blanco/Café	=	Tierra física

Instalación

El sensor de humedad relativa está diseñado para colocarse en la placa que lo protege de la radiación solar directa como se muestra en la FIGURA 3-6, o bien en un lugar representativo en donde se tenga un buen flujo de aire y esté protegido de la luz directa del sol o de alguna otra fuente de calor, con el fin de que no se alteren las mediciones de la humedad relativa.

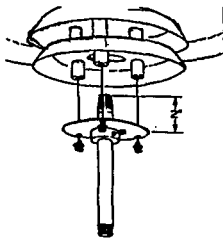


FIGURA 3-6
Placa protectora de la radiación solar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4. Sensor patrón de temperatura

El sensor patrón de temperatura con el que cuenta el Laboratorio de Calibración del IMP, es el modelo 083C-1-35 de la marca Met One Inc (FIGURA 3-7). El cuerpo delgado que soporta el sensor, le proporciona características como sensibilidad, precisión, linealidad y estabilidad, que no son fácilmente encontradas en otro tipo de sensores de temperatura. Y puede ser empleado tanto para estudios meteorológicos, como también para aplicaciones industriales, de laboratorio, etc.



FIGURA 3-7
Sensor de temperatura
Marca Met One Mod. 083-1 C

Funcionamiento

Este modelo de sensor de temperatura tiene como elemento sensor un termistor, que es un semiconductor que tiene un coeficiente de resistencia térmica relativamente grande, y puede ser positivo o negativo según sea el material de que está fabricado. Este elemento sensor está fabricado con mezclas de óxidos metálicos conglomerados y tiene forma de una pequeña esfera recubierta de una capa de vidrio.

Las ventajas del termistor desde el punto de vista termométrico son:

Que el gran coeficiente de temperatura de la resistencia permite que el voltaje aplicado a través de un puente de resistencia sea muy reducido, manteniendo la misma sensibilidad y reduciendo por lo tanto, o incluso eliminando, la necesidad de tener en cuenta la resistencia de los cables y sus cambios. Y ya que el tamaño del elemento es muy pequeño de modo que sus muy bajas capacidades térmicas pueden producir pequeñas constantes de tiempo.

Especificaciones

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	
Elemento sensor	Termistor
Rango de operación	- 50° a + 50° C
Constante de tiempo	10 seg
Precisión	+/- 0.10° C
Linealidad	+/- 0.15° C
Alimentación eléctrica	12 V CD +/- 2 V, 12 mA

Cableado

El cable de comunicaciones que conecta al sensor con el datalogger es de tres hilos:

Rojo	=	Señal
Negro	=	Común
Blanco/Café	=	Tierra física

Instalación

El sensor de temperatura está diseñado para colocarse en la placa que lo protege de la radiación solar directa que se muestra en la FIGURA 3-8, o bien en un lugar representativo en donde se tenga un buen flujo de aire y esté protegido de la luz directa del sol o de alguna otra fuente de calor, con el fin de que no se alteren las mediciones de la temperatura.

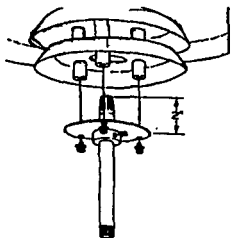


FIGURA 3-8
Placa protectora de la radiación solar.

1.5. Sensor patrón de presión atmosférica

El sensor patrón de presión barométrica con el que cuenta el Laboratorio de Calibración del IMP, es el modelo 090 D de la marca Met One Inc. (FIGURA 3-9). Este sensor convierte la presión atmosférica absoluta en un voltaje lineal proporcional. Tiene las características de ser de tamaño compacto, y contiene al elemento sensor dentro de un gabinete resistente a prueba de agua, también presenta una calibración permanente del elemento sensor. Este sensor es un dispositivo muy estable y opera por largos períodos de tiempo sin que se tenga que estar atendiendo continuamente en la mayoría de las condiciones ambientales.



FIGURA 3-9
Sensor de presión barométrica
Marca Met One Mod. 090 D

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Funcionamiento

El gabinete aloja un transductor de presión de estado sólido el cual actúa como elemento sensor de la presión barométrica. Un conjunto de elementos electrónicos proveen un voltaje regulado al sensor de estado sólido y una amplificación en su señal de salida.

El gabinete del sensor está fabricado con fibra de vidrio de alta resistencia y puede emplearse en ambientes severos y adversos. Contiene un acoplamiento plástico para conectar una manguera de muestreo de ¼" con el medio ambiente.

El rango estándar de operación es de 660 a 812.8 mm Hg, en altitudes por encima del nivel del mar de hasta 500 metros.

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	
Máximo rango calibrado	660 a 812.8 mm Hg.
Rango calibrado de operación	- 18° C a + 50° C
Resolución	Infinita
Precisión	+/- 1 mm Hg (+/- 1.35 mb)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Alimentación eléctrica	11 mA @ 12 V CD
Salida del sensor	0 - 1 V CD (estándar)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Peso	1.05 Kg
Dimensiones	14 x 12 x 19 cm

Cableado

El cable de comunicaciones que conecta al sensor con el datalogger es de cuatro hilos:

Rojo	=	Alimentación +12V
Negro	=	Neutro
Verde	=	Común
Blanco	=	Señal

El cableado y la conexión física se muestran en la FIGURA 3-10.

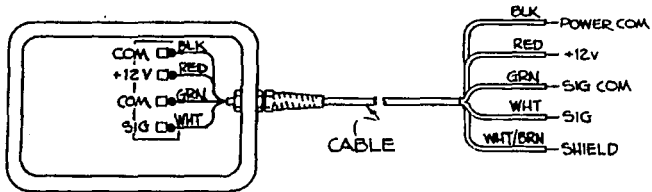


FIGURA 3-10
Cableado del sensor de presión barométrica Modelo 090 D.

Instalación

El sensor de presión barométrica está diseñado para colocarse con el orificio de entrada de presión hacia abajo, como se muestra en la FIGURA 3-11.

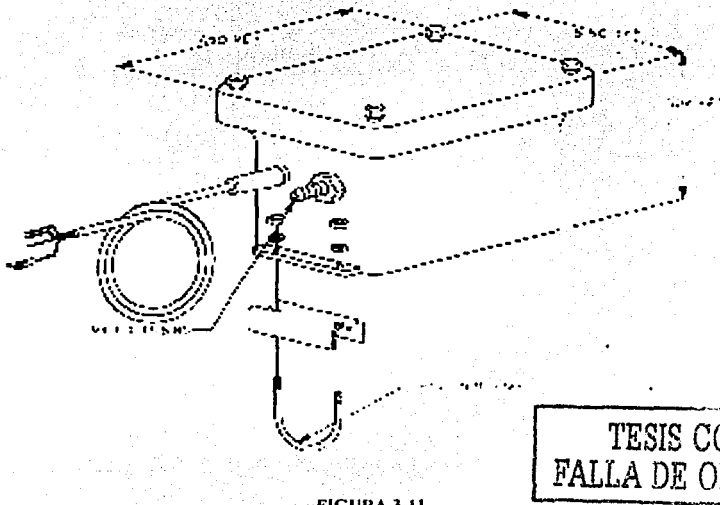


FIGURA 3-11
Colocación del sensor de presión barométrica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Sensores Met One

2.1. Constitución física del sensor de velocidad de viento

A continuación se enlistarán los componentes que constituyen al sensor de velocidad de viento marca Met One modelo 014 A, el cuál se emplea como sensor patrón dentro del Laboratorio de Calibración del IMP, también se encontrará un diagrama explosivo de todos los componentes del sensor con el fin de visualizarlos en conjunto, para comprender cómo se alojan dentro del sensor.

Posteriormente se mencionarán los problemas más comunes que se pueden presentar en este tipo de sensores así como su posible solución, también se especificarán los períodos de mantenimiento y los procedimientos para reemplazar los componentes que estén en mal estado.

Lista de componentes del sensor de velocidad de viento

COMPONENTE #	DESCRIPCIÓN
1	Soporte del sensor
2	Soporte de rodamiento
3	Collar
4	Magneto
5	Conjunto de copas
6	Rodamiento
7	Eje del sensor
8	Switch de contacto
9	Terminal tipo HH Smith
10	Espaciador
11	Juego de tornillos (1/8)
12	Tornillo plano (1/4)

Estos componentes se visualizan en conjunto en la FIGURA 3-11:

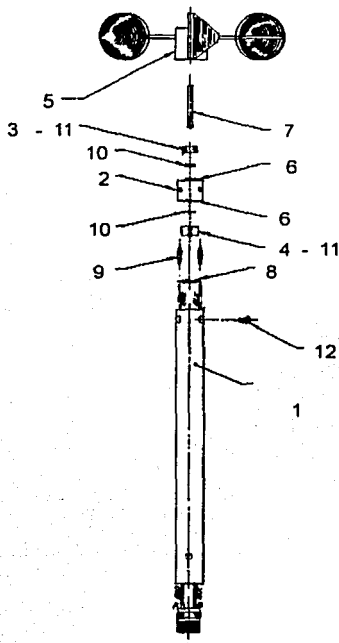


FIGURA 3-11
Vista explosiva del sensor de velocidad de viento Mod. 014 A

Revisión de operación y calibración

- ✓ Al hacer girar las copas del anemómetro, se producirán una serie de pulsos. Los cuales pueden ser verificados enviando la señal de salida a un osciloscopio, datalogger u ohmetro, para monitorearlas. Es recomendable referirnos a las tablas de Frecuencia vs. Velocidad de viento del manual del sensor. También se puede emplear un calibrador para verificar la operación a diferentes revoluciones.
- ✓ También se deben inspeccionar el conjunto de copas para verificar que no exista ninguna que esté floja o rota.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Mantenimiento y solución de problemas comunes

La revisión general de mantenimiento del sensor de velocidad de viento, se debe programar a intervalos de 6 a 12 meses, en donde se debe inspeccionar la correcta operación del sensor según se describió en la sección de revisión de operación y calibración del sensor de velocidad de viento descrita con anterioridad. En este mismo intervalo de tiempo, se pueden reemplazar los rodamientos del sensor, si éste ha estado en condiciones ambientales extremadamente adversas.

Si el intervalo de mantenimiento se incrementa de 12 o hasta cada 24 meses, entonces se deberán reemplazar forzosamente los rodamientos del sensor.

En períodos de 24 y hasta 36 meses, se recomienda que el sensor regrese al Laboratorio de Calibración del IMP para que se le efectúe una minuciosa inspección y se repare si es necesario.

TABLA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS		
Problema	Causa probable	Solución
Ninguna señal de salida del sensor	Fallas en el switch magnético	Reemplace el switch magnético
Ninguna señal de salida del sensor	Fallas en los rodamientos	Reemplace los rodamientos
Ninguna señal de salida del sensor	Fallas en el cable	Verifique las conexiones

Servicio periódico de mantenimiento de 6 a 12 meses

Cuando al sensor se le haga un periodo de mantenimiento cada 6 o 12 se recomienda seguir el procedimiento descrito a continuación:

- ✓ Desconecte el cable del sensor y asegúrelo en el lugar donde esté colocado, posteriormente se afloja el cuerpo del sensor del lugar donde esté sujeto.
- ✓ Afloje el par de tornillos presentes en la parte lateral de la tapa del sensor y retire el conjunto de copas.
- ✓ Hacer una inspección en las copas del anemómetro con el fin de detectar cualquier fisura o rompimiento en estas, también se debe revisar que cada una de ellas esté firmemente sujeta a la tapa que soportó el conjunto de copas.
- ✓ Se debe revisar que el sensor no tenga signos de corrosión o que tenga mucho polvo acumulado.

- ✓ Se debe dar vuelta a las copas del sensor para asegurarnos que giran libremente y que los rodamientos del sensor no se encuentren en mal estado. También debemos asegurarnos que el magneto no se encuentre en contacto directo con el switch de contacto.
- ✓ Se debe revisar que el orificio de ventilación que se encuentra en la base del sensor, no se encuentre obstruido.
- ✓ Posteriormente el sensor se reinstala en su sitio de operación para hacerle una revisión de operación.

Pasos para el desensamblado básico de los componentes del sensor de velocidad de viento

- ✓ Desconecte el cable del sensor y asegúrelo en el lugar donde esté colocado, posteriormente se afloja el cuerpo del sensor del lugar donde esté sujeto.
- ✓ Afloje el par de tornillos presentes en la parte lateral de la tapa del sensor y retire el conjunto de copas.
- ✓ Desatornille y quite los tres tornillos de cabeza plana que se encuentran en la parte superior del sensor y levante el soporte del rodamiento, teniendo precaución de no romper los cables cuando se haga esto.

Procedimiento para reemplazar el switch de contacto del sensor de velocidad de viento

- ✓ Se deberá desmontar en primer lugar el soporte del rodamiento según se explicó con anterioridad, en el desensamblado de los componentes del sensor de velocidad de viento.
- ✓ Enseguida se deben desoldar las terminales del switch de contacto y se debe remover el switch de las partes de donde está sujeto.
- ✓ Suelde el switch nuevo en ambos lados de las terminales, teniendo precaución de no estirar demasiado la parte donde las terminales se introducen en el cuerpo de vidrio del switch de contacto. Se debe soldar lo más rápido posible para reducir el exceso de calor en el switch. Una vez hecho esto, se debe medir la distancia que existe entre la parte inferior del magneto y la parte superior de la parte que recubre el switch, tal como se muestra en la FIGURA 3-12. El espaciamiento debe medir entre 0.010 y 0.020 pulgadas.

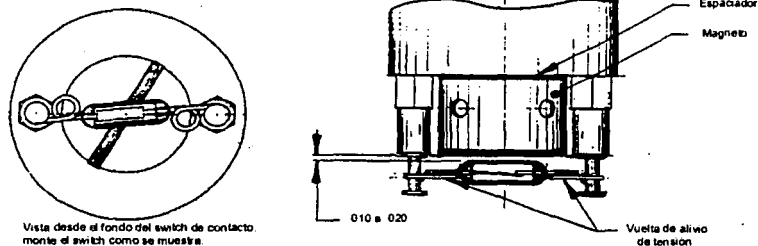


FIGURA 3-12
Instalación del switch de contacto

- ✓ Realizado lo anterior, se debe verificar la señal de salida en el osciloscopio o módulo transductor que se tenga, haciendo girar el eje para observar si esta se presenta. Si el switch llegara a fallar, se debe ajustar acercándolo ligeramente al magneto.
- ✓ Si es posible, se puede acoplar el eje del sensor a un motor de 1800 RPM, empleando un acoplamiento flexible y se debe verificar una salida de 67 km/h.
- ✓ Ensambalar nuevamente los componentes del sensor.

Procedimiento para reemplazar los rodamientos

Los rodamientos usados en los sensores modelo 014 A están fabricados de acero inoxidable y tienen en su interior pequeñas esferas las cuales están contenidas dentro de una cubierta protectora. Los rodamientos son del tipo lubricado y están sellados totalmente. No se debe lubricar ningún rodamiento ya que de lo contrario se acumularía polvo, y se formaría una pasta de polvo y aceite no recomendable en el sensor.

Se debe seguir el siguiente procedimiento para reemplazar los rodamientos:

- ✓ Se deberá desmontar en primer lugar el soporte del rodamiento según se explicó con anterioridad, en el desensamblado de los componentes del sensor de velocidad de viento.
- ✓ Aflojar el juego de tornillos (11) del magneto (4), levante el eje (7) y el collar (3) sacándolos fuera del soporte del rodamiento (2). Asegúrese de que el espaciador (10) permanezca en su lugar.

- ✓ Inserte una herramienta que tenga un ángulo recto en un extremo, un ejemplo es una llave alen, la cual puede insertarse en el rodamiento y levantar con suavidad hacia un lado para sacar el rodamiento. Se debe hacer lo mismo para los dos rodamientos que tiene. Cuando se haya hecho esto, se debe limpiar la base que soporta a los rodamientos.
- ✓ Instale a continuación los nuevos rodamientos, teniendo precaución de no introducir partículas de polvo en los rodamientos. Haga esto con las manos limpias y no añada ningún tipo de lubricante.
- ✓ Ensamble el sensor nuevamente. Asegúrese de incluir los espaciadores (10) por encima de los rodamientos cuando se reemplace el eje en el soporte de los rodamientos. Después de que el magneto (4) haya sido apretado, debe ser perceptible un pequeño juego del eje del sensor hacia arriba y hacia abajo, que no debe ser mayor de 0.004 pulgadas.

2.2. Constitución física del sensor de dirección de viento

A continuación se enlistarán los componentes que constituyen al sensor de dirección de viento marca Met One modelo 024 A, el cual se emplea como sensor patrón dentro del Laboratorio de Calibración del IMP, también se encontrará un diagrama de todos los componentes del sensor con el fin de visualizarlos en conjunto, para comprender cómo se alojan dentro del sensor.

Posteriormente se especificarán los períodos de mantenimiento y los procedimientos para reemplazar los componentes del sensor que estén en mal estado.

Lista de componentes del sensor de dirección de viento

COMPONENTE #	DESCRIPCIÓN
A	Veleta de aluminio
B	Brazo para la veleta de aluminio
C	Tapa del sensor
D	Brazo del contrapeso
E	Contrapeso
F	Potenciómetro
G	Tornillo
H	Cuerpo del sensor
L	Juego de tornillos (3/8)
K	Juego de tornillos (1/8)

Estos componentes se visualizan en conjunto en el FIGURA 3-13:

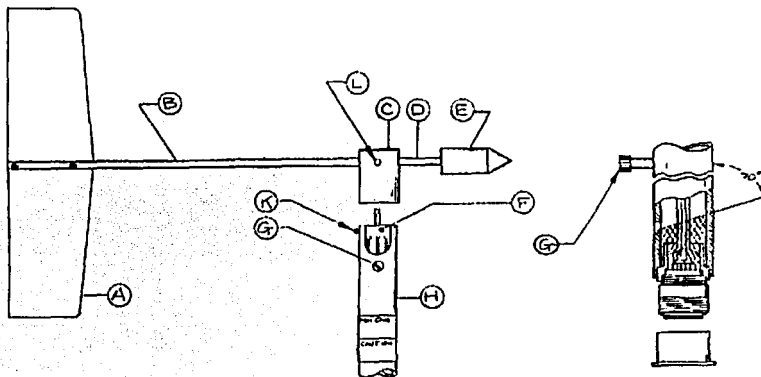


FIGURA 3-13
Vista explosiva del sensor de dirección de viento Mod. 024 A

Revisión de operación y calibración

- ✓ Al hacer girar la veleta en el sentido de las manecillas del reloj manteniéndolo en posición vertical, se incrementará el rango de medición hasta 360° y empezará nuevamente en 0°.
- ✓ El sensor de dirección de viento se debe inspeccionar periódicamente para detectar algún daño en la veleta o en los cables conectores. Revise que todas las partes del conjunto de la veleta se encuentren debidamente apretadas. Revise el conector del sensor y el cable que sale de éste para verificar que no presente signos de corrosión.

Mantenimiento

La revisión general de mantenimiento del sensor de velocidad de viento, se debe programar a intervalos de 6 a 12 meses, en donde se debe inspeccionar la correcta operación del sensor según se describió en la sección de revisión de operación y calibración del sensor de dirección de viento descrita con anterioridad.

Para intervalos de 24 y hasta 36 meses, se recomienda que el sensor regrese al Laboratorio de Calibración del IMP, para que se le efectúe una minuciosa inspección y se repare si es necesario.

Procedimiento para reemplazar el potenciómetro

Retire el sensor de su sitio de instalación y retire la veleta. El reemplazo del potenciómetro requerirá un nuevo alineamiento respecto a los 180°. Emplee el siguiente procedimiento para reemplazar y realinear el potenciómetro.

- ✓ Afloje los tres tornillos que fijan el potenciómetro en la montura del sensor. Jale el potenciómetro hacia arriba y fuera de la montura.
- ✓ Desconecte los tres cables del potenciómetro. Tenga en cuenta el código de colores de los cables respecto a los pines del potenciómetro. Se puede referir al FIGURA 3-14.

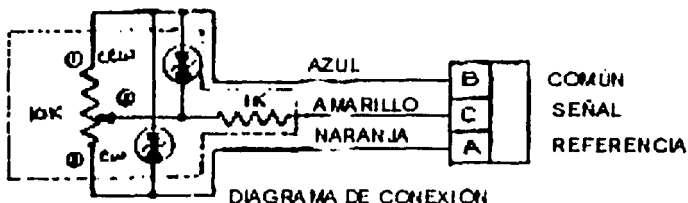


FIGURA 3-14

- ✓ Suelde los cables al nuevo potenciómetro y enseguida insértelo en la montura del sensor.
- ✓ Conecte el ohmetro a los pines B y C en el conector del sensor. Reacomode y fije la veleta en su posición con el tornillo de acero. No es necesario que apriete el juego de tornillos que fijan la tapa del sensor todavía. Inserte un pequeño desarmador en el orificio de acceso que se encuentra en la parte superior de la tapa y gire el potenciómetro hasta que la medición de resistencia que se registre en los pines B y C, sea igual a la resistencia medida en los pines A y C que es de aproximadamente 6 Kohms. Posteriormente debe apretar el juego de tornillos de la tapa del sensor, teniendo precaución de que el potenciómetro no se mueva mucho ya que al realizar esta acción, dicho elemento tenderá a moverse ligeramente.

2.3. Constitución física del sensor de humedad relativa

A continuación se describirán los procedimientos para verificar la correcta operación del sensor de humedad relativa marca Met One modelo 083 C, el cuál se emplea como sensor patrón dentro del Laboratorio de Calibración del IMP. Es conveniente mencionar que este instrumento también contiene un sensor lineal de temperatura de alta precisión, el cual permite medir simultáneamente la humedad relativa y la temperatura. A continuación sólo se especificarán las características del sensor de humedad relativa.

Posteriormente se especificarán los periodos de mantenimiento y los procedimientos para reemplazar los componentes que estén en mal estado, además del procedimiento para calibrar este instrumento.

Construcción

El sensor está montado en un delgado tubo el cual contiene todos los componentes electrónicos necesarios para proveer una señal de salida que indicará la humedad. Debido a que el cambio en la capacitancia del sensor es únicamente sensible a la humedad del ambiente, no es necesario hacer alguna compensación a la temperatura para la mayoría de las aplicaciones. El cuerpo del tubo es resistente al agua y está fabricado de aluminio resistente a la corrosión. La inmersión del elemento sensor en agua no afecta la calibración del sensor.

El polímero con el cual está fabricado el elemento sensor es resistente a la mayoría de los agentes químicos presentes en la atmósfera.

El sensor está diseñado para estar alojado dentro de una placa de protección solar cuando se emplea al aire libre.

Este modelo de sensor emplea un cable con cubierta de vinilo que un extremo tiene un conector de conexión rápida que se une directamente al sensor. Se debe tener precaución que la longitud del cable no exceda los 50 mts, con el fin de que no se vean afectadas las mediciones (esto se aplica para la mayoría de los cables de transmisión de señal comunes).

Revisión de operación y calibración

- ✓ Para verificar la correcta conexión eléctrica del sensor y como una prueba áspera de su funcionamiento, sople en el sensor. La humedad relativa subirá a un nivel más alto.
- ✓ El sensor de humedad relativa se ha calibrado en la fábrica y permanecerá funcionando correctamente a menos que se dañe el elemento sensor. Para verificar el correcto funcionamiento del sensor, se aconseja que el valor de la señal de salida se compare contra la del servicio meteorológico nacional. No se debe esperar una correlación exacta entre los valores debido a las variaciones atmosféricas y geográficas.

Mantenimiento

La revisión general y mantenimiento del sensor de humedad relativa se puede programar a intervalos de 6 a 12 meses.

Esta inspección contempla la revisión de operación del sensor según se describió en la sección anterior de revisión de operación y calibración del sensor de humedad relativa.

El mantenimiento del sensor de humedad relativa incluye la limpieza del elemento sensor, según el procedimiento de mantenimiento que será descrito a continuación.

Limpieza del elemento sensor

Se debe tener muy en cuenta la siguiente advertencia:

El sensor puede descalibrarse o sufrir un daño permanente debido a malos manejos. No intente inspeccionar o calibrar el sensor si se desconoce el procedimiento. No lo toque si no sabe como. El sensor debe de operar por un período extendido de tiempo sin problema alguno.

En primer lugar se debe destornillar el filtro ubicado en la parte superior del sensor. El polvo y otras partículas pueden ser removidos soplando gentilmente en el elemento sensor del instrumento, nunca se debe usar aire comprimido para este efecto. Después de remover el polvo, el elemento sensor puede frotarse para su limpieza con una brocha suave sumergida previamente en agua destilada. No se deben usar detergentes, tampoco se debe aplicar voltaje al sensor cuando se esté limpiando y no se debe conectar el sensor hasta que el elemento se haya secado completamente.

También debemos tener mucha precaución de no tocar el elemento sensor con las manos desnudas.

La vida del sensor depende directamente del medio en el que opera. Como ejemplo tenemos que si el elemento sensor está rodeado solamente de aire puro y vapor de agua, este tendrá una vida indefinida. La presencia de contaminantes químicos en el medio ambiente pueden corroer los materiales del elemento del sensor. El polímero con el cual está fabricado es resistente a la mayoría de los ataques químicos, pero los electrodos metálicos, son vulnerables a los efectos corrosivos, particularmente cuando se le aplica voltaje al sensor. El contaminante más poderoso que puede ser absorbido son las partículas de ceniza de bióxido de sulfuro. Cuando dichas partículas caen en los delgados electrodos metálicos y si existe algo de agua condensada, se puede formar ácido sulfúrico, el cual tendrá un efecto corrosivo en la superficie del sensor. Por estas razones, se recomienda una limpieza cuidadosa del elemento sensor según se describió en este apartado, toda vez que el sensor se haya expuesto a un medio con contaminantes corrosivos.

Procedimiento para reemplazar el elemento sensor

En caso de que el elemento sensor haya sufrido daños, se puede reemplazar fácilmente. Primero desconecte la alimentación eléctrica del sensor. Enseguida, desatornille el filtro. Luego desolde el chip dañado y suelde el nuevo en su lugar. El elemento sensor es muy delicado, por lo que se deben tener las siguientes precauciones:

No tocar el elemento sensor con las manos desnudas. Se debe manejar el chip solamente de sus guías tomándolo con pinzas. Cuando se esté soldando, se deben tomar las guías con las pinzas para prevenir que el calor generado en esta operación dañe el chip. No se debe golpear el chip cuando reinstale la malla protectora.

Una vez que se haya reemplazado el elemento sensor, el instrumento tiene que ser recalibrado.

Procedimiento de calibración

Antes de intentar recalibrar el sensor de humedad relativa, debemos asegurarnos de que el módulo transductor que recibe la señal electrónica acondicionada (en nuestro caso el datalogger), esté adecuadamente calibrado. En caso de que no se logren obtener lecturas del 0% o el 100% de humedad en el datalogger, se debe corregir primero este detalle.

El método de calibración que será descrito en detalle a continuación, está basado en la presión constante del vapor de agua aplicada a las soluciones saturadas de sales a una temperatura constante. Las sales que se emplean en la calibración son Cloruro de Litio (LiCl) y Cloruro de Sodio (NaCl). La primera crea una humedad de aproximadamente 13% y la segunda de aproximadamente 76% a una temperatura ambiente de 20° C. Estos agentes químicos se pueden conseguir con proveedores de productos químicos. Con el fin de garantizar una precisa calibración, las sales deben ser de la más alta pureza disponible.

Equipo necesario para la calibración

- ✓ 2 botellas de calibración
- ✓ Sal de cloruro de litio
- ✓ Sal de cloruro de sodio
- ✓ 1 termómetro, para la medición de la temperatura ambiente
- ✓ Agua destilada

Las sales que se introducen dentro de las botellas de calibración, pueden permanecer sin renovarse alrededor de un año. Es recomendable que las botellas se almacenen en un lugar con temperatura constante con el fin de tenerlas listas para emplearse en un corto período de tiempo. No se deben agitar las botellas cuando se tengan las soluciones salinas disueltas antes de la calibración. También se debe revisar que no existan gotas de la solución salina alrededor de la boca de la botella, ya que esto afectaría la precisión de la calibración. Tampoco debe ponerse en contacto directo el elemento sensor con las soluciones salinas.

TABLAS DE CALIBRACIÓN

CLORURO DE LITIO							
Temperatura Ambiente °C	10	15	20	25	30	35	40
Valor de Calibración % RH	14.3	13.8	13.4	13.0	12.8	12.7	12.6

CLORURO DE SODIO							
Temperatura Ambiente °C	10	15	20	25	30	35	40
Valor de Calibración % RH	75.2	75.3	75.5	75.8	75.6	75.5	75.4

Calibración para humedad baja (13% RH)

- ✓ Desatornille el filtro. No golpee el elemento sensor mientras se remueve la malla protectora.
- ✓ Retire el tapón de goma de la botella de Cloruro de Litio (LiCl), y empuje el sensor dentro del orificio. El orificio tiene una protección que prohíbe que el sensor caiga completamente.
- ✓ Tome la lectura de la temperatura del cuarto.
- ✓ Identifique el porcentaje de humedad para el cloruro de litio en la tabla de calibración que corresponda a la temperatura en cuestión.
- ✓ Después de 1 hora, tome la lectura del valor de la humedad, si las lecturas difieren del valor de la tabla, ajuste R15, a un ajuste cero.
- ✓ Después de ser empleada, tape la botella firmemente con el tapón de goma.

Calibración para humedad elevada (76 %).

- ✓ Repetir el procedimiento de calibración tal y como se describió en la sección anterior, pero ahora empleando el Cloruro de Sodio en la solución. Ajuste el R18 (en el sensor) si es necesario.
- ✓ Se deben repetir los pasos anteriores hasta que no se requiera ningún ajuste posterior en el instrumento sensor.

2.4. Constitución física del sensor de temperatura

A continuación se describirán los procedimientos para verificar la correcta operación del sensor de temperatura marca Met One modelo 083-1-35 C, el cual se emplea como sensor patrón dentro del Laboratorio de Calibración del IMP. Es conveniente mencionar que este instrumento también contiene un sensor de humedad relativa de alta precisión, el cual permite medir simultáneamente la temperatura y la humedad relativa. A continuación sólo se especificarán las características del sensor de temperatura.

Posteriormente se especificarán los períodos de mantenimiento y el procedimiento para reemplazar el elemento sensor si es que está en mal estado.

Construcción

El sensor está montado en un delgado tubo el cual contiene todos los componentes electrónicos necesarios para proveer una señal de salida que indicará la temperatura. El cuerpo del tubo es resistente al agua y está fabricado de aluminio resistente a la corrosión. La inmersión del elemento sensor en agua no afecta la calibración del sensor.

El material con el cual está fabricado el elemento sensor es resistente a la mayoría de los agentes químicos presentes en la atmósfera.

El sensor está diseñado para estar alojado dentro de una placa de protección solar cuando se emplea al aire libre.

Este modelo de sensor emplea un cable con cubierta de vinilo que un extremo tiene un conector de conexión rápida que se une directamente al sensor. Se debe tener precaución que la longitud del cable no exceda los 50 mts, con el fin de que no se vean afectadas las mediciones (esto se aplica para la mayoría de los cables de transmisión de señal comunes).

Revisión de operación y calibración

- ✓ Para verificar la correcta conexión eléctrica del sensor y como una prueba áspera de su funcionamiento, sople en el sensor. La temperatura se verá modificada.
- ✓ El sensor de temperatura se ha calibrado en la fábrica y permanecerá funcionando correctamente a menos que se dañe el elemento sensor.
- ✓ Para verificar el correcto funcionamiento del sensor, se aconseja que el valor de la señal de salida se compare contra la lectura de un termómetro de mercurio de alta precisión. Como una alternativa, se puede medir la resistencia del sensor con un ohmetro digital de baja corriente y se pueden comparar las lecturas de temperatura vs. resistencia en la FIGURA 3-15.

Sensor Model 083-1-x

Tc °C	Rt kΩ	Tc °C	Rt kΩ	Tc °C	Rt kΩ
-50	158.181	-14	47.173	19	21.908
-49	150.561	-13	45.997	20	21.423
-48	143.555	-12	44.861	21	20.949
-47	137.093	-11	43.761	22	20.484
-46	131.114	-10	42.696	23	20.029
-45	125.564	-9	41.665	24	19.583
-44	120.400	-8	40.665	25	19.147
-43	115.583	-7	39.696	26	18.719
-42	111.079	-6	38.755	27	18.300
-41	106.858	-5	37.843	28	17.899
-40	102.895	-4	36.957	29	17.147
-39	99.166	-3	36.097	30	17.092
-38	95.651	-2	35.260	31	16.705
-37	92.333	-1	34.447	32	16.325
-36	89.196	0	33.657	33	15.952
-35	86.224	1	32.888	34	15.586
-34	83.406	2	32.139	35	15.227
-33	80.729	3	31.410	36	14.875
-32	78.183	4	30.700	37	14.529
-31	75.760	5	30.009	38	14.190
-30	73.449	6	29.335	39	13.856
-29	71.245	7	28.677	40	13.528
-28	69.138	8	28.037	41	13.206
-27	67.124	9	27.411	42	12.890
-26	65.195	10	26.801	43	12.579
-22	58.242	11	26.206	44	12.274
-21	56.671	12	25.624	45	11.974
-20	55.160	13	25.056	46	11.678
-19	53.705	14	24.501	47	11.388
-18	52.303	15	23.959	48	11.102
-17	50.952	16	23.429	49	10.822
-16	49.648	17	22.911	50	10.545
-15	48.389	18	22.404		

Sensor Range = -50 to +50°C (-58 to +122°F)

Conversion Formulas:

$$T_c = (((R_t - 1) + (23100 - 1)) \cdot 1 - 13698.3) / -129.163$$

$$R_t = (((-129.163 T_c) + 13698.3) \cdot 1 - 23100) \cdot 1$$

Where: Tc= Temperature in °C

Rt = Sensor Resistance in Ohms (Ω)

FIGURA 3-15
Tabla de temperatura vs. resistencia

Mantenimiento

La revisión general y mantenimiento del sensor de temperatura se puede programar a intervalos de 6 a 12 meses.

Esta inspección contempla la revisión de operación del sensor según se describió en la sección anterior de revisión de operación y calibración del sensor de temperatura.

El mantenimiento del sensor de temperatura incluye la limpieza del elemento sensor, según el procedimiento de mantenimiento que será descrito a continuación.

Limpieza del elemento sensor

Se debe tener muy en cuenta la siguiente advertencia:

El sensor puede descalibrarse o sufrir un daño permanente debido a malos manejos. No intente inspeccionar o calibrar el sensor si se desconoce el procedimiento. No lo toque si no sabe como. El sensor debe de operar por un período extendido de tiempo sin problema alguno.

En primer lugar se debe destornillar el filtro ubicado en la parte superior del sensor. El polvo y otras partículas pueden ser removidos soplando gentilmente en el elemento sensor del instrumento, nunca se debe usar aire comprimido para este efecto. Después de remover el polvo, el elemento sensor puede frotarse para su limpieza con una brocha suave sumergida previamente en agua destilada. No se deben usar detergentes, tampoco se debe aplicar voltaje al sensor cuando se esté limpiando y no se debe conectar el sensor hasta que el elemento se haya secado completamente.

También debemos tener mucha precaución de no tocar el elemento sensor con las manos desnudas.

La vida del sensor depende directamente del medio en el que opera. Por esta razón, se recomienda una limpieza cuidadosa del elemento sensor según se describió en este apartado, toda vez que el sensor se haya expuesto a un medio con contaminantes corrosivos.

Procedimiento para reemplazar el elemento sensor

En caso de que el elemento sensor haya sufrido daños, se puede reemplazar fácilmente. Primero desconecte la alimentación eléctrica del sensor. Enseguida, desatornille el filtro. Luego desolde el chip dañado y suelde el nuevo en su lugar. El elemento sensor es muy delicado, por lo que se deben tener las siguientes precauciones:

No tocar el elemento sensor con las manos desnudas. Se debe manejar el termistor solamente de sus guías tomándolo con pinzas. Cuando se esté soldando, se deben tomar las guías con las pinzas para prevenir que el calor generado en esta operación dañe el termistor. No se debe golpear el termistor cuando reinstale la malla protectora.

Una vez que se haya reemplazado el elemento sensor, la señal de salida del instrumento tiene que ser comparada con las tablas de temperatura vs. resistencia antes especificadas para verificar la correcta operación del sensor.

2.5. Constitución física del sensor de presión atmosférica

A continuación se describirá cómo realizar la revisión de la operación del sensor de presión barométrica marca Met One modelo 090 D, el cuál se emplea como sensor patrón dentro del Laboratorio de Calibración del IMP, también se encontrará una guía para seleccionar el rango de operación del sensor para diferentes altitudes.

Posteriormente se especificará el período de mantenimiento y el procedimiento para llevarlo a cabo.

Revisión de operación

El sensor de presión barométrica se ha calibrado en la fábrica, y permanecerá en este estado a menos de que el elemento sensor sufra algún daño. Para verificar la operación correcta del sensor y del datalogger, se recomienda que el valor de la señal que se obtenga en el datalogger se compare contra el valor de la presión atmosférica que indique el servicio meteorológico nacional. Aunque no se debe esperar una correlación muy precisa debido a las variaciones geográficas y meteorológicas. Teniendo en cuenta que el sensor indica la presión barométrica absoluta y que el valor que indica el servicio meteorológico nacional está normalizado para las distintas altitudes.

Se debe tener en cuenta que el valor nominal de la presión a nivel del mar es de 760 mm de mercurio y que por cada 300 metros de altitud, la presión decrece aproximadamente 25 milímetros. Por ejemplo, una estación meteorológica a nivel del mar puede usar un barómetro con un rango de medición de entre 660 y 812 milímetros de mercurio, con el fin de cubrir todas las posibles condiciones meteorológicas. Mientras que una estación meteorológica ubicada a 1200 metros por encima del nivel del mar, requeriría un rango de 559 a 710 milímetros de mercurio.

Rangos para seleccionar el sensor de presión barométrica adecuado

ALTITUD (m)	RANGOS (mmHg)
0 a 457	660/812
458 a 1067	610/762
1068 a 1676	559/710
1677 a 2438	508/660
2439 a 3048	457/610
3049 a 3810	406/559
3811 a 4724	356/508
4725 a 5791	305/457

Mantenimiento

El sensor de presión barométrica es un dispositivo inherentemente estable que no requiere servicios de mantenimiento periódicos o calibración alguna. En caso de que se requiera algún tipo de mantenimiento o calibración, el sensor debe ser enviado al Laboratorio de Calibración para este fin.

El único mantenimiento que puede realizarse incluye una inspección ocasional minuciosa del orificio de entrada de presión para verificar que no exista ninguna obstrucción.

Esta inspección de operación del sensor debe realizarse según lo descrito en la sección anterior de revisión de operación del sensor de presión barométrica.

3. Kits de calibración

Los kits de calibración son un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que integrados permiten la verificación del estado de operación de los diferentes sensores con el fin de establecer un diagnóstico en cuanto a su funcionamiento. Este diagnóstico servirá para descartar o realizar los ajustes propios que requiera cada sensor.

A continuación se describirán los kits de calibración para los sensores de velocidad de viento, dirección de viento y humedad relativa. En el caso de los sensores de temperatura y presión barométrica, no será necesario ningún tipo de kit de calibración, ya que la calibración de estos sensores es de forma electrónica.

3.1. Kit de calibración para sensores de velocidad de viento

El calibrador de los anemómetros de velocidad de viento consiste en un motor sincrónico de velocidad constante que hace girar el eje del anemómetro mediante un acoplamiento mecánico con la intención de verificar el funcionamiento del transductor del anemómetro y medir su señal. El calibrador está diseñado para sostener el anemómetro mientras se lleva a cabo la calibración.

El kit de calibración o calibrador cuenta con diversos componentes, entre los que figuran el motor sincrónico, el sistema de control, el generador eléctrico, un tacómetro analógico y un tacómetro digital, los cuales en conjunto permiten seleccionar y mantener una gran variedad de velocidades de rotación constantes las cuales oscilan en el rango de 0 hasta 1750 r.p.m.

Especificaciones

MOTOR	
Tipo	Sincrónico
Marca	Baldor
Potencia	0.25 H.P.
Revoluciones	1750 r.p.m.
Rotación del eje	A la derecha y a la izquierda.
Voltaje	90 Volts
Corriente	2.5 Amp
Consumo	225 Watts
GENERADOR	
Tipo	Corriente continua
Marca	Baldor
Voltaje	50 Volts
Corriente	0.4 Amp
Consumo	20 Watts

SISTEMA DE CONTROL	
Tipo	Corriente Directa
Voltaje	115 / 230 Volts CA 50 – 60 Hz
Corriente	10.2 Amp CD / 15 Amp CA
Reóstato	0 – 100 %
Elemento de seguridad	Interruptor “Cola de Rata”
Diseño de protección ambiental	Nema 4X
TACÓMETRO ANALÓGICO	
Marca	Fimesa
Modelo	301M
Rango de medición	0 – 2000 r.p.m.
TACÓMETRO DIGITAL	
Marca	Ametek
Modelo	1726
Rango de medición óptico	6 – 99999 r.p.m.
Rango de medición de contacto	6 – 20000 r.p.m.
Rango de medición lineal	1.83 – 600 mts por minuto

Instalación y operación del kit de calibración

El calibrador cuando se pone en operación, se ajusta a las revoluciones requeridas en primera instancia con el tacómetro analógico, para después dar un ajuste fino en las revoluciones con el tacómetro digital del kit de calibración.

El kit requiere 245 watts a 115 V / 60 Hz. para su operación, que pueden ser suministrados mediante una cable o extensión conectado a algún contacto cercano.

Antes de que el anemómetro se ensamble en el calibrador, deben ser removidas las copas unidas al eje del sensor, según las indicaciones indicadas en el manual para tal efecto.

Se inserta el anemómetro en su parte superior dentro del calibrador (FIGURA 3-16). No se recomienda que se forcen de ningún modo las piezas durante este proceso de acoplamiento, ya que se pueden dañar tanto el anemómetro como el calibrador. El ajuste debe ser holgado y con un mínimo de tolerancia al movimiento y la flecha del anemómetro tendrá que estar de forma colineal al eje del calibrador. Enseguida se enciende el motor y se verifica que el eje del motor gire conjuntamente con el motor.

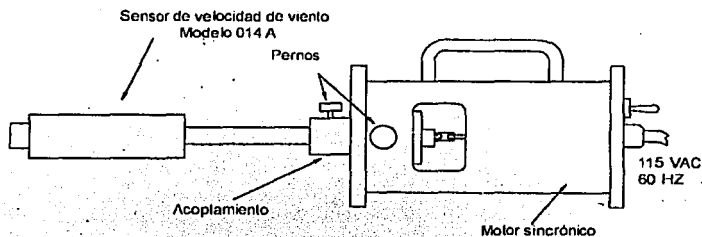


FIGURA 3-16
Kit de calibración del sensor de velocidad de viento

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Teoría de operación del calibrador

El calibrador de velocidad de viento proporciona una constante y muy precisa rotación a los anemómetros, lo que permite probar la operación de los transductores y su señal. El anemómetro al que se hará referencia en este capítulo es el modelo 014 A de la marca Met One Inc. La frecuencia en el pulso de salida o los niveles de voltaje deben permanecer constantes mientras el calibrador se encuentra operando. Pequeñas variaciones pueden indicar que los rodamientos se encuentran desgastados debido al uso, mientras que grandes variaciones significan comúnmente problemas en los transductores del anemómetro y consecuentemente se reflejara en la señal. Debe tenerse precaución con el desgaste en los rodamientos ya que éste puede ser que no sea detectado ya que el par del motor es suficiente como para reducir la fricción en ellos.

Un motor síncrono junto con su sistema de control, permite obtener las diversas velocidades de rotación del eje del anemómetro necesarias para su calibración.

Verificación de calibración mediante un módulo traductor

Se conecta un voltímetro digital de 3.5 dígitos o más a la salida del "Datalogger" o sistema de adquisición de datos. A continuación se verifica que las lecturas correspondan a la velocidad del calibrador, ver manual de operación del anemómetro. Los valores de la velocidad de viento que se visualicen en el Datalogger deben corresponder a las revoluciones por minuto (rpm) de la tabla:

RPM VS VELOCIDA DE VIENTO

	300 RPM	600 RPM	1800 RPM
Mod. 014 A	18.892 MPH	36.785 MPII	108.354 MPII

Nota: se puede verificar una gama completa de valores en el manual del anemómetro.

Verificación de calibración mediante un contador de frecuencia

Otra forma de calibrar es conectando un contador de frecuencia a la salida del sensor. Teniendo precaución de que si esta prueba se realiza sin elementos electrónicos acondicionados, se requerirá una fuente de poder para realizarla. Para el modelo de anemómetro que se maneja en el Laboratorio de Calibración que es el 014A, se requerirá un suministro de 5 Volts junto con una resistencia de 10 Kohms conectado en serie, para poder conectar el contador a las terminales del sensor ver manual del calibrador del fabricante MetOne. Este proceso es necesario para convertir los movimientos del switcheo de vibración del sensor en una señal que pueda usar el contador de frecuencias. No se debe conectar el sensor directamente a la fuente de poder ya que el instrumento sufriría daños.

Se observará que la lectura en la frecuencia del contador sea semejante a los valores de la tabla inferior.

	300 RPM	600 RPM	1800 RPM
Mod. 014 A	10 HZ	20 HZ	60 HZ

Nota: se puede verificar una gama completa de valores en el manual del anemómetro.

Mantenimiento

El calibrador no necesita ningún tipo de mantenimiento, aunque no sucede lo mismo con el anemómetro como es de esperarse, por lo que si se requiere efectuar mantenimiento en este instrumento se debe consultar el manual de operación. Se debe tener la precaución de desconectar el cable tomacorriente cuando se deje de usar el calibrador.

3.2. Kit de calibración para sensores de dirección de viento

El kit de calibración para los sensores de dirección de viento es muy sencillo y consta de tres piezas, las cuales son una rueda de aluminio graduado, una varilla indicadora y un soporte para la varilla indicadora que se coloca directamente en el sensor. Las cuales se muestran en la FIGURA 3-17.

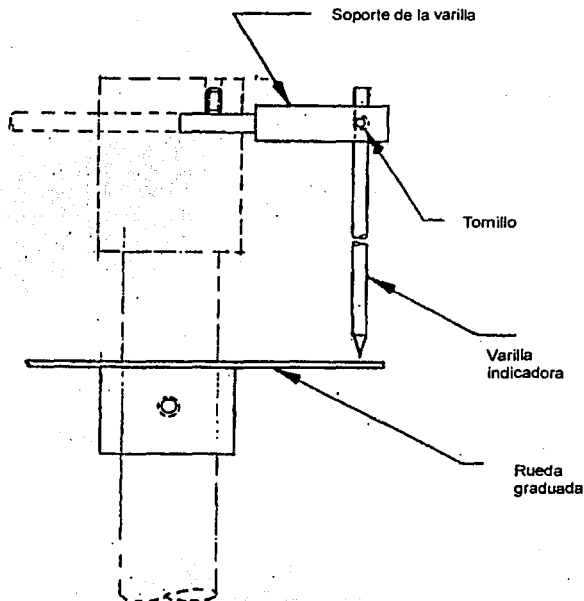


FIGURA 3-17
Kit de calibración del sensor de dirección de viento

Procedimiento de operación y prueba del sensor

En primer lugar se introduce la rueda graduada al cuerpo del sensor y se remueven las dos piezas que conforman la veleta del sensor. Enseguida se desliza la rueda graduada hacia arriba hasta que esté cerca de la aguja indicadora y se gira hasta que la aguja indique exactamente 180° en la rueda.

Para visualizar el comportamiento del sensor se puede efectuar la prueba por varios procedimientos, el primero es conectar el sensor al Datalogger y comparar las mediciones leídas en el Datalogger contra las indicadas por la punta de la varilla indicadora las cuales tendrán que coincidir con una tolerancia de $\pm 5^\circ$.

Otro de los procedimientos consiste en conectar el sensor a una fuente de poder según se indica a continuación:

El pin A ----- + 0.5000 V
El pin B ----- Común

- ✓ Se conecta el osciloscopio como sigue:

Negativo a Pin B (Común)
Positivo a Pin C (Señal)

- ✓ Ajustando el osciloscopio como sigue:

Vertical ----- 0.1 V / DIV
Horizontal ----- 5 MS / DIV
Trigger ----- Auto

- ✓ Se retira el tornillo que fija la posición del sensor, y se gira el sensor varias revoluciones en cada dirección, mientras se monitorea la forma de onda en el osciloscopio.
- ✓ Haciendo girar el indicador en el sentido de las manecillas del reloj, se deben indicar los siguientes puntos además de verificar los rangos de tolerancia en la lectura del voltaje:

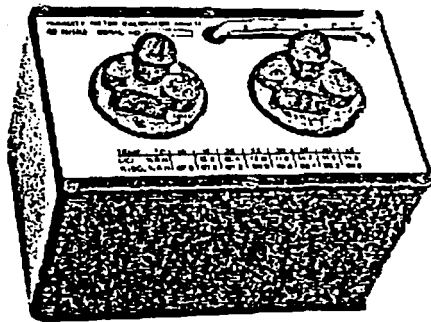
GRADOS	RANGOS DE VOLTAJE
0 °	- 0.4958 a 0.0042 V
10 °	- 0.0097 a 0.0181 V
90 °	- 0.1208 a 0.1292 V
180 °	- 0.2458 a 0.2542 V
270 °	- 0.3708 a 0.3792 V
350 °	- 0.4819 a 0.4903 V

- ✓ Remover la aguja indicadora y la rueda graduada. Instalar las dos piezas de la veleta del sensor y balancear si es necesario.
- ✓ Coloque el tornillo que fija la posición del sensor y verifique que el voltaje de salida se encuentre entre 0.2458 y 0.2542 V.
- ✓ Inspeccione algún daño o piezas flojas en el sensor.

3.3. Kit de calibración para sensores de humedad relativa

Información general

El calibrador de los sensores de humedad relativa (FIGURA 3-18), se ajusta para permitir la entrada a los diversos tamaños que pueda presentar el cuerpo del instrumento sensor. La calibración se lleva a cabo empleando soluciones saturadas de sales de cloruro de litio, sulfato de potasio y cloruro de sodio. Las botellas para las soluciones salinas se encuentran dentro de la caja metálica, la cual hace que su temperatura permanezca estable. Y debido al reducido espacio de aire que existe por encima de la solución salina dentro de la botella, no se necesita ninguna ventilación. El calibrador tiene un diseño fuerte y una construcción robusta. También tiene impresa en la cubierta de la caja una escala de temperatura y humedad para cada solución salina. Finalmente un termómetro que se coloca en medio de las botellas dentro de la caja, nos permite obtener una muy confiable calibración.



Calibrador antes de
los preparativos

FIGURA 3-18

Instrucciones de empleo

Los preparativos que deben realizarse para llevar a cabo la calibración son los siguientes:

- ✓ Remover la cubierta de la tapa metálica desatornillando los tornillos que la fijan en su posición.
- ✓ Quite los tapones de goma que tienen las tapas de las botellas.
- ✓ Enseguida se cortan los agujeros perforados de las tapas de plástico con un cuchillo.

- ✓ Para preparar la solución salina saturada siga las siguientes indicaciones:
 1. Vierta agua destilada en la botella que tenga la etiqueta de LiCl hasta el borde inferior de la línea guía de color negro (FIGURA 3-19).
 2. Añada cuidadosamente la sal de Cloruro de Litio en pequeñas cantidades hasta que la solución alcance el nivel del borde superior de la línea guía, mezclando simultáneamente esta solución la cual tenderá a elevar su temperatura un poco.
 3. Las otras soluciones como el Sulfuro de Potasio K_2SO_4 y el Cloruro de Sodio NaCl, se preparan del mismo modo. La diferencia es que cuando se está disolviendo el K_2SO_4 o el NaCl, la solución tenderá a disminuir su temperatura.

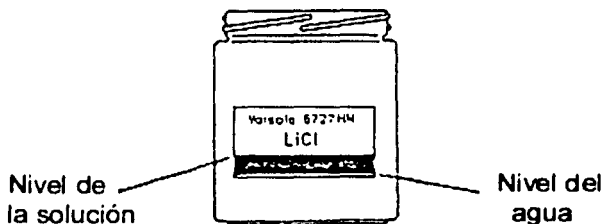


FIGURA 3-19
Botella de la solución salina

- ✓ Posicione las tapas de plástico en las botellas y coloque los tapones de hule firmemente en el orificio de calibración.
- ✓ Cierre la caja metálica apretando la cubierta con los tornillos.
- ✓ Asegúrese que el calibrador permanezca cerrado un tiempo de 24 horas, para permitir que las diferencias de temperatura se estabilicen.

Las sales permanecerán en buenas condiciones dentro de las botellas alrededor de un año.

CAPITULO IV

Diseño del sistema de calibración
para el acreditamiento y certificación
del Laboratorio de Calibración

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Ubicación de los sensores patrones dentro del Laboratorio de Calibración y su justificación

Antecedentes

Las instalaciones para ensayos ambientales se utilizan para simular un ambiente o una combinación de variables en condiciones controladas de laboratorio, en las que permanezcan estables estas variables, se dupliquen o se escalen a cualquier nivel los efectos reales. Apoyando de esta forma al personal que opera en estas instalaciones para observar los efectos del equipo y su operación bajo estas condiciones, para probar su comportamiento bajo las diferentes condiciones ambientales de operación.

La importancia de una instalación para la simulación ambiental o de variables controladas plantea las siguientes ventajas: pueden probarse varios sensores de forma simultánea y se puede lograr la reproducibilidad de las pruebas; el equipo que se probará generalmente puede observarse y analizarse durante los ensayos. De esta forma se reducen los costos del ensayo y se acorta el tiempo necesario para completar las pruebas de calibración.

El equipo ambiental instalado en el cuarto controlado (el que provee las condiciones ambientales) se utiliza, no sólo para determinar el comportamiento del equipo mecánico y eléctrico (sensores), sino también para ciertos ensayos sobre las personas. Los ensayos sobre las personas son: comprobación de adaptabilidad del equipo y de las vestiduras de protección, además del estudio de los efectos fisiológicos y psicológicos sobre el cuerpo y la mente humanas.

El ensayo ambiental se divide generalmente en dos grandes grupos: *climático y dinámico*. Entre los ensayos *climáticos* de interés primordial están los siguientes:

Ensayo de Temperatura. Incluye baños térmicos a temperaturas extremas altas y bajas; ensayos de choque, fuera de lugar, en los que la pieza se sujeta a ciclos rápidos de alta y baja temperatura y ciclos programados, en los que las piezas se sujetan a tensiones repetidas de dilatación y contracción y a la exudación.

Ensayo de humedad. Puede comprender simplemente la exposición del equipo a un nivel de humedad constante, o *cíclico*, en los que se modifican la temperatura y la humedad relativa. Este tipo de ensayo provoca la exudación y la condensación dentro de las piezas ensayadas. También puede utilizarse el subenfriamiento para llegar a un estado de helada.

Cámaras de pulverización salina. Se utilizan para estudiar la acción corrosiva de los vapores salinos sobre los componentes, generalmente en forma de ensayo a elevada humedad constante.

Cámaras de hongos. Se utilizan para estimular el desarrollo de hongos en el equipo eléctrico que se estudia, para asegurar la protección en climas tropicales.

Cámaras climáticas varias. Se incluyen las cámaras de simulación de la arena y el polvo del desierto, con movimiento de aire a alta velocidad, de la radiación solar, de nieve y de lluvia, así como las cámaras de ensayos de los dispositivos de cableado resistentes a la explosión.

Cámaras de altura y espaciales. Las cámaras de altura se han utilizado durante algún tiempo en el ensayo de equipos aeronáuticos. En los últimos años se han desarrollado cámaras espaciales para el trabajo de desarrollo de misiles, cohetes y vehículos espaciales.

Ensayo ambiental combinado. Este tipo de equipo combina dos o más de los ambientes anteriores en un sistema, con toda la complejidad que ello conlleva. La idea generalmente admitida es que este tipo de ensayo es el único medio satisfactorio de probar que una pieza de un equipo responderá bien en el servicio real.

Entre los ensayos *dinámicos o no climáticos* están las vibraciones, el choque físico, la aceleración, las tensiones mecánicas, la radiación nuclear, la cósmica, el bombardeo de micrometeoritos y muchos otros tipos de esfuerzos.

Sistemas de enfriamiento. La disminución de la temperatura en las cámaras de ensayo se consigue, tanto con sistemas frigoríficos mecánicos, como mediante el uso de refrigerantes fungibles. Ambas soluciones pueden usarse directamente o combinadas con fluidos secundarios de transmisión de calor.

Sistemas de calefacción. En las cámaras ambientales la calefacción eléctrica es la más corrientemente usada. Los calefactores de superficie normal o con extensiones, los tubulares o los de cintas son adecuados para los sistemas de circulación de aire. Este sistema es un tipo de calefacción por convección o conducción, utilizado para duplicar las condiciones en almacenamiento, en el transporte o cuando se requiere una envolvente de protección alrededor del equipo. Todos los tipos de calefactores eléctricos requieren un correcto aislamiento y una protección contra la humedad.

Componentes de la cámara

Mediante este apartado se pretenden especificar las características generales de los elementos que se pueden instalar en un cuarto controlado, según las necesidades de cada laboratorio, y se marcarán con un asterisco (*) los componentes que se consideran necesarios para las instalaciones de calibración meteorológica.

Puertas ().* Se utilizan tanto las puertas de solape como las de tipo tapón; estas últimas más frecuentemente en las cámaras de alta humedad y en las cámaras de alta temperatura, para evitar o minimizar la deformación. Deben ser robustas y de buen encaje, el sellado contra el vapor con varias juntas es importante, particularmente en las cámaras pequeñas, ya que en ellas apenas hay sistemas de desescarche. Los materiales adecuados para las juntas son la goma sintética, el caucho natural y la silicona. Unos cables calefactores de baja potencia, instalados en la unión del marco, evitan que las puertas de gran tamaño se agarroten por congelación. Son primordiales las medidas de seguridad en las cámaras frigoríficas, incluyendo unas puertas de fácil apertura desde el interior.

Ventanas. Para temperaturas entre -180 y 320 °C, se fabrican conjuntos de ventanas especiales, herméticamente selladas, con varios cristales. Son apropiadas para ensayos de humedad de amplio espectro y, si van provistas de un cristal interior de suficiente resistencia, también para los ensayos de altura. Los cristales interiores deben ser templados, de modo que los choques térmicos no causen fallos. A causa de las presiones que se desarrollan, los conjuntos sellados para muy altas temperaturas requieren un diseño cuidadoso. Para temperaturas de hasta 540 °C, se necesitan vidrios de vicor, y es difícil un sellado hermético, aunque el trabajo en esta línea sugiere que el margen posible es de -180 a 540 °C. Una ventana típica para temperaturas entre -70 a 150 °C contiene seis cristales, encerrando espacios con gas seco.

Iluminación interior ().* En la mayoría de los casos es incandescente o fluorescente con lo cual se consigue una buena iluminación, generalmente, con 60 a 110 W/m² de superficie de suelo.

Conductores de potencia tienen la capacidad de conducir corriente y tensiones de tipo alterna convencional y frecuencias especiales.

Termopares().* Se pueden utilizar en un número variado. En las cámaras con elevada humedad no deben instalarse los de hierro-constantan desnudos. Para un buen diseño, frecuentemente los termopares de todo tipo se deben ser conectados a sus adecuados conectores o bases de conexión.

Paneles de protección. Se utilizan para evitar los daños en la cámara si se produce una explosión interna o una descompresión repentina.

Escobillas. Se instalan en las ventanas para eliminar la condensación, si se necesita ver cuando se hacen ajustes de la temperatura dentro de la cámara.

Ubicación de los sensores meteorológicos patrones dentro del Laboratorio de Calibración

El lugar donde idealmente se deben instalar los sensores patrones dentro Laboratorio de Calibración del IMP, es el interior de una cámara que presente las dimensiones suficientes para alojarlos en su interior, y que cuente con los componentes necesarios para controlar las variables ambientales que afectan las calibraciones de la instrumentación meteorológica con la que se trabaja. Esta cámara debe seguir un buen concepto en cuanto a diseño atendiendo a ciertos requisitos fundamentales relativos a su desempeño, entre los que figuran la preservación de los estándares meteorológicos altos, la observación de las medidas preventivas obligatorias contra riesgos de trabajo y la disposición que promueva el movimiento más funcional y eficiente de personas e instrumentos.

Es pertinente señalar que muchos de los componentes que se mencionaron en la sección anterior de "Antecedentes" específicamente en lo referente a los "Componentes de la cámara" rebasan las características y especificaciones de los componentes que se instalarán en el cuarto controlado que está en proyecto de construcción.

Aunque esta sección nos sirve de guía cuando se requiera instalar algún otro equipo necesario para la calibración de la instrumentación meteorológica dentro de esta cámara ambiental o también al hacer alguna otra adaptación.

En esta cámara ambiental o cuarto controlado, se deberán realizar ensayos ambientales climáticos del tipo descrito en los antecedentes de este mismo capítulo, el ensayo específico que se deberá realizar es el de humedad, en donde esta variable al igual que la temperatura permanecerá siempre constante para que no se altere la trazabilidad de las calibraciones.

Actualmente las calibraciones se realizan en la mesa central de calibración donde se manipulan directamente los sensores patrones, los kits de calibración, el sistema de adquisición de datos, etc., en esta mesa se pueden observar y analizar directamente los resultados en cuanto al desempeño electromecánico de todos estos equipos.

Justificación

La elección de instalar los sensores patrones y los kits de calibración sobre la mesa central de calibración se fundamenta en la normatividad que existe para la correcta operación de un laboratorio de calibración, la cual será analizada más detalladamente en inciso tres de este mismo capítulo que lleva por título "Normatividad para la operación y competencia del Laboratorio de Calibración", la razón de emplear las normas como guía es que proporcionan un mecanismo para promover la confianza entre los laboratorios de calibración, quienes pueden demostrar que operan de acuerdo con sus requisitos de operación. La aceptación de los resultados entre países, facilita la eliminación de las barreras no arancelarias al comercio y a la prestación de servicios.

La calibración de los instrumentos meteorológicos es la piedra angular del sistema administrativo de la calidad del Laboratorio de Calibración, ya que aquí convergen todos los demás procesos, que incluyen los métodos y los procedimientos adecuados para la calibración de los diversos sensores que manejamos, y que en nuestro caso se desarrollaron completamente. Todo esto con el propósito de producir y ofrecer un producto o servicio que satisfaga plenamente las necesidades, expectativas y requerimientos de nuestros clientes que son todas las refinerías de PEMEX y las demás partes interesadas.

Se justifica plenamente la colocación provisional de los sensores sobre la mesa central de calibración hasta que no se cuente con la cámara o cuarto controlado, ya que el conjunto que forman el área de calibración, la instalación eléctrica sobre la mesa, las fuentes de iluminación y la ventilación permiten el desarrollo adecuado de las calibraciones. Las condiciones ambientales bajo las cuales se realizan actualmente las actividades de calibración, no invalidan los resultados en cuanto a la exactitud requerida en la medición y no se afectan las calibraciones, aunque no se esté trabajando dentro de una cámara o cuarto controlado. Debido a que los métodos y procedimientos de calibración con los que se calibran los diversos sensores toman en cuenta las condiciones ambientales en las que se llevan a cabo todas las calibraciones de estos instrumentos.

2. Variables ambientales controladas en las calibraciones

Son muchos los factores que influyen los efectos que provoca el medio ambiente de las habitaciones sobre las personas o los objetos que se encuentren dentro de ellas.

La calidad del medio ambiente en las habitaciones está en función de tres componentes, que son el clima, los componentes atmosféricos y la distribución del aire.

El *clima* se determina por las temperaturas registradas en los termómetros de bulbo húmedo y seco, la humedad relativa o la presión del vapor de agua y el movimiento del aire.

Las *componentes atmosféricas* incluyen a los gases y los vapores normalmente presentes en el aire, tales como el N_2 , O_2 , y el H_2O ; bioefluentes producidos por los procesos biológicos; compuestos orgánicos volátiles; partículas de materia; productos inorgánicos gaseosos de combustión, tales como NO y CO ; sustancias radioactivas que llegan al cuerpo a través de la atmósfera; pesticidas y aerosoles; partículas orgánicas e inorgánicas de sólidos y líquidos; partículas cargadas, tales como iones hidratados; y núcleos condensados de virus y bacterias.

La *distribución del aire* o el *patrón de mezcla* de la ventilación aérea es la tercera componente mayor de la calidad del aire. Aunque todos estos factores pueden tener una distribución no uniforme, el diseño del sistema y su operación debe permitir una distribución eficiente de la ventilación aérea.

Movimiento del aire

En las cámaras de ensayo se utilizan todos los tipos de ventiladores y de impulsores de aire. Generalmente se eligen ventiladores helicoidales, de flujos axiales y centrífugos. El accionamiento de los ventiladores montados en el interior debe colocarse al exterior, cuando en la corriente de aire se encuentran condiciones extremadas. Para eliminar la corrosión y minimizar la transmisión del calor, se utilizan corrientemente ejes de acero inoxidable. En casi todos los casos, es necesario un cierre contra el vapor para eliminar o minimizar la transmisión al o desde el aire ambiente. Los rodamientos interiores deben soportar toda la gama de condiciones ambientales, con una razonable esperanza de vida.

Distribución del aire

La distribución del aire dentro del espacio de trabajo del equipo de ensayo es importante, ya que produce las condiciones de un gradiente uniforme y la respuesta del sistema entre las condiciones internas y externas. Con frecuencia, unos estrictos gradientes de temperatura especificados por la velocidad y la distribución del aire complicarán el problema de control. Las densidades del aire pueden variar casi de tres a uno en las cámaras de temperaturas, y de más de cincuenta a uno en las cámaras de altura (simulación de condiciones reales). Por consiguiente, el dimensionado del motor y el control de velocidad de los ventiladores requieren una cuidadosa atención.

Generalmente, el caudal de aire debe aumentarse a temperaturas elevadas a causa de la baja densidad. La caída de presión en el circuito será aproximadamente proporcional a la densidad del aire. Por tanto, los puntos de equilibrio del sistema deben determinarse a partir de las curvas características del ventilador, para varias condiciones de funcionamiento en la cámara.

Humidificación

La *humidificación* es el proceso mediante el cual se aumentan la humedad específica y la cantidad de calor del aire.

En algunos procesos, la humedad específica se aumenta agregando agua, que se absorbe en forma de vapor.

El agua vaporizada en el aire absorbe calor del propio aire, lo cual hace descender la temperatura. Por lo tanto, para conservar o aumentar la temperatura, es necesario agregar calor de otra fuente.

Los métodos corrientes de aumentar la humedad relativa en el recinto de ensayo incluyen la introducción directa de vapor a baja presión, la vaporización de agua por calentadores eléctricos por inmersión en un vaporizador abierto, y atomizando directamente agua, sola o en combinación, con calentadores eléctricos, para ayudar a la evaporación.

Los generadores de vapor van muy bien para aumentar la humedad, así como la temperatura, ya que se introduce una cantidad considerable de calor sensible. El control del vapor puede ser modulante o todo o nada. Cuando se utilizan generadores de vapor compactos, deben incorporar un dispositivo de corte por falta de agua, válvulas de seguridad adecuadas y otros dispositivos de seguridad. El agua de aportación debe proceder de una fuente de agua desmineralizada o destilada.

Corrientemente se eligen generadores de vapor que funcionan a la presión atmosférica, cuando se desea producir unas condiciones de ensayo de 95 +/- 5 % HR, a temperaturas entre 40 y 70 °C.

Para la producción de humedades elevadas a temperaturas cercanas y por debajo del ambiente, se recomienda algún tipo de pulverización de agua debido al efecto de enfriamiento adiabático al evaporarse. Aunque los sistemas de pulverización de agua no tienen una respuesta tan rápida como los de vapor, esto no es una desventaja a bajas temperaturas, donde la relación de humedad es baja. Controlando la temperatura del agua pulverizada, pueden lograrse con un solo sistema la humidificación y la deshumidificación. Los sistemas de pulverización por recirculación deben limpiarse periódicamente, a causa de la posible contaminación por vía aérea del equipo o de las piezas de ensayo.

Deshumidificación

La *deshumidificación* es necesaria muy a menudo en procesos de aire acondicionado o en procesos industriales.

La humedad puede removerse por absorción en líquidos o en sólidos (procesos llamados de "*absorción química*") o enfriando por debajo del punto de rocío.

Las condiciones de baja humedad, con un punto de rocío controlado por encima de la congelación, se reproducen generalmente mediante el enfriamiento por refrigeración mecánica y recalentamiento eléctrico, porque la mayoría de las cámaras ambientales requieren la refrigeración mecánica para el control en el amplio margen de temperaturas secas. Para la producción y el control de unas condiciones de humedad que requieren puntos de rocío por debajo de la congelación y un funcionamiento continuo, se utilizan dobles evaporadores que desescarchan alternativamente, o deshumidificadores con agentes químicos que se regeneran de modo automático. Si un recinto es suficientemente resistente al vapor y no hay ninguna carga latente interna, puede constituir una solución aceptable un evaporador suficientemente grande para hacerse cargo de la acumulación de escarcha debida a la carga latente inicial.

Al utilizar ciertos desecantes líquidos o sólidos en las bandas de temperaturas secas muy altas o muy bajas, puede ser necesario emplear la refrigeración mecánica para pre o postenfriar. En tales sistemas, una parte del aire de la cámara se extrae continuamente mediante un ventilador auxiliar y se pasa a través del agente secador y de cualquier batería de pre o postenfriamiento que fuera necesaria.

Algunos ensayos exigen que el punto de rocío del aire tratado permanezca lo suficientemente bajo para evitar la condensación sobre el objeto del ensayo, durante las oscilaciones de la temperatura de control del termómetro seco. Esta exigencia puede ser problemática durante las rápidas extracciones de calor y puede ser necesario un deshumidificador con agentes químicos.

Sistemas de control

Tolerancias del control. Las instalaciones de ensayo ambiental requieren generalmente unas mínimas tolerancias de control en un margen más amplio que el requerido por los sistemas de climatización ordinarios. Corrientemente se especifica un control de la temperatura con ± 0.3 a 0.5 K. La tolerancia en el control de la humedad es como mucho de $\pm 5\%$, y muy frecuentemente, de $\pm 3\%$, o incluso menos. Para cumplir con estas exigencias, el sistema de control y de instrumentos debe tener una precisión incluso mejor, ya que las tolerancias en funcionamiento exceden a menudo a las tolerancias de control.

Controles de temperatura. Los sistemas de control de temperatura pueden usar como elementos sensores termopares o termistores. Los termistores deben ser especificadas, teniendo una precisión absoluta de ± 0.3 K y una sensibilidad de al menos 0.06 K. La mayoría de termistancias de buena calidad cumplen con estas exigencias.

Los sensores deben ser aptos para los márgenes de temperatura requeridos. Los registradores pueden ser del tipo de gráfico de banda o circular. Deben emplear los mismos sensores que los controladores.

Controles de humedad. La detección precisa de la humedad es muy difícil. Los materiales que varían dimensionalmente con los cambios de humedad relativa no son apropiados para un control estricto a causa de la histéresis y de la deriva. Los sistemas que utilizan electrolitos y sensores de termómetro seco y húmedo, requieren en esencia un mantenimiento continuo para asegurar la precisión. En cualquier sistema, pueden ser cuestionadas las precisiones a temperaturas extremadamente altas o por debajo del punto de congelación. Para un control razonablemente estricto (+/- 5 %), los sensores de estado sólido, del tipo de deposición por capacitancia o resistencia, son satisfactorios y tienen una respuesta rápida. Deben calibrarse regularmente.

Controles de presión. Un sistema de medición y de control de altura puede consistir en un simple manómetro para indicar la presión y una válvula con ajuste manual para controlar el nivel, o bien el sistema puede ser completamente automático, accionado por un sensor mecánico o electrónico, que actúa modulando los controles de escape para regular de modo automático el vacío. El manómetro de tubo en U muestra la presión relativa entre la presión barométrica del lugar y el vacío interno de la cámara. En las cámaras de altura se recomiendan los manómetros de vacío absoluto, para evitar la necesidad de corregir las variaciones de presión barométrica locales.

La forma más corriente de controlar automáticamente un sistema de vacío es la de purgar aire en la cámara mediante una válvula modulante. Esto lleva la bomba a la capacidad deseada, de modo que puede mantenerse un buen control con una válvula correctamente dimensionada. Con frecuencia, se necesitan dos o más válvulas para controlar la presión en la cámara en una amplia banda.

Los ordenadores como controladores. Típicamente, se utiliza el CDD (Control Digital Directo) con ordenadores. El ordenador hace simplemente las funciones de controlador de todo el sistema, los sensores están programados a cualquier tipo de secuencia funcional y temporal deseada. También puede suministrar salidas visuales y escritas del estado del sistema, en tiempo real o como historia, incluyendo una presentación con gráficos y estadísticas.

Además de los sistemas de control convencionales de temperatura, humedad y vacío, se puede tener también la necesidad de medir o controlar otras variables. Entre ellas: la concentración del ion hidrógeno (pH); la velocidad y la presión de un fluido; el polvo y la densidad del humo; mezclas explosivas de combustible y aire; niveles de ozono, oxígeno y anhídrido carbónico, y otras.

3. Normatividad para la operación y competencia del Laboratorio de Calibración

Antecedentes

La *Organización Internacional de Normalización (ISO)*, cuya sede se encuentra en Ginebra Suiza, fue creada en febrero de 1947 y a ella pertenecen más de 100 países miembros. ISO desarrolla y promueve normas de cualquier tipo, pero principalmente de carácter técnico, dirigidas a la industria manufacturera.

El trabajo de ISO se realiza a través de más de 214 Comités Técnicos (TC's). El Comité Técnico de Gestión y Aseguramiento de Calidad TC176 es responsable de desarrollar la normatividad sobre calidad.

La palabra ISO son las siglas de la organización, sino que se deriva de la palabra griega "ISOS" que significa igual, que busca expresar igualdad y uniformidad en la normalización.

El representante de México ante la ISO es la *Dirección General de Normas (DGN)* de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).

Es responsabilidad de la DGN de elaborar y mantener un Catálogo de Normas, y la Secretaría de Economía tiene la obligación de codificar las normas oficiales mexicanas (NOM's) por materias, mantener el inventario y colección de las NOM's y normas mexicanas (NMX's), así como de las normas de referencia y normas internacionales. El catálogo mexicano de normas contiene el texto completo en español de las NOM's y las NMX's vigentes en México expedidas por la Secretaría de Economía, así como el listado de las NMX's expedidas por los organismos nacionales de normalización y el texto de las normas de referencia expedidas por las entidades de la administración pública federal. Dicho catálogo clasifica las normas por dependencia, rama de actividad económica, fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación, tipo de normas y producto.

ISO 9000 es una serie o familia de Normas sobre Aseguramiento de Calidad que fueron originalmente publicadas en el año de 1987, con reediciones corregidas y aumentadas en 1992, 1994 y la más reciente en el año 2000. La revisión de 1994 fue relativamente menor, y se enfocó a eliminar las inconsistencias internas. Sin embargo, las revisiones del año 2000 representan un cambio sustancial de las normas para tomar en cuenta el desarrollo en el campo de la calidad y la considerable experiencia que existen actualmente sobre implementar ISO 9000.

La Norma ISO comprende una serie creciente de regulaciones orientadas a satisfacer al cliente y fortalecer a la organización.

Conscientes de la importancia de mantenerse permanentemente actualizados y comprometidos con la mejora continua, ISO ha establecido como política que las normas sobre calidad deben ser actualizadas cada 5 ó 6 años.

El propósito es asegurar que las normas tomen en cuenta los desarrollos tecnológicos y de mercado, y que sean representativas del estado de la ciencia y de la técnica.

Los cambios principales que se generaron en la revisión del año 2000 a las normas ISO 9000 son:

- ✓ El número de normas en la familia ISO 9000 se redujo, simplificando su selección y uso.
La "serie principal" está conformada por cuatro normas, diseñadas para ser usadas como un paquete integral para obtener los máximos beneficios:
- ✓ ISO 9000, Sistemas de gestión de la calidad - fundamentos y vocabulario.
- ✓ ISO 9001, Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos (En adelante la única norma certificable de la serie)
- ✓ ISO 9004, Sistemas de gestión de la calidad - Directrices para la mejora del desempeño.
- ✓ ISO 19011, Directrices sobre la Auditoría de Sistemas de Gestión de la Calidad y Ambientales (publicación programada para 2002).

De estas normas la que emplearemos en el Laboratorio de Calibración es la norma *ISO 9001*, la cual especifica los requisitos para el sistema de gestión de la calidad que puede utilizarse para la aplicación interna en la organización que en nuestro caso es el Instituto Mexicano del Petróleo, para lograr la certificación del mencionado laboratorio. Esta norma se centra en la eficacia del sistema de gestión de la calidad para dar cumplimiento a los requisitos del cliente, que en nuestro caso es principalmente las plantas o sistemas de PEMEX.

De ahora en adelante esta es la única norma de la serie en que una organización puede certificarse. La estructura y conceptos de la norma ISO 9001:2000 han evolucionado considerablemente en comparación con las versiones de 1994. Los requisitos que contiene la norma ISO 9001 se pueden observar en la FIGURA 4-2 que aparece en la siguiente página.

Normatividad

El Laboratorio de Calibración, proporciona servicios técnicos de medición y calibración con trazabilidad a los patrones internacionales aprobados por la Secretaría de Economía. El Laboratorio de Calibración garantiza dentro de su estructura administrativa y funcional que opera con integridad, imparcialidad, confidencialidad y competencia técnica, material y humana.

Para garantizar su operación el laboratorio se basa en las normas NMX-EC-025-IMNC-2000 de nombre "Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas (ensayos)", y en la NMX-EC-17025-IMNC-2000 de nombre "Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas, elaboradas por el Comité Técnico Nacional de Normalización de Sistemas de Calidad, COTENNSISCAL, en el seno del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.

Secciones de la Norma 9001:2000

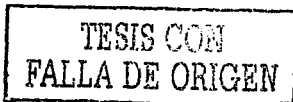
Sección	Título	Contenido
0	Introducción	0.1 Generalidades 0.2 Orientación a procesos 0.3 Relación con ISO 9004 0.4 Compatibilidad con otros sistemas
1	Alcance	1.1 Generalidades 1.2 Aplicaciones
2	Referencia Normativa	
3	Términos y Definiciones	
4	Sistema de Administración de la Calidad	4.1 Requisitos generales. 4.2 Requisitos de la documentación
5	Responsabilidad de la Dirección	5.1 Compromiso de la dirección. 5.2 Enfoque al cliente 5.3 Política de la calidad 5.4 Planeación. 5.5 Responsabilidad, autoridad y comunicación. 5.6 Revisión por la dirección.
6	Administración de los Recursos	6.1 Suministro de recursos. 6.2 Recursos humanos 6.3 Infraestructura 6.4 Ambiente de trabajo.
7	Realización del Producto	7.1 Planeación de la elaboración del producto. 7.2 Procesos relacionados con el cliente. 7.3 Diseño y desarrollo. 7.4 Adquisiciones. 7.5 Suministro para la producción y el servicio 7.6 Control de instrumentos de monitoreo y medición
8	Medición, Análisis y Mejora	8.1 Generalidades 8.2 Monitoreo y medición 8.3 Control de producto no conforme 8.4 Análisis de los datos 8.5 Mejora

FIGURA 4-2

La razón de emplearlas como guía es que proporcionan un mecanismo para promover la confianza en los laboratorios de calibración y pruebas, quienes pueden demostrar que operan de acuerdo con sus requisitos. La aceptación de los resultados entre países, facilita la eliminación de las barreras no arancelarias al comercio.

El uso de estas normas facilita la cooperación entre los laboratorios y otros organismos, para auxiliar en el intercambio de información y experiencia, y en la armonización de las normas y procedimientos.

Con la norma NMX-EC-025-IMNC-2000 y la NMX-EC-17025-IMNC-2000 se establecen los requisitos generales de acuerdo con los cuales un laboratorio tiene que demostrar que opera, si se reconoce como competente para llevar a cabo calibraciones o pruebas específicas. Están contenidos en estas mismas normas los requisitos e información adicionales que tienen que manifestarse para evaluar la competencia o para determinar el cumplimiento con otros criterios especificados por quien otorga el reconocimiento.



A continuación describo en forma general algunos requisitos técnicos y uno administrativo de estas normas con los cuales se ha trabajado directamente. Los requisitos completos se encuentran detallados en las normas.

El requisito técnico de esta norma sobre el *personal*, menciona que el laboratorio debe contar con personal suficiente, que tenga la educación, capacitación, conocimiento técnico y la experiencia necesarias para desempeñar las funciones asignadas. Asegurando que la capacitación esté actualizada y manteniendo un registro de las calificaciones, capacitación, habilidades y experiencia relevantes del personal técnico.

Un requisito técnico relativo a las *instalaciones y condiciones ambientales*, menciona que las áreas de calibración y prueba, las fuentes de energía, de iluminación, del control de temperatura y de ventilación deben ser tales que permitan el desarrollo adecuado de las calibraciones o pruebas.

Las condiciones ambientales bajo las cuales se realicen las actividades, no deben invalidar los resultados o afectar adversamente la exactitud requerida de la medición, teniendo cuidado que dentro de las instalaciones factores como el polvo, interferencia electromagnética, humedad, temperatura, niveles de ruido y vibración, no afecten las calibraciones. Se señala también que debe existir una separación efectiva entre áreas colindantes cuando las actividades sean incompatibles, que en nuestro caso no se aplica este aspecto. Además de que el acceso y uso de todas las áreas que la calidad de estas actividades deben estar definidas y controladas, asegurando siempre la limpieza y el orden dentro del laboratorio.

Otro requisito técnico importante como lo es la *trazabilidad de la medición y la calibración*, establece que todo el equipo de medición y pruebas que tenga efecto sobre la exactitud o validez de las calibraciones o pruebas, debe estar calibrado y verificado antes de ponerse en servicio. Y que el laboratorio debe tener un programa establecido para la calibración y verificación de sus propios equipos de medición y pruebas, para asegurar que las mediciones sean trazables a patrones nacionales cuando éstos estén disponibles. Los certificados de calibración deben indicar la trazabilidad a los patrones, proporcionando los resultados de la medición y la incertidumbre de medición asociada. Señala también que los patrones de referencia de medición, deben utilizarse solamente para la calibración y no para otros propósitos.

En cuanto a los *métodos de calibración y pruebas* el requisito técnico señala que el laboratorio debe tener instrucciones documentadas para el uso y operación de todo el equipo relevante, para el manejo y la preparación de los elementos y para la calibración y pruebas. Todas las instrucciones, las normas, los manuales y los datos de referencia relevantes para el trabajo del laboratorio, deben estar actualizados y deben ser fácilmente disponibles para el personal. El requisito señala también que el laboratorio debe utilizar métodos y procedimientos adecuados para todas las calibraciones y pruebas, los que en nuestro caso ya se desarrollaron y se pueden consultar en el anexo A de esta tesis.

Debiendo ser consistentes con la exactitud requerida, y con las especificaciones de cualquier norma relevante a las calibraciones o pruebas concernientes (ver las recomendaciones de esta tesis). Actualmente los procedimientos del laboratorio emplean métodos que no han sido identificados aún como norma, pero están sujetos a un acuerdo con el cliente y están totalmente documentados y validados además de estar totalmente a su disposición, tal como lo indica este requisito.

Otro requisito técnico relativo al *manejo de los elementos para calibración y prueba*, dictamina que el laboratorio debe contar con un sistema documentado para la identificación única de los elementos a ser calibrados o probados, para asegurar que no pueda haber confusión en cuanto a la identidad de tales elementos en ningún momento. El laboratorio cuenta con este sistema aunque es necesario que se actualice y renueve, tomando en cuenta las sugerencias que aporte el personal involucrado directamente. Este sistema incluye los documentos e instalaciones adecuadas para evitar el deterioro o daño de los elementos para la calibración. Así como los documentos para la recepción, retención o disposición segura de los elementos para la calibración o la prueba, que incluyen todas las provisiones necesarias para proteger la integridad del laboratorio.

El último requisito técnico que se mencionará aquí es lo relativo a los *certificados e informes*, establece que los resultados de cada calibración llevada a cabo por el laboratorio, debe estar en forma exacta, clara sin ambigüedad y de forma objetiva, de acuerdo con cualquier instrucción de los métodos de calibración o pruebas. Los resultados normalmente se presentarán en un certificado de calibración, que incluirá toda la información necesaria para la interpretación de los resultados de la calibración y toda la información requerida por el método utilizado, poniendo atención en la estructuración del certificado respecto a la presentación de los datos y a su facilidad de asimilación por el lector.

El requisito administrativo que hace referencia a los *registros*, establece que el laboratorio debe mantener un sistema de registros adecuado a sus circunstancias particulares y cumplir con cualquier regulación aplicable. Debiendo retener el registro de todas las observaciones originales, cálculos y datos derivados, los registros de calibración, del certificado de prueba durante un período apropiado. Los registros deben incluir la identidad del personal involucrado en la calibración. En cuanto al cumplimiento de este requisito no existe ningún problema, ya que el Laboratorio de Calibración tiene una buena organización de sus registros.

4. Puesta en marcha del sistema de calibración en el Laboratorio de Calibración

4.1. Realización de pruebas dentro del laboratorio

Para verificar que todo el sistema de calibración cubriera el objetivo planteado desde el inicio de la tesis y que tanto el personal, las instalaciones, los instrumentos y los procedimientos de calibración, cumplieran plenamente su función, se optó por realizar dentro del laboratorio, la calibración a los sensores de velocidad y dirección de viento, humedad, temperatura y presión barométrica pertenecientes a la estación meteorológica de superficie que se encuentran instalados actualmente en la refinería "Héctor Lara Sosa" de Cadereyta N.L. en donde se arrojaron resultados en el formato respectivo que se muestra a continuación, los cuales muestran la confiabilidad de los procedimientos que se tienen para la calibración de los sensores antes señalados:



INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

INFORME DE CALIBRACIÓN

SOLICITADO POR:	LÍDER DE PROYECTO F.08833
-----------------	---------------------------

INSTRUMENTO BAJO CALIBRACIÓN:	SENSOR DE VELOCIDAD DE VIENTO		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	0 - 100 MPH
MODELO:	013A	PRECISIÓN:	0.25 MPH
NO. SERIE	N 1513	FECHA DE CALIBRACIÓN:	09 / 10 / 2000
		FECHA DE VENCIMIENTO:	09 / 10 / 2001

PATRÓN DE REFERENCIA:	SENSOR DE VELOCIDAD DE VIENTO		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	0 - 100 MPH
MODELO:	014A	PRECISIÓN:	0.25 MPH
NO. SERIE:	W 3110	FECHA DE CALIBRACIÓN:	En Trámite

PERSONA QUE REALIZA LA CALIBRACIÓN:	JESUS ORTÍZ LEÓN, JONATHAN ALMEIDA GARCÍA
-------------------------------------	---

CONDICIONES AMBIENTALES					
TEMPERATURA:	24 °C	HUMEDAD RELATIVA:	54 %	PRESION BAROMÉTRICA:	586.3 mmHg

PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN

CALIBRACIÓN DE ANEMOMETROS POR EL METODO DE COMPARACIÓN

CALIBRÓ: JESUS ORTÍZ LEÓN

AUTORIZÓ: ING. ROBERTO CORTES BUENOSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 1 DE 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGINAL



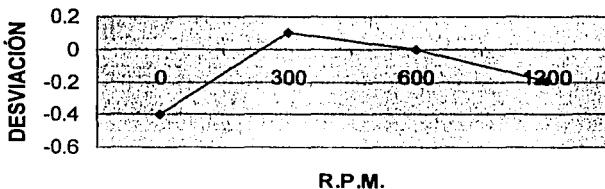
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

REPORTE DE CALIBRACIÓN

GRAFICA DE VELOCIDAD DE VIENTO (DESVIACIÓN Vs R.P.M.).

VELOCIDAD DE VIENTO



LECTURA	TIEMPO	LECTURA DEL INSTRUMENTO	LECTURA DEL PATRON	DESVIACIÓN
0 r.p.m.	13:10	0.4 r.p.m.	0 r.p.m.	-0.4
300 r.p.m.	13:15	8.4 r.p.m.	8.5 r.p.m.	0.1
600 r.p.m.	13:20	16.5 r.p.m.	16.5 r.p.m.	0.0
1200 r.p.m.	13:25	32.6 r.p.m.	32.4 r.p.m.	-0.2

OBSERVACIONES:

- ✓ El Anemómetro de Velocidad de Viento no se había instalado previamente a su calibración.
- ✓ El instrumento se encuentra dentro del porcentaje permisible de desviación que es del 5%.
- ✓ Dicho instrumento se encuentra en óptimas condiciones y dentro de especificaciones.
- ✓ Se recomienda considerar la desviación para hacer las correcciones en las mediciones.
- ✓ Se anexa copia del certificado del sensor patrón (la actualización de éste certificado está en trámite).

CALIBRÓ:

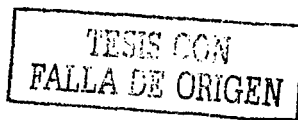
JESUS ORTIZ LEÓN

AUTORIZÓ:

ING. ROBERTO CORTES BUENROSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 2 DE 2





INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

INFORME DE CALIBRACIÓN

SOLICITADO POR:	LÍDER DE PROYECTO F.08833
-----------------	---------------------------

INSTRUMENTO BAJO CALIBRACION:	SENSOR DE DIRECCIÓN DE VIENTO		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	0 - 360 °
MODELO:	023	PRECISIÓN (PROMEDIO):	+/- 5°
NO. SERIE	N 4007	FECHA DE CALIBRACIÓN:	10 / 10 / 2000
		FECHA DE VENCIMIENTO:	10 / 10 / 2001

PATRÓN DE REFERENCIA:	SENSOR DE DIRECCIÓN DE VIENTO		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	0 - 360 °
MODELO:	024 A	PRECISIÓN (PROMEDIO):	+/- 5°
NO. SERIE:	U 4650	FECHA DE CALIBRACIÓN:	En Trámite

PERSONA QUE REALIZA LA CALIBRACIÓN:	JESUS ORTÍZ LEÓN, JONATHAN ALMEIDA GARCÍA
-------------------------------------	---

CONDICIONES AMBIENTALES					
TEMPERATURA:	24 °C	HUMEDAD RELATIVA:	54 %	PRESIÓN BAROMÉTRICA:	586.3 mmHg

PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN

CALIBRACIÓN DE ANEMOMETROS POR EL METODO DE COMPARACIÓN

CALIBRÓ:

JESUS ORTÍZ LEÓN

AUTORIZÓ:

ING. ROBERTO CORTES BUENOSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 1 DE 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



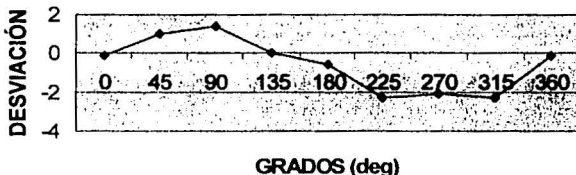
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

REPORTE DE CALIBRACIÓN

GRAFICA DE DIRECCIÓN DE VIENTO (DESVIACIÓN Vs GRADOS).

DIRECCIÓN DE VIENTO



LECTURA	TIEMPO	LECTURA DEL INSTRUMENTO	LECTURA DEL PATRON	DESVIACIÓN
0°	15:55	0.12	0.00	-0.1
45°	16:10	43.94	44.90	1.0
90°	16:30	88.49	89.90	1.4
135°	16:40	134.73	134.70	0.0
180°	17:00	180.61	180.00	-0.6
225°	17:10	227.21	224.90	-2.3
270°	17:20	271.88	269.80	-2.1
315°	17:30	317.27	315.00	-2.3
360°	17:40	0.12	0.00	-0.1

OBSERVACIONES:

- Y El Anemómetro de Dirección de Viento no se había instalado previamente a su calibración.
- Y El instrumento se encuentra dentro del porcentaje permisible de desviación que es del 5%.
- Y Dicho instrumento se encuentra en óptimas condiciones y dentro de especificaciones.
- Y Se recomienda considerar la desviación para hacer las correcciones en las mediciones.
- Y Se anexa copia del certificado del sensor patrón (la actualización de éste certificado está en trámite).

CALIBRÓ:

JESUS ORTIZ LEÓN

AUTORIZÓ:

ING. ROBERTO CORTES BUENROSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 2 DE 2

TEXOS C-103
FALLA DE ORIGEN



INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

INFORME DE CALIBRACIÓN

SOLICITADO POR:	LÍDER DE PROYECTO F.08833
------------------------	---------------------------

INSTRUMENTO CALIBRADO:	SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	0 - 100 % RH
MODELO:	083 C - 1	PRECISIÓN:	Mejor del +/-3% entre 20% y 85%
NO. SERIE:	N 6240	FECHA DE CALIBRACIÓN:	11 / 10 / 2000
		FECHA DE VENCIMIENTO:	11 / 10 / 2001

PATRÓN DE REFERENCIA:	SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	0 - 100 % RH
MODELO:	083 C - 1 - 35	PRECISIÓN:	Mejor del +/-3% entre 20% y 85%
NO. SERIE:	U 5045	FECHA DE CALIBRACIÓN:	En Trámite.

CALIBRADO POR:	JESUS ORTÍZ LEÓN, JONATHAN ALMEIDA GARCÍA
-----------------------	---

CONDICIONES AMBIENTALES			
TEMPERATURA:	24 °C	PRESIÓN BAROMÉTRICA:	586.3 mmHg

PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN

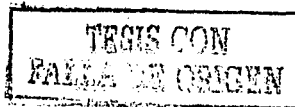
CALIBRACIÓN DE HIGROMETROS POR EL METODO DE COMPARACIÓN DIRECTA.

CALIBRÓ: JESUS ORTÍZ LEÓN

AUTORIZÓ: ING. ROBERTO CORTES BUENOSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 1 DE 2



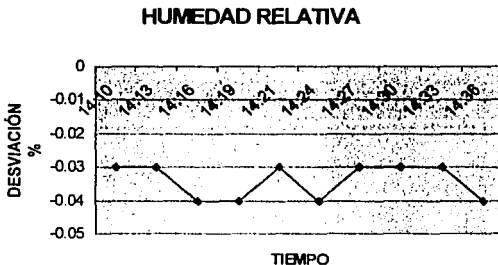


INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

REPORTE DE CALIBRACIÓN

GRAFICA DE HUMEDAD RELATIVA (DESVIACIÓN Vs TIEMPO).



LECTURA	TIEMPO	LECTURA DEL PATRON	LECTURA DEL INSTRUMENTO	DESVIACIÓN
1	14:10	54.02%	57.48%	-0.03
2	14:13	54.08%	57.42%	-0.03
3	14:16	53.83%	57.42%	-0.04
4	14:19	53.63%	57.35%	-0.04
5	14:21	54.02%	57.28%	-0.03
6	14:24	53.65%	57.22%	-0.04
7	14:27	53.65%	56.95%	-0.03
8	14:30	53.83%	56.95%	-0.03
9	14:33	53.34%	56.68%	-0.03
10	14:36	53.10%	56.68%	-0.04
PROMEDIO		53.72%	57.14%	-0.03

OBSERVACIONES:

- > El Higrómetro no se había instalado previamente a su calibración.
- > El instrumento se encuentra dentro del porcentaje permisible de desviación que es del 5%.
- > Dicho instrumento se encuentra en óptimas condiciones y dentro de especificaciones.
- > Se recomienda considerar la desviación para hacer las correcciones en las mediciones.
- > Se anexa copia del certificado del sensor patrón (la actualización de éste certificado está en trámite).

CALIBRÓ:

JESUS ORTÍZ LEÓN

AUTORIZÓ:

ING. ROBERTO CORTES BUENROSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 2 DE 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE
GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

INFORME DE CALIBRACIÓN

SOLICITADO POR:	LÍDER DE PROYECTO F.08833
------------------------	---------------------------

INSTRUMENTO CALIBRADO:	SENSOR DE TEMPERATURA		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	-40 °F a 175 °F
MODELO:	083 C - 1	COEFICIENTE DE TEMPERATURA:	+/- 0.07% por 1°C
NO. SERIE:	N 6240	FECHA DE CALIBRACIÓN:	11 / 10 / 2000
		FECHA DE VENCIMIENTO:	11 / 10 / 2001

PATRÓN DE REFERENCIA:	SENSOR DE TEMPERATURA		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	-40 °F a 175 °F.
MODELO:	083 C - 1 - 35	COEFICIENTE DE TEMP:	+/- 0.07% por 1°C
NO. SERIE	U 5045	FECHA DE CALIBRACIÓN:	En Trámite. -

CALIBRADO POR:	JESUS ORTÍZ LEÓN, JONATHAN ALMEIDA GARCÍA
-----------------------	---

CONDICIONES AMBIENTALES			
HUMEDAD RELATIVA:	54 %	PRESIÓN BAROMÉTRICA:	586.4 mmHg

PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN

CALIBRACIÓN DE TERMOMETROS POR EL METODO DE COMPARACIÓN

CALIBRÓ: JESUS ORTÍZ LEÓN

AUTORIZÓ: ING. ROBERTO CORTES BUENROSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 1 DE 2

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

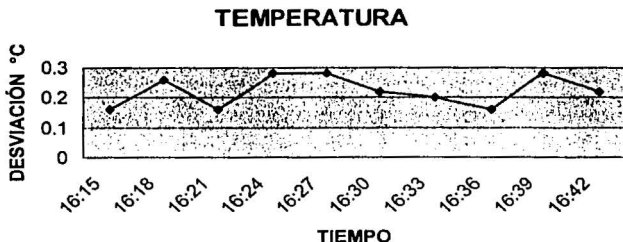


INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

REPORTE DE CALIBRACIÓN

GRAFICA DE TEMPERATURA (DESVIACIÓN VS TIEMPO).



LECTURA	TIEMPO	LECTURA DEL PATRON	LECTURA DEL INSTRUMENTO	DESVIACIÓN
1	16:15	24.43	24.27	0.16
2	16:18	24.47	24.21	0.26
3	16:21	24.43	24.27	0.16
4	16:24	24.49	24.21	0.28
5	16:27	24.49	24.21	0.28
6	16:30	24.49	24.27	0.22
7	16:33	24.47	24.27	0.20
8	16:36	24.43	24.27	0.16
9	16:39	24.49	24.21	0.28
10	16:42	24.43	24.21	0.22
PROMEDIO		24.46	24.24	0.22

OBSERVACIONES:

- > El Termómetro no se había instalado previamente a su calibración.
- > El instrumento se encuentra dentro del porcentaje permisible de desviación que es del 5%.
- > Dicho instrumento se encuentra en óptimas condiciones y dentro de especificaciones.
- > Se recomienda considerar la desviación para hacer las correcciones en las mediciones.
- > Se anexa copia del certificado del sensor patrón (la actualización de éste certificado está en trámite).

CALIBRÓ:

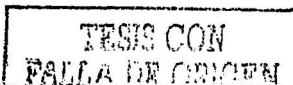
JESUS ORTÍZ LEÓN

AUTORIZÓ:

ING. ROBERTO CORTÉS BUENROSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 2 DE 2





INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

INFORME DE CALIBRACIÓN

SOLICITADO POR:	LÍDER DE PROYECTO F.08833
------------------------	---------------------------

INSTRUMENTO BAJO CALIBRACIÓN:	SENSOR DE PRESIÓN BAROMÉTRICA		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	660.4 – 812.8 mmHg
MODELO:	091	RESOLUCIÓN:	INFINITA
NO. SERIE	N 6553	FECHA DE CALIBRACIÓN:	12 / 10 / 2000
		FECHA DE VENCIMIENTO:	12 / 10 / 2001

PATRÓN DE REFERENCIA:	SENSOR DE PRESIÓN BAROMÉTRICA		
MARCA:	MET ONE	INTERVALO DE MEDICIÓN:	660.4 – 812.8 mmHg
MODELO:	090 D	RESOLUCIÓN:	INFINITA
NO. SERIE:	U 4776	FECHA DE CALIBRACIÓN:	En Trámite

PERSONA QUE REALIZA LA CALIBRACIÓN:	JESUS ORTÍZ LEÓN, JONATHAN ALMEIDA GARCÍA
--	---

CONDICIONES AMBIENTALES			
TEMPERATURA:	24 °C	HUMEDAD RELATIVA:	54 %

PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN

CALIBRACIÓN DE BAROMETROS POR EL METODO DE COMPARACIÓN

CALIBRÓ:

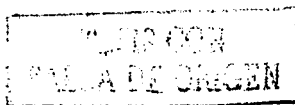
JESUS ORTÍZ LEÓN

AUTORIZÓ:

ING. ROBERTO CORTES BUENOSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 1 DE 2



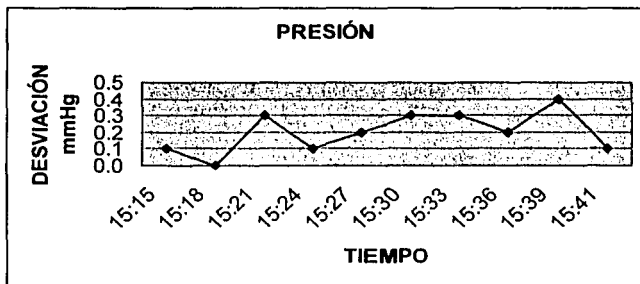


INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

DIRECCIÓN EJECUTIVA DEL MEDIO AMBIENTE GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

REPORTE DE CALIBRACIÓN

GRAFICA DE PRESIÓN (DESVIACIÓN VS TIEMPO).



LECTURA	TIEMPO	LECTURA DEL INSTRUMENTO	LECTURA DEL PATRON	DESVIACIÓN
1	15:15	586.3 mmHg	586.2 mmHg	0.1
2	15:18	586.3 mmHg	586.3 mmHg	0.0
3	15:21	586.3 mmHg	586 mmHg	0.3
4	15:24	586.3 mmHg	586.2 mmHg	0.1
5	15:27	586.2 mmHg	586 mmHg	0.2
6	15:30	586.2 mmHg	585.9 mmHg	0.3
7	15:33	586.1 mmHg	585.8 mmHg	0.3
8	15:36	586.1 mmHg	585.9 mmHg	0.2
9	15:39	586.1 mmHg	585.7 mmHg	0.4
10	15:41	586.1 mmHg	586.2 mmHg	0.1
PROMEDIO		586.2 mmHg	586.02 mmHg	0.2

OBSERVACIONES:

- > El Barómetro no se había instalado previamente a su calibración.
- > El instrumento se encuentra dentro del porcentaje permisible de desviación que es del 5%.
- > Dicho instrumento se encuentra en óptimas condiciones y dentro de especificaciones.
- > Se recomienda considerar la desviación para hacer las correcciones en las mediciones.
- > Se anexa copia del certificado del sensor patrón (la actualización de éste certificado está en trámite).

CALIBRÓ:

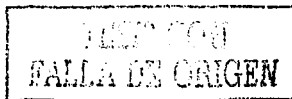
JESUS ORTIZ LEÓN

AUTORIZÓ:

ING. ROBERTO CORTES BUENROSTRO

ING. JONATHAN ALMEIDA GARCÍA

HOJA 2 DE 2



4.2. Capacitación al personal del laboratorio

La finalidad de la capacitación al personal que calibra los sensores de las estaciones meteorológicas marca Met One Inc., o similares es familiarizarlo con los conceptos generales de la instrumentación y los procedimientos de calibración que se utilizan, conociendo al mismo tiempo el tipo de estación meteorológica de superficie que se tiene en el Laboratorio de Calibración e identificando todos los componentes que la conforman. Otra finalidad de la capacitación es que el personal maneje de forma práctica el sistema de adquisición de datos (datalogger) y el software de operación de la estación meteorológica Micro Met Plus, teniendo en cuenta las condiciones que se deben satisfacer para la correcta instalación y el manejo de todos los componentes de la estación meteorológica. Aprendiendo también los beneficios que le aportará a las instalaciones de PEMEX el contar con una estación meteorológica como ésta, la cual le servirá de apoyo en los sistemas de seguridad ambiental y en algunos procesos que maneja. Todo esto servirá también para obtener información meteorológica de calidad del entorno de las instalaciones de PEMEX evitando en lo posible generar algún daño en el equipo meteorológico debido a un mal manejo por parte del personal.

La capacitación del personal del Laboratorio de Calibración se realiza a través de un curso de nombre "Introducción al manejo de una estación meteorológica semiautomática de superficie Marca Met One Inc.", el cual también ha servido para la capacitación del personal técnico de diversas refinerías que opera actualmente estaciones meteorológicas de superficie similares a la que se encuentra en el laboratorio.

El curso completo de capacitación se encuentra descrito en el Apéndice B de esta tesis, cuando se requiera su consulta.

CAPITULO

V

Conclusiones y recomendaciones

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conclusiones

El sol con la energía que nos envía mantiene la vida sobre el planeta. Su energía determina los distintos fenómenos o accidentes meteorológicos que se desarrollan como procesos naturales imprescindibles para el mantenimiento de la vida, él es quien mantiene todos los ciclos vitales y quien nos da la luz y el calor. Sin el sol no existirían las fuentes de energía que utilizamos, como son el gas, el petróleo, el carbón, la madera, los saltos de agua, el viento las corrientes marinas, etc. Es por esto que la Tierra se considera como un sistema dinámico y debido a que nosotros habitamos en ella y vivimos sumergidos en la atmósfera muchas veces no notamos la influencia que ésta tiene en nuestra vida y en todas nuestras actividades, por ejemplo la mayoría de nosotros con un tiempo soleado nos sentimos reanimados, mientras que si está nublado realizamos actividades un tanto más pasivas. También notamos esto en la distribución de horas de trabajo escolar o laboral, así como las vacaciones, o las posibilidades de practicar diversos deportes según la estación del año, y este efecto del tiempo es también muy evidente en todo lo que respecta a la industria.

En este trabajo de tesis se logran explicar en forma general los fenómenos meteorológicos, tales como: temperatura, presión atmosférica, viento y humedad, por lo que de forma progresiva logramos relacionarlos con nuestro medio ambiente, así como también se logró tener un panorama general en cuanto a los tipos de instrumentos, escalas, técnicas de medición de las variables, que existen para la medición y registro de las diferentes variables meteorológicas.

Como se menciona en el primer capítulo es de suma importancia instalar y exponer adecuadamente los instrumentos meteorológicos de las estaciones de superficie ya que nosotros como observadores solo empleamos poco esfuerzo, para obtener la adecuada medida de determinados elementos meteorológicos y consecuentemente observaciones útiles, atendiendo para esto todas las recomendaciones y sugerencias en cuanto al tamaño del área circundante a la estación que deberá estar fuera de la influencia de obstáculos artificiales o naturales que afecten las mediciones, las cuales se establecen en este capítulo. Aunque en ocasiones no es posible del todo cumplir cabalmente estas disposiciones, ya que se presentan problemas de tipo técnico como la extensión de los cables que conectan los sensores con el sistema de adquisición de datos, o la presencia de instalaciones ajenas a la estación meteorológica ubicadas cerca de esta, que aunque no limitan del todo su instalación pueden influenciar las mediciones, por lo que hay que tener en cuenta estos factores cuando los datos sean analizados. En dado caso que se requiera una consulta más especializada sobre este tema, se puede revisar la información que contiene la *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos* de la Organización Meteorológica Mundial, la cual señala algunos aspectos más específicos que se deben considerar en la instalación de cada instrumento en particular.

Con relación al funcionamiento de los diversos sensores que se describen en esta Tesis, se concluye que existen diversos métodos para verificar la operación y por consiguiente la calibración de los instrumentos que conforman la estación meteorológica, dependiendo directamente del tipo de dispositivo electrónico con el que funcionen por lo que la señal de pulso de salida puede ser convertida en un voltaje análogo estandarizado o en una corriente de salida, empleando para ello transductores electrónicos. Por ejemplo, la verificación de la señal de salida del sensor de velocidad de viento puede hacerse mediante un osciloscopio o un amperímetro, la señal del sensor de presión barométrica o del sensor de humedad relativa mediante un voltímetro, la señal del sensor de dirección de viento con un ohmetro, o también el sistema de adquisición de datos propio de la estación. Una ventaja es que estos pulsos de salida que generan los sensores pueden emplearse en aplicaciones que involucren sistemas de medición digitales (displays) o analógicos (graficadores).

Es importante que cuando se realice la compra de algún instrumento se verifique que la construcción del sensor cubra las necesidades requeridas en cuanto a precisión, confiabilidad y durabilidad. Buscando siempre que sea posible que se empleen en su construcción materiales muy resistentes a la corrosión, como es el caso del acero inoxidable o el aluminio anodizado. En el caso de los sensores marca Met One Inc. con los que contamos, se cubren totalmente estas características. También en relación con las especificaciones de cada uno de los sensores es muy importante revisar principalmente que el valor de la variable que se quiere medir en cada sitio donde se instale la instrumentación se encuentre cerca del valor medio del rango de operación del instrumento, porque actualmente algunos sensores como es el de presión barométrica, se encuentran muy cercanos a los límites del rango de operación, lo cual puede afectar la precisión de las mediciones. La correcta conexión de los sensores según el diagrama correspondiente es muy importante ya que si se llegaran a conectar de forma errónea los cables se dañaría invariablemente el sensor. Esto es particularmente importante cuando se emplean extensiones para la conexión de los sensores en el sistema de adquisición de datos.

En relación con el mantenimiento tanto preventivo como correctivo que se debe considerar para los sensores es importante que se respeten los periodos que el fabricante indica, los cuales por lo general son de 6 a 12 meses, aunque esto en realidad no se lleve a cabo debido a la dificultad que existe en la continuidad de los proyectos de servicio que se le brindan a PEMEX. El manejo y la operación de los kits de calibración es factor importante para asegurar una buena verificación de la operación de los instrumentos así como su correcta calibración, por lo que sugiero se lea detenidamente todo lo referente a los kits de calibración en el capítulo III.3 de esta tesis cuando se requiera calibrar un instrumento.

Las condiciones ambientales bajo las cuales se realizan las actividades de calibración a la instrumentación meteorológica tienen garantía de trazabilidad respecto a los sensores patrones y se respaldan con un certificado de calibración que se encuentra en el Laboratorio de Calibración.

Se tiene la garantía que el Laboratorio de Calibración dentro de su estructura administrativa y funcional opera con gran competencia técnica, material y humana, debido a que los procedimientos de calibración que fueron actualizados durante el desarrollo de este trabajo de tesis, se apegaron a las normas ISO 9001:2000 y específicamente a la norma "Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de calibración" que fue desarrollada por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., lo cual es un requisito para lograr la certificación de nuestro laboratorio ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). En relación con la capacitación del personal que maneja la estación meteorológica de superficie, sugiero que se revise y actualice continuamente el curso con las pequeñas aportaciones que surjan de la operación del equipo.

En lo referente a las actividades operacionales del laboratorio reconozco la necesidad de buscar una mejor vinculación con instituciones externas tales como la Dirección Nacional de Normas, la Universidad Nacional Autónoma de México particularmente con el Centro de Ciencias de la Atmósfera y el Servicio Meteorológico Nacional, para que a través de las experiencias científicas de laboratorio y de aplicación que se compartan, se logre mejorar la condición operacional de los instrumentos meteorológicos y las técnicas de calibración que actualmente se emplean además de tener una buena referencia de los valores de las variables meteorológicas de los lugares donde se encuentran las refinerías y así en caso de ser necesario, tener una confiable fuente de comparación. Y se reconoce como responsabilidad del laboratorio verificar la coherencia espacial y temporal de las observaciones meteorológicas con la respectiva exactitud, ya que por lo general, un instrumento meteorológico no mantiene su calibración en forma permanente porque tiende a cambiar con el tiempo.

Este trabajo integra una gran variedad de información que había sido desarrollada en forma aislada dentro de nuestro laboratorio, la ventaja es que cada tema puede ser estudiado y analizado por separado si es necesario. Asimismo este documento sienta las bases para el desarrollo de estudios y proyectos posteriores que contribuyan a mejorar las condiciones de operación de los diversos instrumentos meteorológicos que son manipulados.

Como conclusión general sobre esta tesis afirmo que se lograron ordenar las calibraciones de la instrumentación meteorológica realizadas dentro del Laboratorio de Calibración adscrito a la Dirección Ejecutiva de Proceso y Medio Ambiente del Instituto Mexicano del Petróleo. Debido a que se desarrollaron y actualizaron satisfactoriamente los procedimientos de calibración específicos para cada uno de los sensores de las estaciones meteorológicas semiautomáticas de superficie que se manejan, empleando el equipo de calibración que se encuentra actualmente en el laboratorio; teniendo en cuenta que si en un futuro próximo se renueva este equipo o se adquieren nuevos componentes, se requerirá una nueva actualización de los procedimientos de calibración. Cabe mencionar que siempre se buscó que estos procedimientos estuvieran apegados a los requisitos normados para la operación de los laboratorios de calibración, y se cumplió plenamente el objetivo planteado que requería desarrollar un sistema de calibración que permitiera que los sensores calibrados generaran datos confiables y precisos cuando fueran reinstalados en sus sitios de operación.

Recomendaciones

Debido a que no existen normas relacionadas a las calibraciones de los sensores como los que se manejan en el laboratorio y puesto que la normatividad que se maneja solamente está relacionada con los requisitos para que el Laboratorio de Calibración sea competente, recomiendo que sean actualizados continuamente los procedimientos de calibración para cada uno de los sensores meteorológicos, incluyendo en ellos cualquier detalle que surja en la realización de las calibraciones y que se considere relevante.

Se recomienda que para cualquier duda en cuanto a lo descrito en el capítulo IV.3 relativo a los requisitos de las normas NMX-EC-025-IMNC-2000 de nombre "Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas (ensayos)", y de la NMX-EC-17025-IMNC-2000 de nombre "Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas, sea consultado cada uno de ellos con el fin de analizar totalmente su contenido.

También se recomienda establecer como regla dentro del Laboratorio de Calibración, que los instrumentos meteorológicos que sean sometidos a cualquier reparación por pequeña que sea, y que pertenezcan a las estaciones meteorológicas a las que se les esté dando algún tipo de servicio, deban ser comprobados en condiciones de laboratorio. Esta prueba está dirigida a descubrir si la calibración original es válida y, si no es así, determinar la naturaleza del error. También, antes de instalar la estación meteorológica en campo, los instrumentos nuevos deben verificarse en el laboratorio.

Finalmente los instrumentos que pretendan adquirirse, siempre que sea posible, deben ser de unidades compatibles con el sistema de adquisición de datos y los rangos de operación y precisión correspondientes a los lugares donde se pretendan instalar, lo cual requeriría un estudio previo del lugar, ya que los instrumentos actuales presentan algunas discrepancias en cuanto al rango de operación y sus unidades que manejan pertenecen al Sistema Internacional de Unidades como lo recomienda la OMM.

APÉNDICE

A

Procedimientos de calibración
utilizados actualmente en el
Laboratorio de Calibración

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Subdirección de Protección Ambiental
Gerencia Ciencias del Ambiente
Procedimiento para la calibración del anemómetro de velocidad de viento

Vigente a partir de:
2002
Revisión: 0

Clave:
Hoja: 1 de 7

PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS ANEMÓMETROS DE VELOCIDAD DE VIENTO DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

Ejemplar Núm.: 1

Entregado a: Ing. Emanuel González Ortiz

Fecha:

Elaboró:

Roberto Cortes Buenrostro
Ismael Pallares Rosas

Revisó:

Emmanuel González Ortiz
Coordinador de Calidad

Aprobó:

Jefe del área de monitoreo
Emanuel González Ortiz

Fecha:
Firma:

Fecha:
Firma:

Fecha:
Firma:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN




Subdirección de Protección Ambiental.
Gerencia Ciencias del Ambiente
Procedimiento para la calibración del anemómetro de velocidad de viento

Vigente a partir de:
2002
Revisión: 0

Clave:
Hoja: 2 de 7

INDICE

1. TITULO
2. OBJETIVO
3. ALCANCE
4. DEFINICIONES
5. RESPONSABILIDADES
6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO
7. DIAGRAMA DE FLUJO
8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN
9. CONTROL DE DOCUMENTOS
10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA
11. DOCUMENTOS APLICABLES O ANEXOS

	Subdirección de Protección Ambiental.	Vigente a partir de: 2002	Clave:	
	Gerencia Ciencias del Ambiente Procedimiento para la calibración del anemómetro de velocidad de viento	Revisión: 0	Hoja: 119 de 7	

1. PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS ANEMÓMETROS DE VELOCIDAD DE VIENTO DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

2. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es establecer la secuencia que se deberá seguir para el registro y control de calibraciones que se efectúan a los anemómetros de dirección de viento marca Met One modelo 014 A o similares dentro del laboratorio de calibración, con el propósito de normar su funcionamiento en términos de calidad y de esta forma lograr la operación confiable de los instrumentos calibrados.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica para las calibraciones de los anemómetros de velocidad de viento antes especificados, las cuales se lleven a cabo dentro del laboratorio de calibración. Asimismo se contará con un registro de los anemómetros de dirección de viento calibrados además de los datos generados en las pruebas realizadas.

4. DEFINICIONES

CALIBRACIÓN: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores presentados por una medida materializada y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

DESVIACIÓN: Dispersión de los resultados entre las lecturas de un instrumento patrón contra las lecturas que se desean verificar, expresada mediante un factor.

INTERVALO DE MEDICIÓN: Módulo o espacio que hay de una lectura mínima a otra lectura máxima en un instrumento de medición.

MÉTODO DE MEDICIÓN POR COMPARACIÓN DIRECTA: Método en el cual la magnitud a medir es comparada directamente con una magnitud de la misma naturaleza, teniendo un valor conocido.

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

RANGO DE ERROR: Conjunto de valores en los que se considera un buen funcionamiento de operación.

RESOLUCIÓN: Expresión cuantitativa que proporciona un instrumento o equipo para presentar la distinción entre valores muy próximos de la magnitud indicada.

SENSOR: Elemento de un aparato de medición o de una cadena de medición, al cual se está aplicando directamente la magnitud a medir.

5. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del jefe de laboratorio implantar y hacer cumplir esta guía.

Es responsabilidad del jefe de laboratorio supervisar la aplicación de la presente guía.

Es responsabilidad del personal que trabaja en el laboratorio cumplir con los requisitos que establece esta guía.

6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

6.1 HERRAMIENTAS, EQUIPOS E INFORMACIÓN EMPLEADA EN LA CALIBRACIÓN

Sensor de velocidad de viento patrón.
Sensor de velocidad de viento por calibrar.
Datalogger del sensor patrón.
Datalogger del sensor por calibrar.
Motor síncrono.
Manual de operación correspondiente al sensor patrón.
Manual de operación de la estación meteorológica Met One correspondiente al sensor por calibrar.
Formatos para llenado de datos.
Cables conectores para el sensor patrón y para el sensor por calibrar.
Desarmador de relojero.
Cronometro.

6.2 INFORMACIÓN REQUERIDA EN EL INFORME DE CALIBRACIÓN

Nombre de la persona o Institución solicitante.
Características del sensor por calibrar (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).
Características del motor síncrono (marca, modelo, no. de serie, exactitud y resolución).
Nombre del organismo que calibro el motor síncrono así como la fecha de vencimiento.
Procedimiento empleado en la calibración
Gráfica de velocidad de viento (desviación V, R.P.M).
Tabla de datos.
Observaciones.

6.3 DESCRIPCIÓN

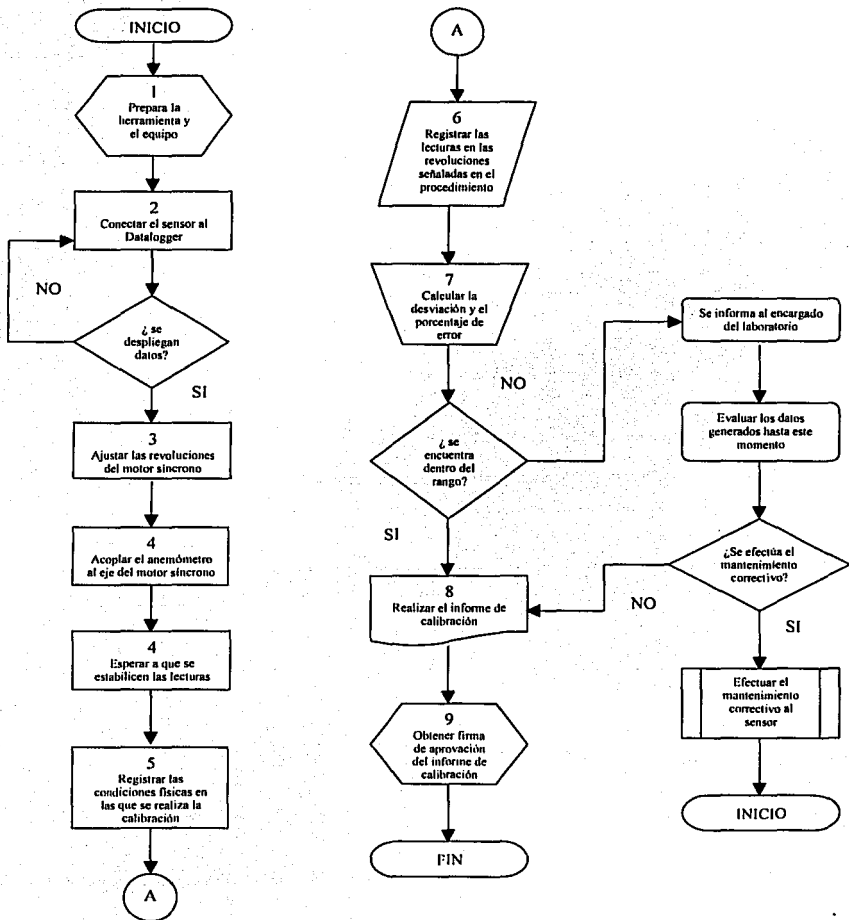
El signatario o responsable de la calibración

Prepara la herramienta y equipo para la calibración.
Conecta el sensor en el sistema de adquisición de datos (datalogger), de no haber respuesta verifica nuevamente las conexiones.
Registrará en el formato las lecturas con valor de 0, 300, 600 y 1200 r.p.m.
Enciende el motor síncrono y lo ajusta a las revoluciones requeridas, posteriormente lo apaga.
Acopla el anemómetro al eje del motor y enseguida lo enciende.
Espera al menos 30 segundos para que se establezca la lectura.
Registra las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en las que se realiza la calibración.
Verifica que en el anemómetro calibrado, el rango de error promedio se encuentre con una desviación de +/- 10 r.p.m., o con un porcentaje de error del 5% para que el anemómetro cumpla con las especificaciones y se considere confiable.
Informa al encargado del laboratorio sobre el desarrollo de la calibración y el resultado del mismo.
Realiza el informe de calibración.

Encargado del laboratorio de calibración.

Evalúa los datos proporcionados por el signatario.
Determina si es necesario que el sensor se envíe al departamento de mantenimiento
Firma de aprobado el informe de calibración.

7. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CALIBRACIÓN POR EL MÉTODO DE COMPARACIÓN DIRECTA.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS.

Este procedimiento de calibración será distribuido de la siguiente forma:
El original para el archivo del laboratorio de calibración.
La copia controlada para el Instituto o la persona solicitante.

9. CONTROL DE DOCUMENTOS.

El original del informe de calibración se entrega a la persona o instituto solicitante, una vez que cuente con la firma de conformidad correspondiente.
La copia firmada del informe de calibración queda resguardada en el laboratorio de calibración dentro de la carpeta asignada para tal efecto.

10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

Organización Meteorológica Mundial, *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*, 1990.
Met One Instruments, Inc., *Meteorological monitoring system, operation manual*, U.S.A., 1997.
Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas*, México, 2000.
Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, México, 2000.

11. ANEXOS.

Se anexa el formato del informe de calibración.

TRABAJE SIN
FALLA DE ORIGEN



Subdirección de Protección Ambiental.

Gerencia Ciencias del Ambiente

Procedimiento para la calibración del anemómetro de dirección de viento

Vigente a partir de:
2002

Revisión: 1

Clave:

Hoja: 123 de 7



PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS ANEMÓMETROS DE DIRECCIÓN DE VIENTO DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

Ejemplar Núm.: 1

Entregado a: Ing. Emanuel González Ortiz

Fecha:

Elaboró:
Roberto Cortes Buenrostro
Ismael Pallares Rosas

Revisó:

Emmanuel González Ortiz
Coordinador de Calidad

Aprobó:

Jefe del área de monitoreo
Emanuel González Ortiz

Fecha:
Firma:

Fecha:
Firma:

Fecha:
Firma:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Subdirección de Protección Ambiental.

Gerencia Ciencias del Ambiente

Procedimiento para la calibración del anemómetro de dirección de viento

Vigente a partir de:

1998

Revisión: 0

Clave:



Hoja: 124 de 7



INDICE

1. TITULO
2. OBJETIVO
3. ALCANCE
4. DEFINICIONES
5. RESPONSABILIDADES
6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO
7. DIAGRAMA DE FLUJO
8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN
9. CONTROL DE DOCUMENTOS
10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA
11. DOCUMENTOS APLICABLES O ANEXOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	Subdirección de Protección Ambiental.	Vigente a partir de: 1998	Clave:	
	Gerencia Ciencias del Ambiente Procedimiento para la calibración del anemómetro de dirección de viento	Revisión: 0	Hoja: 125 de 7	

1. PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS ANEMÓMETROS DE DIRECCIÓN DE VIENTO DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

2. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es establecer la secuencia que se deberá seguir para el registro y control de calibraciones que se efectúan a los anemómetros de dirección de viento marca Met One modelo 024 A o similares dentro del laboratorio de calibración, con el propósito de normar su funcionamiento en términos de calidad y de esta forma lograr la operación confiable de los instrumentos calibrados.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica para las calibraciones de los anemómetros de dirección de viento antes especificados, las cuales se lleven a cabo dentro del laboratorio de calibración. Asimismo se contará con un registro de los anemómetros de dirección de viento calibrados además de los datos generados en las pruebas realizadas.

4. DEFINICIONES

CALIBRACIÓN: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores presentados por una medida materializada y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

DESVIACIÓN: Dispersión de los resultados entre las lecturas de un instrumento patrón contra las lecturas que se desean verificar, expresada mediante un factor.

INTERVALO DE MEDICIÓN: Modulo o espacio que hay de una lectura mínima a otra lectura máxima en un instrumento de medición.

MÉTODO DE MEDICIÓN POR COMPARACIÓN DIRECTA: Método en el cual la magnitud a medir es comparada directamente con una magnitud de la misma naturaleza, teniendo un valor conocido.

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

RANGO DE ERROR: Conjunto de valores en los que se considera un buen funcionamiento de operación.

RESOLUCIÓN: Expresión cuantitativa que proporciona un instrumento o equipo para presentar la distinción entre valores muy próximos de la magnitud indicada.

SENSOR: Elemento de un aparato de medición o de una cadena de medición, al cual se está aplicando directamente la magnitud a medir.

5. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del jefe de laboratorio implantar y hacer cumplir esta guía.

Es responsabilidad del jefe de laboratorio supervisar la aplicación de la presente guía.

Es responsabilidad del personal que trabaja en el laboratorio cumplir con los requisitos que establece esta guía.

TESIS CON
 VALIA DE ORIGEN

6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

6.1 HERRAMIENTAS, EQUIPOS E INFORMACIÓN EMPLEADA EN LA CALIBRACIÓN

Sensor de dirección de viento patrón.
Sensor de dirección de viento por calibrar.
Datalogger del sensor patrón.
Datalogger del sensor por calibrar.
Kit de calibración (transportador universal, aguja indicadora con sujetador y base porta-sensores).
Manual de operación correspondiente al sensor patrón.
Manual de operación de la estación meteorológica Met One correspondiente al sensor por calibrar.
Formatos para llenado de datos.
Cables conectores para el sensor patrón y para el sensor por calibrar.
Desarmador de relojero.
Cronometro.

6.2 INFORMACIÓN REQUERIDA EN EL INFORME DE CALIBRACIÓN

Nombre de la persona o Institución solicitante.
Características del sensor por calibrar (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).
Características del patrón de referencia (marca, modelo, no. de serie, precisión resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).
Nombre del organismo que calibro el patrón de referencia así como la fecha de vencimiento.
Nombre de la persona que realizó la calibración.
Procedimiento empleado en la calibración.
Gráfica de dirección de viento (desviación V, grados).
Tabla de datos.
Observaciones.

6.3 DESCRIPCIÓN

El signatario o responsable de la calibración

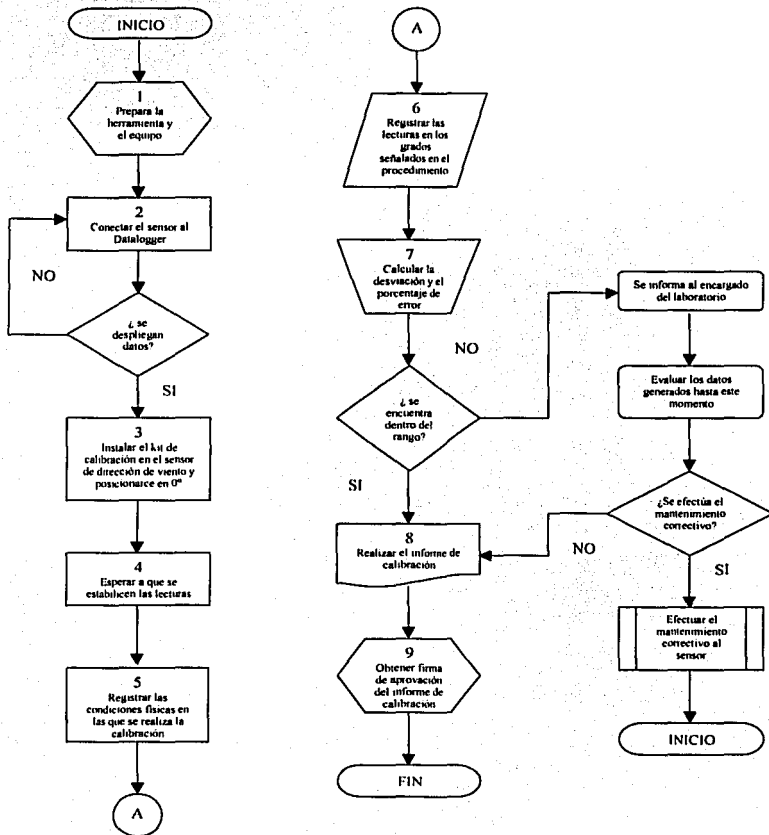
Prepara la herramienta y equipo para la calibración.
Conecta el sensor en el sistema de adquisición de datos (datalogger), de no haber respuesta verifica nuevamente las conexiones.
Monta el transportador universal en el eje del sensor así como su base, posiciona la flecha en 0° tanto en el datalogger como en el transportador.
Registrará en el formato las lecturas con valor de 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° y 360°.
Hace girar la aguja indicadora a razón de 45° conjuntamente con la flecha del sensor.
Espera al menos 30 segundos para que se establezca la lectura.
Registra las condiciones ambientales de temperatura, de humedad relativa y la presión barométrica del laboratorio.
Verifica que el anemómetro calibrado, el rango de error promedio se encuentre con una desviación de +/- 3%, o con un porcentaje de error del 5% para que el anemómetro cumpla con las especificaciones y se considere confiable.
Informa al encargado del laboratorio sobre el desarrollo de la calibración y el resultado del mismo.
Realiza el informe de calibración.

Encargado del laboratorio de calibración.

Evalúa los datos proporcionados por el signatario.
Determina si es necesario que el sensor se envíe al departamento de mantenimiento.
Firma de aprobado el informe de calibración.

TESIS CON
PALA DE ORIGEN

7. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CALIBRACIÓN POR EL MÉTODO DE COMPARACIÓN DIRECTA.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS.

Este procedimiento de calibración será distribuido de la siguiente forma:

El original para el archivo del laboratorio de calibración.

La copia controlada para el Instituto o la persona solicitante.

9. CONTROL DE DOCUMENTOS.

El original del informe de calibración se entrega a la persona o instituto solicitante, una vez que cuente con la firma de conformidad correspondiente.

La copia firmada del informe de calibración queda resguardada en el laboratorio de calibración dentro de la carpeta asignada para tal efecto.

10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

Organización Meteorológica Mundial, *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*, 1990.

Met One Instruments, Inc., *Meteorological monitoring system, operation manual*, U.S.A., 1997.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas*, México, 2000.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, México, 2000.

11. ANEXOS.

Se anexa el formato del informe de calibración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Subdirección de Protección Ambiental.
Gerencia Ciencias del Ambiente
Procedimiento para la calibración del sensor de humedad relativa.

Vigente a partir de:
2002
Revisión: 0

Clave:
Hoja: 129 de 7



PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

Ejemplar Núm.: 1

Entregado a: Ing. Emanuel González Ortiz

Fecha:

Elaboró:

Roberto Cortes Buenostro
Ismael Pallares Rosas

Revisó:

Emmanuel González Ortiz
Coordinador de Calidad

Aprobó:

Jefe del área de monitoreo
Emanuel González Ortiz

Fecha:
Firma:

Fecha:
Firma:

Fecha:
Firma:

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



Subdirección de Protección Ambiental.
Gerencia Ciencias del Ambiente
Procedimiento para la calibración del sensor de humedad relativa.

Vigente a partir de:
2002
Revisión: 0



Clave:
Hoja: 130 de 7



INDICE

1. TITUTLO
2. OBJETIVO
3. ALCANCE
4. DEFINICIONES
5. RESPONSABILIDADES
6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO
7. DIAGRAMA DE FLUJO
8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN
9. CONTROL DE DOCUMENTOS
10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA
11. DOCUMENTOS APLICABLES O ANEXOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	Subdirección de Protección Ambiental. Gerencia Ciencias del Ambiente Procedimiento para la calibración del sensor de humedad relativa	Vigente a partir de: 2002 Revisión: 0	Clave: Hoja: 131 de 7	
--	---	---	--------------------------	--

1. PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

2. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es establecer la secuencia que se deberá seguir para el registro y control de las calibraciones que se efectúan a los sensores de humedad relativa marca Met One modelo 083C-1-35 o similares dentro del laboratorio de calibración, con el propósito de normar su funcionamiento en términos de calidad y de esta forma lograr la operación confiable de los instrumentos calibrados.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica para las calibraciones de los sensores de humedad relativa antes especificados, las cuales se lleven a cabo dentro del laboratorio de calibración. Asimismo se contará con un registro de los sensores de humedad relativa calibrados además de los datos generados en las pruebas realizadas.

4. DEFINICIONES

CALIBRACIÓN: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores presentados por una medida materializada y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

DESVIACIÓN: Dispersión de los resultados entre las lecturas de un instrumento patrón contra las lecturas que se desean verificar, expresada mediante un factor.

INTERVALO DE MEDICIÓN: Modulo o espacio que hay de una lectura mínima a otra lectura máxima en un instrumento de medición.

MÉTODO DE MEDICIÓN POR COMPARACIÓN DIRECTA: Método en el cual la magnitud a medir es comparada directamente con una magnitud de la misma naturaleza, teniendo un valor conocido.

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

RANGO DE ERROR: Conjunto de valores en los que se considera un buen funcionamiento de operación.

RESOLUCIÓN: Expresión cuantitativa que proporciona un instrumento o equipo para presentar la distinción entre valores muy próximos de la magnitud indicada.

SENSOR: Elemento de un aparato de medición o de una cadena de medición, al cual se está aplicando directamente la magnitud a medir.

5. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del jefe de laboratorio implantar y hacer cumplir esta guía.

Es responsabilidad del jefe de laboratorio supervisar la aplicación de la presente guía.

Es responsabilidad del personal que trabaja en el laboratorio cumplir con los requisitos que establece esta guía.

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

6.1 HERRAMIENTAS, EQUIPOS E INFORMACIÓN EMPLEADA EN LA CALIBRACIÓN

Sensor de humedad relativa patrón.

Sensor de humedad relativa por calibrar.

Datalogger del sensor patrón.

Datalogger del sensor por calibrar.

Kit de calibración para el sensor de humedad relativa (termómetro, cloruro de litio, cloruro de sodio, tablas de calibración (temperatura ambiente °C Vs valor de calibración % HR y botellas con tapones de goma).

Manual de operación correspondiente al sensor patrón.

Manual de operación de la estación meteorológica Met One correspondiente al sensor por calibrar.

Formatos para llenado de datos.

Cables conectores para el sensor patrón y para el sensor por calibrar.

Desarmador de relojero.

Cronometro.

6.2 INFORMACIÓN REQUERIDA EN EL INFORME DE CALIBRACIÓN

Nombre de la persona o Institución solicitante.

Características del sensor por calibrar (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).

Características del patrón de referencia (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).

Nombre del organismo que calibró el patrón de referencia así como la fecha de vencimiento.

Nombre de la persona que realizó la calibración.

Procedimiento empleado en la calibración.

Gráfica de humedad relativa (desviación Vs tiempo).

Tabla de datos.

Observaciones.

6.3 DESCRIPCIÓN

El signatario o responsable de la calibración

Prepara la herramienta y equipo para la calibración.

Conecta el higrómetro patrón y el higrómetro por calibrar en el sistema de adquisición de datos (datalogger) que corresponda a cada uno. Para verificar sus correctas conexiones eléctricas y como una prueba áspere de su funcionamiento, sopla en el sensor. La humedad relativa subirá a un nivel más alto de no haber respuesta verifica nuevamente las conexiones.

Registra las condiciones ambientales de temperatura y presión atmosférica en las que se realiza la calibración.

Desatornilla el filtro del higrómetro por calibrar, sin golpear el elemento sensor mientras se remueve la malla protectora.

En primera instancia realiza su calibración para humedad baja (13% RH).

Quita el tapón de goma de la botella de cloruro de litio (LiCl) y empuja cuidadosamente el higrómetro en la abertura, hasta la protección que prohíbe que el sensor caiga completamente.

Identifica el porcentaje de humedad para el cloruro de litio en la tabla de calibración que corresponda a la temperatura en cuestión.

Después de 1 hora, toma la lectura del valor de la humedad, si las lecturas difieren del valor de la tabla, ajusta R15, a un ajuste cero.

A continuación realiza la calibración para humedad elevada (76 %).

Repite el procedimiento de calibración tal y como se describió en la calibración para humedad baja, pero ahora se empleará el cloruro de sodio. Ajustando el R18 (en el higrómetro) si es necesario.

Repite las calibraciones para humedad baja y humedad alta hasta que no se requiera ningún ajuste posterior en el higrómetro por calibrar.

En seguida coloca el higrómetro patrón y el higrómetro por calibrar en la base de calibración.

Espera 30 segundos a que se establezcan las lecturas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Registra 10 lecturas como mínimo con un intervalo de 3 minutos entre cada una de ellas.
Calcula el porcentaje de diferencia de error.

Verifica que en el higrómetro calibrado, el rango de error promedio se encuentre con una desviación de $\pm 4\%$ o con un porcentaje de error del 5% para que el higrómetro cumpla con las especificaciones y se considere confiable.

Informa al encargado del laboratorio sobre el desarrollo de la calibración y el resultado de la misma.
Realiza el informe de calibración.

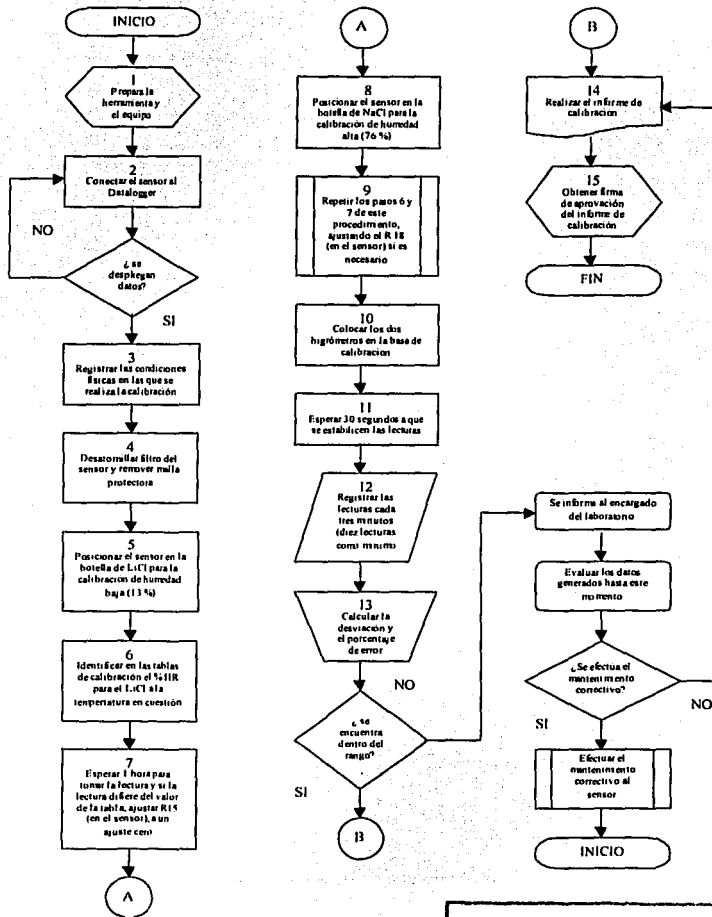
Encargado del laboratorio de calibración.

Evalúa los datos proporcionados por el signatario.

Determina si es necesario que el higrómetro se envíe al departamento de mantenimiento.

Firma de aprobado el informe de calibración.

7. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CALIBRACIÓN POR EL MÉTODO DE COMPARACIÓN DIRECTA.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS

Este procedimiento de calibración será distribuido de la siguiente forma:

El original para el archivo del laboratorio de calibración.

La copia controlada para el Instituto o la persona solicitante.

9. CONTROL DE DOCUMENTOS

El original del informe de calibración se entrega a la persona o instituto solicitante, una vez que cuente con la firma de conformidad correspondiente.

La copia firmada del informe de calibración queda resguardada en el laboratorio de calibración dentro de la carpeta asignada para tal efecto.

10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Organización Meteorológica Mundial, *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*, 1990.



Met One Instruments, Inc., *Meteorological monitoring system, operation manual*, U.S.A., 1997.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas*, México, 2000.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, México, 2000.

11. ANEXOS

Se anexa el formato del informe de calibración.

	<p>Subdirección de Protección Ambiental.</p> <p>Gerencia Ciencias del Ambiente</p> <p>Procedimiento para la calibración del sensor de temperatura</p>	<p>Vigente a partir de: 2002</p> <p>Revisión: 0</p>	<p>Clave:</p> <p>Hoja: 136 de 7</p>	
--	---	---	-------------------------------------	---

PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS SENSORES DE TEMPERATURA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

Ejemplar Núm.: 1

Entregado a: Ing. Emanuel González Ortiz

Fecha:

Elaboró:

Roberto Cortes Buenrostro

Ismael Pallares Rosas

Revisó:

Emmanuel González Ortiz

Coordinador de Calidad

Aprobó:

Jefe del área de monitoreo

Emanuel González Ortiz

Fecha:

Firma:

Fecha:

Firma:

Fecha:

Firma:



Subdirección de Protección Ambiental.

Gerencia Ciencias del Ambiente

Procedimiento para la calibración del sensor de temperatura

Vigente a partir de:
2002

Revisión: 0

Clave:

Hoja: 137 de 7



INDICE

1. TITUTLO
2. OBJETIVO
3. ALCANCE
4. DEFINICIONES
5. RESPONSABILIDADES
6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO
7. DIAGRAMA DE FLUJO
8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN
9. CONTROL DE DOCUMENTOS
10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA
11. DOCUMENTOS APLICABLES O ANEXOS

1. PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS SENSORES DE TEMPERATURA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

2. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es establecer la secuencia que se deberá seguir para el registro y control de las calibraciones que se efectúan a los sensores de temperatura marca Met One modelo 083C-1-35 o similares dentro del laboratorio de calibración, con el propósito de normar su funcionamiento en términos de calidad, y de esta forma lograr la operación confiable de los instrumentos calibrados.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica para las calibraciones de los sensores de temperatura antes especificados, las cuales se lleven a cabo dentro del laboratorio de calibración. Asimismo se contará con un registro de los termómetros calibrados además de los datos generados en las pruebas realizadas.

4. DEFINICIONES

CALIBRACIÓN: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores presentados por una medida materializada y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

DESVIACIÓN: Dispersión de los resultados entre las lecturas de un instrumento patrón contra las lecturas que se desean verificar, expresada mediante un factor.

INTERVALO DE MEDICIÓN: Módulo o espacio que hay de una lectura mínima a otra lectura máxima en un instrumento de medición.

MÉTODO DE MEDICIÓN POR COMPARACIÓN DIRECTA: Método en el cual la magnitud a medir es comparada directamente con una magnitud de la misma naturaleza, teniendo un valor conocido.

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

RANGO DE ERROR: Conjunto de valores en los que se considera un buen funcionamiento de operación.

RESOLUCIÓN: Expresión cuantitativa que proporciona un instrumento o equipo para presentar la distinción entre valores muy próximos de la magnitud indicada.

SENSOR: Elemento de un aparato de medición o de una cadena de medición, al cual se está aplicando directamente la magnitud a medir.

5. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del jefe del laboratorio implantar y hacer cumplir esta guía.

Es responsabilidad del jefe del laboratorio supervisar la aplicación de la presente guía.

Es responsabilidad del personal que trabaja en el laboratorio cumplir con los requisitos que establece esta guía.

6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

6.1 HERRAMIENTAS, EQUIPOS E INFORMACIÓN EMPLEADA EN LA CALIBRACIÓN

Sensor de temperatura patrón.
Sensor de temperatura por calibrar.
Datalogger del sensor patrón.
Datalogger del sensor por calibrar.
Manual de operación correspondiente al sensor patrón.
Manual de operación de la estación meteorológica Met One correspondiente al sensor por calibrar.
Formatos para llenado de datos.
Cables conectores para el sensor patrón y para el sensor por calibrar.
Desarmador de relojero.
Cronometro.

6.2 INFORMACIÓN REQUERIDA EN EL INFORME DE CALIBRACIÓN

Nombre de la persona o institución solicitante.
Características del sensor por calibrar (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).
Características del patrón de referencia (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).
Nombre del organismo que calibro el patrón de referencia así como la fecha de vencimiento.
Nombre de la persona que realizó la calibración.
Procedimiento empleado en la calibración.
Gráfica de la temperatura (desviación V , tiempo).
Tabla de datos.
Observaciones.

6.3 DESCRIPCIÓN

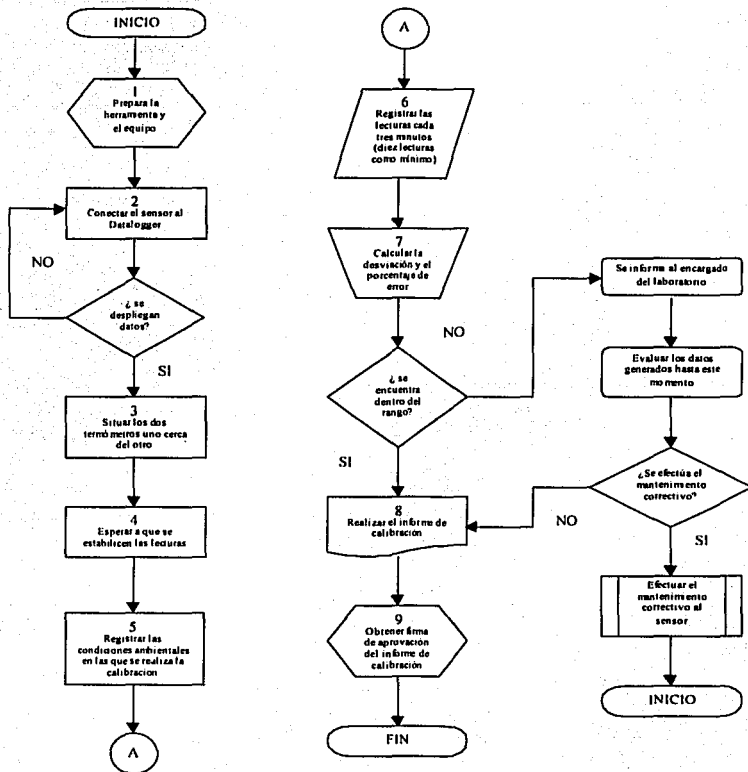
El signatario o responsable de la calibración

Prepara la herramienta y equipo para la calibración.
Conecta el sensor de temperatura por calibrar en el sistema de adquisición de datos (datalogger), de no haber respuesta verifica nuevamente las conexiones.
Utiliza el método de comparación directa para realizar la calibración.
Sitúa el termómetro patrón y el termómetro por calibrar en la base de calibración.
Espera 5 minutos como mínimo para que se estabilicen las lecturas.
Registra las condiciones ambientales de humedad relativa y presión barométrica del laboratorio.
Registra 10 lecturas como mínimo con intervalos de 3 minutos entre cada una de ellas.
Calcula el porcentaje de diferencia de error.
Verifica que en el termómetro calibrado, el rango de error promedio se encuentre con una desviación de ± 4 °C o con un porcentaje de error del 5% para que el termómetro cumpla con las especificaciones y se considere confiable.
Informa al encargado del laboratorio sobre el desarrollo de la calibración y el resultado de la misma.
Realiza el informe de calibración.

Encargado del laboratorio de calibración.

Evalúa los datos proporcionados por el signatario.
Determina si es necesario que el termómetro se envíe al departamento de mantenimiento.
Firma de aprobado el informe de calibración.

7. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CALIBRACIÓN POR EL MÉTODO DE COMPARACIÓN DIRECTA



8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS

Este procedimiento de calibración será distribuido de la siguiente forma:

El original para el archivo del laboratorio de calibración.

La copia controlada para el Instituto o la persona solicitante.

9. CONTROL DE DOCUMENTOS

El original del informe de calibración se entrega a la persona o instituto solicitante, una vez que cuente con la firma de conformidad correspondiente.

La copia firmada del informe de calibración queda resguardada en el laboratorio de calibración dentro de la carpeta asignada para tal efecto.

10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Organización Meteorológica Mundial, *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*, 1990.

Met One Instruments, Inc., *Meteorological monitoring system, operation manual*, U.S.A., 1997.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-025-IMNC-2000*,

Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas, México, 2000.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2000*,

Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, México, 2000.

11. ANEXOS

Se anexa el formato del informe de calibración.



Subdirección de Protección Ambiental.
Gerencia Ciencias del Ambiente
Procedimiento para la calibración del sensor de presión

Vigente a partir de:
2002
Revisión: 0

Clave:
Hoja: 1 de 7



PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS SENSORES DE PRESIÓN BAROMÉTRICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

Ejemplar Núm.: 1

Entregado a: Ing. Emanuel González Ortiz

Fecha:

Elaboró:

Roberto Cortes Buenrostro

Ismael Pallares Rosas

Revisó:

Emmanuel González Ortiz

Coordinador de Calidad

Aprobó:

Jefe del área de monitoreo

Emanuel González Ortiz

Fecha:

Firma:

Fecha:

Firma:

Fecha:

Firma:



Subdirección de Protección Ambiental.

Gerencia Ciencias del Ambiente

Procedimiento para la calibración del sensor de presión

Vigente a partir de:

2002

Revisión: 0



Clave:

Hoja: 2 de 7



INDICE

1. TITUTLO
2. OBJETIVO
3. ALCANCE
4. DEFINICIONES
5. RESPONSABILIDADES
6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO
7. DIAGRAMA DE FLUJO
8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN
9. CONTROL DE DOCUMENTOS
10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA
11. DOCUMENTOS APPLICABLES O ANEXOS

	Subdirección de Protección Ambiental.	Vigente a partir de: 2002	Clave:	
	Gerencia Ciencias del Ambiente Procedimiento para la calibración del sensor de presión	Revisión: 0	Hoja: 3 de 7	

1. PROCEDIMIENTO PARA CALIBRAR LOS SENSORES DE PRESIÓN BAROMÉTRICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE SUPERFICIE MARCA MET ONE

2. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es establecer la secuencia que se deberá seguir para el registro y control de calibraciones que se efectúan a los sensores de presión barométrica marca Met One modelo 090D, 091 o similares dentro del laboratorio de calibración, con el propósito de normar su funcionamiento en términos de calidad, y de esta forma lograr la operación confiable de los instrumentos calibrados.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica para las calibraciones de los sensores de presión barométrica antes especificados, las cuales se lleven a cabo dentro del laboratorio de calibración. Asimismo se contará con un registro de los sensores de presión barométrica calibrados además de los datos generados en las pruebas realizadas.

4. DEFINICIONES

CALIBRACIÓN: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores presentados por una medida materializada y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

DESVIACIÓN: Dispersión de los resultados entre las lecturas de un instrumento patrón contra las lecturas que se desean verificar, expresada mediante un factor.

INTERVALO DE MEDICIÓN: Modulo o espació que hay de una lectura mínima a otra lectura máxima en un instrumento de medición.

MÉTODO DE MEDICIÓN POR COMPARACIÓN DIRECTA: Método en el cual la magnitud a medir es comparada directamente con una magnitud de la misma naturaleza, teniendo un valor conocido.

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

RANGO DE ERROR: Conjunto de valores en los que se considera un buen funcionamiento de operación.

RESOLUCIÓN: Expresión cuantitativa que proporciona un instrumento o equipo para presentar la distinción entre valores muy próximos de la magnitud indicada.

SENSOR: Elemento de un aparato de medición o de una cadena de medición, al cual se está aplicando directamente la magnitud a medir.

5. RESPONSABILIDADES

Es responsabilidad del jefe de laboratorio implantar y hacer cumplir esta guía.

Es responsabilidad del jefe de laboratorio supervisar la aplicación de la presente guía.

Es responsabilidad del personal que trabaja en el laboratorio cumplir con los requisitos que establece esta guía.

6. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

6.1 HERRAMIENTAS, EQUIPOS E INFORMACIÓN EMPLEADA EN LA CALIBRACIÓN

Barómetro patrón.

Barómetro por calibrar.

Datalogger del sensor patrón.

Datalogger del sensor por calibrar.

Base de calibraciones para los sensores.

Manual de operación correspondiente al sensor patrón.

Manual de operación de la estación meteorológica Met One correspondiente al sensor por calibrar.

Formatos para llenado de datos.

Cables conectores para el sensor patrón y para el sensor por calibrar.

Desarmador de relojero.

Cronometro.

6.2 INFORMACIÓN REQUERIDA EN EL INFORME DE CALIBRACIÓN

Nombre de la persona o Institución solicitante.

Características del sensor por calibrar (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).

Características del patrón de referencia (marca, modelo, no. de serie, precisión, resolución, última fecha de calibración y fecha de vencimiento).

Nombre del organismo que calibro el patrón de referencia así como la fecha de vencimiento.

Procedimiento empleado en la calibración

Gráfica de presión (desviación V_s tiempo).

Tabla de datos.

Observaciones.

6.3 DESCRIPCIÓN

El signatario o responsable de la calibración

Prepara la herramienta y equipo para la calibración.

Conecta el sensor en el sistema de adquisición de datos, de no haber respuesta verifica nuevamente las conexiones.

Coloca el barómetro patrón y el barómetro que será calibrado en la base de calibración correspondiente.

Espera como mínimo cinco minutos para que se establezca la lectura.

Registra en el formato un mínimo de 5 lecturas y un máximo de 6 con un intervalo de 2 minutos entre cada una de ellas.

Registra las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa en las que se realiza la calibración.

Verifica que el barómetro calibrado, el rango de error promedio se encuentre con una desviación de ± 3 mmHg o con un porcentaje de error del 5% para que el barómetro cumpla con las especificaciones y se considere confiable.

Informa al encargado del laboratorio sobre el desarrollo de la calibración y el resultado del mismo.

Realiza el informe de calibración.

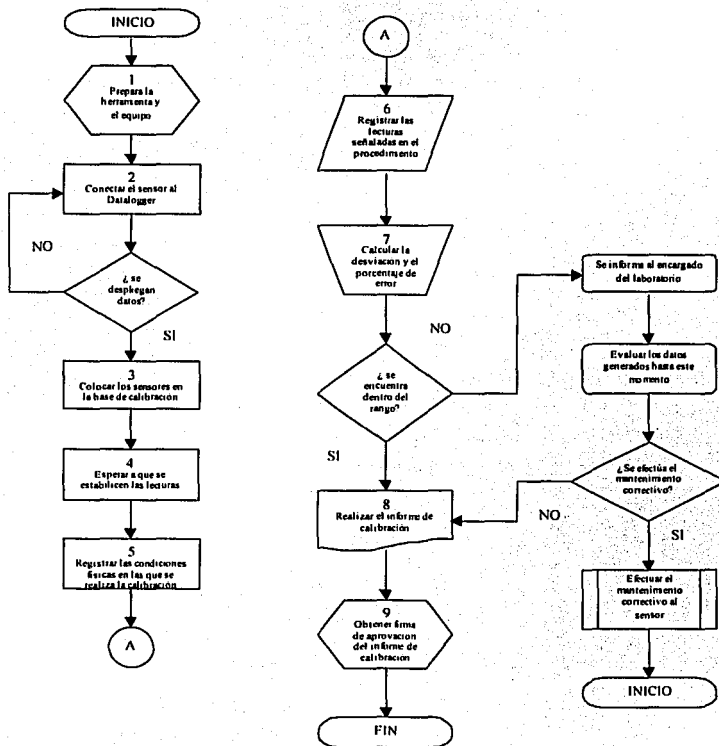
Encargado del laboratorio de calibración.

Evalúa los datos proporcionados por el signatario.

Determina si es necesario que el sensor se envíe al departamento de mantenimiento.

Firma de aprobado el informe de calibración.

7. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CALIBRACIÓN POR EL MÉTODO DE COMPARACIÓN DIRECTA.



8. LISTA DE DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS.

Este procedimiento de calibración será distribuido de la siguiente forma:

El original para el archivo del laboratorio de calibración.

La copia controlada para el Instituto o la persona solicitante.

9. CONTROL DE DOCUMENTOS.

El original del informe de calibración se entrega a la persona o instituto solicitante, una vez que cuente con la firma de conformidad correspondiente.

La copia firmada del informe de calibración queda resguardada en el laboratorio de calibración dentro de la carpeta asignada para tal efecto.

10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

Organización Meteorológica Mundial, *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*, 1990.

Met One Instruments, Inc., *Meteorological monitoring system, operation manual*, U.S.A., 1997.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas*, México, 2000.

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, México, 2000.

11. ANEXOS.

Se anexa el formato del informe de calibración.

APÉNDICE

B

Curso de capacitación
“Introducción al manejo de la
estación semiautomática de
superficie marca Met One Inc.”

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
GERENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

PRESENTACIÓN:

**INTRODUCCIÓN AL MANEJO DE UNA
ESTACIÓN METEOROLÓGICA
SEMIAUTOMÁTICA DE SUPERFICIE MARCA
MET ONE INC.**

CONTENIDO GENERAL

- 1.- INTRODUCCIÓN.**
 - 2.- CONCEPTOS GENERALES Y APLICACIONES DE LA METEOROLOGÍA.**
 - 3.- COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.**
 - a) Torre meteorológica**
 - b) Herrajes**
 - c) Instrumentos de medición (sensores)**
 - d) Interfaces**
 - e) Sistema de adquisición de datos**
 - f) Software Micromet Plus**
 - g) UPS (sistema ininterrumpible de energía eléctrica)**
 - h) Sistema de tierras y pararrayos**
 - 3.1 INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN.**
 - 4.- TIPO DE ESTACION CON LA QUE CUENTA LA REFINERIA.**
 - 5.- BENEFICIOS QUE APORTARÁ LA ESTACION METEOROLOGICA.**
 - 6.- MANEJO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.**
-
- ◆ GLOSARIO**
 - ◆ BIBLIOGRAFÍA**
 - ◆ SOPORTE TECNICO**

1.- INTRODUCCIÓN.

La meteorología es una ciencia comúnmente utilizada y aplicada en diferentes actividades de la sociedad (en la navegación aérea, en la navegación marina, en la agricultura, en la climatología en los procesos industriales en general, por mencionar solo algunos casos) sin embargo en una refinería, la meteorología sirve como una herramienta de gran apoyo para el conocimiento del impacto ambiental ocasionado en mayor o menor grado en las zonas urbanas, agrícolas y ganaderas cercanas debido a las emisiones de los diferentes contaminantes que resultan de los procesos petroquímicos, lo cual permite colaborar de forma importante en las políticas nacionales sobre la calidad del aire, resultando en un costo directo e indirecto para PEMEX y particularmente para las refinerías, por lo que el conocimiento adecuado del funcionamiento de la estación meteorológica por parte del personal encargado de cada refinería, aportará beneficios importantes en términos de calidad ambiental a PEMEX.

El objetivo que se persigue con este curso es capacitar al personal designado para el manejo práctico de la estación meteorológica, teniendo como propósito central la obtención de los mejores datos meteorológicos y como consecuencia la obtención de la mejor información meteorológica del entorno de la refinería y al mismo tiempo evitar en lo posible daños al equipo por un mal manejo.

Este material contiene una introducción a la meteorología en términos generales, también describe los componentes que conforman una estación meteorológica, así como también el software que utiliza el sistema de adquisición de datos; (datalogger) el cual tiene como ventaja la recopilación automática de datos, la creación de reportes de datos meteorológicos en tiempos promedios, reales y las gráficas de todos estos. Por otra parte se indican los beneficios que aportará la estación meteorológica a la refinería, también se especificarán los cuidados y recomendaciones para el manejo de este equipo y finalmente se plantearán los procedimientos sobre el manejo del sistema de adquisición de datos (datalogger) y del software Micromet-Plus.

2.- CONCEPTOS GENERALES Y APLICACIONES DE LA METEOROLOGÍA.

La meteorología es una ciencia que estudia la composición de la atmósfera o dicho de otra forma, las capas que la conforman (troposfera, estratosfera, mesosfera y la termosfera), así como sus condiciones dinámicas de los elementos que la componen; además, ésta estudia el origen de cualquier fenómeno o cambio atmosférico, su evolución y diagnóstico por medio de gráficos o datos numéricos de forma histórica y periódica.

De lo anterior nos podemos dar cuenta que la meteorología es una ciencia que está íntimamente vinculada con la Física, Química, Estadística, Geofísica y Oceanografía.

En su aspecto teórico se divide en:

Meteorología física. Que comprende el estudio de los fenómenos físicos como la radiación solar, temperatura, presión, evaporación, condensación, nubosidad, precipitación, fenómenos acústicos, ópticos y eléctricos de la atmósfera.

Meteorología dinámica. Estudia los movimientos de la atmósfera, comprendiendo la termodinámica del calor y la hidrodinámica de la humedad, ya que entre el calor, la humedad y los movimientos atmosféricos hay conexiones recíprocas de causa y efecto.

Meteorología sinóptica. Se apoya en mapas en los que se representan esquemáticamente las condiciones de presión barométrica, temperatura, viento, etc., de una extensión definida, por medio de la cual es posible analizar y pronosticar el probable estado del tiempo en las horas o en los días venideros.

Meteorología estadística. Comprende el estudio estadístico de los elementos meteorológicos para obtener promedios, frecuencias y tendencias en que se fijan las bases de la Climatología que es una disciplina dentro de la meteorología que trata del estudio del comportamiento estadístico de los parámetros meteorológicos (viento, presión barométrica, radiación solar, humedad y temperatura).

Aplicaciones de la meteorología.

El hombre vive sumergido en la atmósfera, esta ejerce gran influencia en su vida y en todas sus actividades. El campo de la meteorología aplicada es, por consiguiente, muy amplio. Esta ciencia tiene una estrecha relación como ya se dijo, con la navegación aérea, la medicina, la agricultura, la marina, la hidrología, etc. Pero el mayor interés para nosotros es lo relacionada con la industria petrolera.

Para el caso de la estación meteorológica de superficie del Laboratorio de Calibración, las variables que se estarán registrando son:

- Dirección y Velocidad de Viento
- Presión Barométrica (mmHg)
- Humedad Relativa (porcentaje %)
- Temperatura (°C)
- Radiación Solar (MW/m^2)

Enseguida se hará una breve descripción de los conceptos de las variables meteorológicas para tener una idea más clara y precisa de ellas:

Radiación Solar

La principal fuente de energía de la atmósfera es la radiación solar. Luz y calor son formas de energía transmitidas por ondas electromagnéticas, semejantes a las hertzianas de la radiotelegrafía, pero más cortas; todas tienen de común que se transmiten a la velocidad de 300,000 km/seg.

Las radiaciones solares varían en cantidad con la época del año a causa de la desigualdad de los días y de las noches y de la inclinación con que llegan los rayos solares.

El instrumento que vamos a emplear para la medición de la radiación solar es un piranómetro.

Temperatura.

La temperatura es el grado sensible de calor de un cuerpo. Y siendo la temperatura del aire el objetivo a medir, es necesario el uso de los termómetros.

Para establecer la escala del termómetro se consideran como puntos de referencia dos temperaturas fijas que ofrece la Naturaleza: una, la del hielo que se está fundiendo, y otra, la del vapor de agua destilada, cuando la ebullición se realiza al nivel del mar.

Presión Atmosférica.

La presión atmosférica es la presión que ejerce la capa de aire encima de un lugar determinado, dicha capa de aire es cada vez menor cuanto más elevado sea el lugar respecto al nivel del mar.

El valor de la presión atmosférica en los barómetros se mide por la altura de la columna de mercurio a que se equilibra.

En meteorología se usan el milibar (mb) o los milímetros de mercurio como unidades de medición. Un milibar es igual a 1000 dinas por centímetro cuadrado y en peso corresponde aproximadamente al de tres cuartas partes de un milímetro de mercurio por centímetro cuadrado. Sin gran error, se pasa de una presión dada en milímetros a la expresada en milibares, añadiendo al número de milímetros su tercera parte. Por ejemplo una presión de 760 mm de mercurio es aproximadamente igual a la presión de $760 + (760/3) = 1013.3$ mb. Por lo contrario, se pasa de milibares a milímetros restando a éstos su cuarta parte. Así, $1013.3 - (1013.3 / 4) = 760$ mm.

Viento.

Viento es el aire en movimiento; si es en sentido horizontal se denomina *advección*; y si es en sentido vertical, *convección*. En la atmósfera libre las corrientes de aire pueden tener una dirección cualquiera, en una componente vertical (de ascenso o descenso) y otra horizontal. Al nivel del suelo sólo son posibles los movimientos paralelos al terreno; pero a poca altura, sobre todo en días cálidos y en lugares soleados, se encuentran corrientes de direcciones más o menos inclinadas y a veces completamente verticales.

El viento horizontal, o sea tal como se observa en una estación meteorológica ordinaria, se define por dos parámetros: la dirección y la velocidad.

La dirección se designa por el rumbo del cual viene el viento y no aquel al cual se dirige. Así, para un viento que procede del Norte su dirección es Norte.

Los rumbos se refieren a la rosa náutica, reducida generalmente a ocho de sus direcciones, N, Ne, E, Se, S, Sw, W, Nw, a contar desde el norte geográfico verdadero (no el magnético).

Por calma se entiende no sólo la falta de viento sino también aquel que sopla muy débil. Es frecuente tomar como norma decir que hay calma cuando la velocidad del viento no llega a los 5 km/hr (la velocidad de un hombre caminando normalmente). Por supuesto el registro del número de calmas en las estaciones meteorológicas tiene la misma importancia práctica que el de mayores intensidades.

La velocidad se puede expresar en metros por segundo, también en kilómetros por hora. En climatología es también frecuente que se dé el recorrido total del viento durante un día, un mes o un año, expresado por kilómetros.

En nuestro caso la dirección del viento nos la proporcionará una veleta que es un instrumento que indica la dirección del viento y está formado esencialmente por una barra que en un extremo termina en punta de flecha, en tanto que en el otro lleva incrustada una lámina que realiza funciones de timón y la cual sirve de estabilizador. En tanto que la velocidad de viento se registrará con un *anemómetro* de cazoletas, el cual consiste en tres varillas situadas en un plano horizontal, que sostienen en sus extremos unos hemisferios huecos que presentan la concavidad en el mismo sentido. El empuje del viento es mayor en la cara cóncava de esas cucharas que en la convexa y, en consecuencia, el sistema gira siempre en el mismo sentido, cualquiera que sea la dirección del viento.

Humedad Atmosférica.

La humedad contenida en la atmósfera procede del agua evaporada en los mares, ríos, lagos, presas, bordos, etc. Y en los suelos con agua de lluvia. La evaporación es mayor cuanto más elevada es la temperatura de la capa de agua superficial y cuanto más veloz y seco es el viento que pasa por encima de ella.

El peso de vapor de agua que puede estar contenido en un volumen dado de aire depende esencialmente de la temperatura: a cada temperatura corresponde una cantidad máxima de vapor, con la cual el aire queda saturado. Generalmente cuando la cantidad de vapor presente en el aire es inferior a la de saturación el vapor es invisible y mientras continúa en ese estado se comporta casi como los gases permanentes. Pero tan pronto como su cuantía excede al valor de saturación, el excedente no puede permanecer en forma gaseosa y se condensa, formando gotas líquidas o cristales de hielo, y constituye, según las circunstancias, una niebla o una nube.

3.- COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

Una estación meteorológica es un equipo integrado por varios sistemas (mecánico, eléctrico, electrónico y de computo) los cuales desarrollan una función específica de entregar como resultado final datos meteorológicos medidos por sus variables, estos equipos requieren manejo cuidadoso y continuo para obtener resultados de calidad.

a) TORRE METEOROLOGICA.

Estructura metálica que permiten la instalación de los instrumentos de medición (sensores meteorológicos) en forma adecuada, su función es permitir la ubicación a los sensores a una altura específica y lejos de obstáculos, para una óptima medición, la estructura está diseñada para soportar las cargas de las operaciones del personal de mantenimiento y las variaciones del viento entre otras.

b) HERRAJES

Los conforman los elementos de sujeción, los cuales permiten mantener a la torre en la posición vertical y consecuentemente permiten hacer los ajustes periódicos de orientación y nivelación a la torre meteorológica.

c) INSTRUMENTOS DE MEDICION (SENSORES)

La instrumentación que constituye la estación meteorológica de la Refinería esta conformada por:

Sensores: estos sensores son: velocidad y dirección de viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar y presión barométrica. Estos detectan las variaciones de los parámetros meteorológicos en el entorno a los sensores, los cuales transmiten señales eléctricas al sistema de adquisición de datos.

Computadora personal: este instrumento se encarga de visualizar de forma gráfica los datos meteorológicos medidos y además es la que se encarga de configurar el Datalogger.

d) INTERFACES

Las interfaces utilizadas en la estación meteorológica, la constituyen los cables y los conectores que unen a cada uno de los sensores con el sistema de adquisición de datos (datalogger) así, como los cables que transmiten la información del datalogger a la computadora.

e) SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS (DATALOGGER)

Este componente es también conocido como Datalogger se puede considerar como el cerebro de la estación ya que se encarga de recolectar, manipular y almacenar datos medidos por los sensores, también clasificar y procesar la información para ser presentada en su display, cuenta con una memoria que permite almacenar datos por un periodo de 30 días aproximados.

f) SOFTWARE MICROMET PLUS

Met One Instruments, Inc. Introdujo Micromet Plus, que es un software de colección y reporte de datos meteorológicos para Windows 95. Micromet Plus toma un máximo de ventaja de la tecnología del datalogger, sin que el usuario tenga que aprender una variedad de comandos. Micromet Plus trabaja con cualquiera de los datalogger Micromet de Met One Inc.

El software Micromet Plus consta de las siguientes características:

- Interfaz gráfica de Windows
- Planos, gráficas y reportes
- Gráficos de rosa de vientos
- Editor de base de datos
- Impresión automática de reportes

Micromet Plus expande activamente el proceso de colección de datos para incluir la recolección automática de varios Dataloggers remotos. Este puede entrar y registrar datos desde cada sitio, así como también prepara impresiones especiales de cada estación. Las impresiones pueden ser personalizadas por el operador para incluir toda las mediciones elegidas. Cada configuración específica de sitios remotos es activada desde un solo archivo de iniciación que esta en un disco.

Este archivo INI establece los canales de entrada de las variables que van a ser usadas, así como el lugar dentro de la memoria del datalogger.

La interfaz de las gráficas del software Micromet Plus permiten al operador ver los datos en diferentes formatos. Ellos incluyen el formato tabular normal, así como en gráficas de líneas, gráficas de barras, o como estilo 3D.

Estas gráficas de tendencia aparecen en la ventana local y pueden ser impresas en impresora laser o de inyección de tintas. Las gráficas rosa de viento, que indican la frecuencia de vientos en 16 direcciones pueden ser calculadas y desplegadas para un periodo de tiempo seleccionado.

g) UPS (SISTEMA ININTERRUMPIBLE DE ENERGÍA ELÉCTRICA)

Este equipo permite almacenar y filtrar la onda de energía eléctrica con el propósito de respaldar la alimentación de una carga debido a una suspensión de energía eléctrica del sistema central durante aproximadamente 15 minutos.

h) SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

Este sistema permite aterrizar los equipos de la estación y al mismo tiempo la conexión del pararrayos de la torre, protegiéndola contra descargas atmosféricas y al mismo tiempo evita las distorsiones de la señal de alimentación de energía eléctrica, este sistema protege la estación en un radio de 2 a 4 km aproximadamente.

3.1 INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN

Antes de proceder a la instalación de una estación meteorológica es imprescindible precisar la finalidad inmediata o futura de esta, la cual ha de responder a estos requerimientos. Cualquiera que sea la finalidad o propósitos del observador, obliga la organización de la información y el manejo de la estación desde el primer momento de una manera tan perfecta como sea posible.

Esto se debe de tomar muy en cuenta porque millares de observaciones hechas con toda constancia han resultado inútiles, o lo que es peor, han contribuido con datos erróneos a crear desorientaciones y dudas, por no haber puesto en el momento de la instalación y en el método de trabajo, el esmero necesario por parte del observador.

En general, las condiciones que ha de satisfacer la estación son:

- a) Frecuente circulación del aire y buena visibilidad en todas direcciones.
- b) Ubicada preferentemente a 10 mts. por encima del edificio más alto que esté en el lugar de instalación o en su caso alejada aproximadamente 50 mts. de muros altos que puedan alterar la temperatura del aire ya sea por el calor reflejado por los muros o por efecto del humo de las chimeneas.
- c) Alejada de obstáculos susceptibles de producir remolinos. Esta condición se ha de tener especialmente en cuenta para la medición de la lluvia y del viento.

Se recomienda dificultar el acceso a las personas ajenas a la estación para evitar daños al equipo, para este caso es conveniente disponer de un área reservada y cercada con malla de alambre para permitir la libre circulación del aire para el funcionamiento de la estación.

En previsión de que los datos que se obtengan se puedan aprovechar en estudios diversos, es conveniente precisar la situación geográfica de la estación por sus coordenadas geográficas: latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar.

El conocimiento de esta última es necesario para interpretar variados fenómenos y deducir algunos datos meteorológicos.

Para algunas observaciones, en particular las del viento y nubes, es necesario saber con exactitud la dirección de los puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste, Noroeste, Noreste, Suroeste, Sureste).

Un punto que no ha de olvidar el observador en su propio aprendizaje, es tener presente que es él mismo quien da valor efectivo al observatorio (estación), y no los aparatos, que no son más que sus utensilios.

Por otro lado se deberán de archivar con orden los resultados de las observaciones, registrando la fecha y el nombre de la estación. La estación meteorológica que se instaló permite la recopilación de datos meteorológicos en forma semiautomática.

4.- TIPO DE ESTACION METEOROLOGICA CON LA QUE CUENTA LA REFINERIA.

De acuerdo con las normas establecidas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) existen diferentes clasificaciones de estaciones meteorológicas de acuerdo con su finalidad, magnitud de observaciones y por su lugar de observaciones.

La estación meteorológica con la que se cuenta en el Laboratorio de Calibración y que es similar a las que están instaladas en las refinerías, y pertenecen al tipo de estación denominada como "ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE SUPERFICIE SEMIAUTOMÁTICA" ya que esta evalúa los diferentes elementos que conforman una observación meteorológica.

Una estación meteorológica comprende dos partes fundamentales Hardware y Software, de donde el Hardware contiene, componentes mecánicos (estructura o torre con todos sus herrajes, tirantes o tensores), eléctricos (fuente de alimentación 127/12 volts C.A. tablillas de conexión e interfaces y sistema de tierras), electrónicos (Datalogger) y, donde el Software corresponde al programa de configuración para el Datalogger. Los programas que se encuentran instalados dentro de la PC son el sistema operativo Windows 95 y el software Micromet Plus 2.2.

5.- BENEFICIOS QUE PUEDE PROPORCIONAR UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA A LA REFINERIA.

- Disponer de información meteorológica de forma histórica que permita respaldar confiablemente la elaboración de los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos.
- Disponer de información que podrá utilizarse como herramienta en las auditorías y contingencias ambientales.
- Proporcionar información meteorológica que respalde algunos procesos petroquímicos de la Refinería.

- Que cuente con elementos de juicio para tomar las previsiones en caso de contingencia ambiental.
- Para contar con información bien documentada con el propósito de que la Refinería este respaldada contra las sanciones de PROFEPA.
- En la previsión del tiempo.

6.- MANEJO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

Guía rápida para el manejo de las funciones del datalogger micromet.

A. DISPLAY

Esta tecla controla el display. Las funciones del datalogger continúan aún estando apagado el display. Utilice ésta tecla cuando quiera visualizar los datos de entrada. Cuando se pulsa la tecla el display mostrará el mensaje "**SELECT FUNCTION**". Ésta es la señal de que el sistema está listo para operar.

B. TIME / DATE

Cuando se pulsa, esta tecla mostrará la hora establecida en el datalogger. Púlsela nuevamente para visualizar la fecha. Si continúa presionando seguirá cambiando de hora a fecha. Ninguna modificación a la fecha u hora puede hacerse desde aquí ya que la tecla es solo de visualización.

C. SCAN INPUTS

Utilice ésta tecla para examinar las lecturas del datalogger. Cuando se pulsa, el display mostrará el valor actual de entrada para el primer canal. Utilice las flechas **ARRIBA** y **ABAJO** para ver los demás canales de los otros sensores.

D. SCAN AVERAGES

Pulse esta tecla para ver el promedio más reciente de los datos grabados. Cuando se pulsa la tecla el display mostrará el día del último promedio. Si no hay ningún dato grabado el display dirá "**NO DATA FOUND**". Utilice las flechas **ARRIBA** y **ABAJO** para pasar de un canal a otro de los elementos del arreglo.

E. VERIFY PROGRAM

Cuando la tecla Verify Program se pulsa, el display mostrará **SIGNATURE** seguida de un número. Este número se refiere a las instrucciones específicas de programación del datalogger las cuales se especifican en el disco de estación.

F. OTROS CONTROLES

1. Reseteado del Teclado

Si el display se bloquea por alguna razón, éste puede ser reseteado sin afectar en nada al datalogger, simplemente presionando el botón de reseteado para el teclado, ubicado detrás del panel frontal. El botón se encuentra en la parte superior izquierda de la tablilla de interface.

2. Contraste del Display

Para mejorar la vista del display, se puede ajustar el contraste. El control del contraste se ubica en la tablilla de interface justo arriba de las terminales de conexión del sensor. Y sólo se necesita un desarmador de relojero para cambiar el ajuste del contraste.

Micromet Plus Software versión 2.2

Micromet Plus esta basado en una colección de programas que permite el manejo de datos meteorológicos, el cual cuenta con un formato de pagina de fácil manejo para una rápida comunicación, colección de datos y al mismo tiempo elabora reportes de datos meteorológicos. el programa **CONSOLES** simplifica la identificación de la estación y establece los parámetros que usa el programa **GRAPHIX** para generar gráficas puntuales y diagramas de rosa de viento que cumplen completamente con la EPA (Environmental Protection Agency).

Micromet Plus esta dividido en cuatro programas, cada programa puede correr de forma independiente. Esto permite a los usuarios trabajar eficientemente, los cuatro programas son: **CONSOLE, GRAPHIX, INIGEN Y DBSFIX.**

CONSOLES

CONSOLES consiste de tres carpetas. Estas carpetas simplifican los parámetros de auto-recopilación, sistema de comunicación, y otros. Las estaciones pueden ser agregadas, borradas o modificadas desde este programa. Los datos pueden ser recogidos automática o manualmente y después se pueden mostrar, imprimir o exportar.

GRAPHIX

GRAPHIX contiene cuatro carpetas. Las cuales proporciona un resumen de la información de la estación activa. Posteriormente se puede revisar los promedios diarios o por hora para exportar o graficar. Las gráficas escalares o rosa de vientos que pueden ser graficadas o se pueden imprimir para cualquiera de los datos.

INIGEN

INIGEN consiste de cinco carpetas. Su propósito es solo crear un disco de estación para propósitos de configuración de base de datos, para que coincida con los sensores y el datalogger para cada estación.

DBSFIX

DBSFIX proporciona asistencia para corregir problemas con la base de datos, los cuales pueden ocurrir de diversas maneras (como un cerrado impropio de la aplicación, una falla de energía mientras se procesan los datos) o cuando se instala una nueva versión del micromet plus.

DDE SERVER

El DDE es la maquina que dirige la base de datos. Este se abre automáticamente y se ejecuta en el fondo cuando están corriendo CONSOLES o GRAPHIX. Este debe de permanecer abierto cuando se ejecuten estos dos programas. Este debe ser cerrado al cerrar la computadora, para eliminar la posibilidad de modificar los datos.

PROGRAMA CONSOLES

CONSOLES es usado para toda comunicación entre la computadora y el datalogger. Además de recobrar datos, consoles puede crear reportes. Existen tres carpetas en consoles:

1. Carpeta CONECTAR.

CONNECT es usado para recobrar datos, monitorear las mediciones en tiempo-real, establece el reloj del datalogger, borra la memoria del datalogger, y otras funciones.

2. Carpeta DATOS.

Desde esta carpeta, se pueden observar los datos, crear archivos para exportar, e imprimir reportes.

3. Carpeta SISTEMA.

Esta carpeta es donde se establecen las comunicaciones. El puerto COM, el promedio de baudios, el nombre de la estación y su dirección, y también se selecciona el tipo de datalogger.

PROGRAMA GRAPHIX

GRAPHIX hace gráficas diagramas de rosa de vientos fácilmente. Cualquier medición puede ser graficada usando los datos crudos y se pueden imprimir con el click izquierdo del ratón. Se pueden imprimir reportes de horas o de días fácilmente. Existen cuatro carpetas en graphix:

1. Carpeta SISTEMA.

Esta carpeta proporciona toda la información necesaria para asegurar que los datos de una estación correcta sean los visualizados. Una memo esta disponible para hacer notas, paréntesis sobre la estación elegida.

2. Carpeta DATOS.

La carpeta datos en el programa graphix es idéntica a la carpeta datos en el programa CONSOLES para poder generar reportes.

3. Carpeta TENDENCIO CUADRO.

Una gráfica de tendencia de la medición elegida es desplegada en parte de la ventana de la carpeta. Un calendario es desplegado, para hacer una selección simple. Las gráficas pueden mostrarse como barra, área, línea o gráficas puntuales.

4. Carpeta ROSA DE VIENTO.

Esta ventana esta dividida entre las secciones de parámetros y el diagrama de rosa de viento. Un calendario muestra el día de la gráfica. Se puede elegir cualquier numero de días que se desee incluir. La gráfica puede ser escalada fácil y rápidamente para que se pueda leer con cualquier dato.

Procedimientos.

Procedimiento para visualizar datos en tiempo real.

Se abre el programa CONSOLES y se presiona el botón **MONITOR**. En ese momento se despliegan los datos en tiempo real del datalogger y se actualizan cada 5 segundos. Esta pantalla debe usarse para verificar la operación del datalogger y los sensores.

Procedimiento para recuperación de datos.

Para la recuperación de los datos se tiene que esperar por lo menos un promedio de muestreo (es decir por lo menos una hora), después se abre el programa **CONSOLES** y del lado derecho aparecen tres botones **RECOBRAR, MONITOR Y EXTENDIDO** se da click en **RECOBRAR**. Se verán números que aparecen en la ventana terminal (ventana negra).

Cuando la recuperación esta hecha, una ventana dirá, recuperación de datos terminada y se da click en ok. Para observar los datos recuperados se da click en la carpeta datos que esta en la parte superior de la pantalla y se pueden examinar los datos.

Procedimiento para visualizar la Rosa de Vientos.

Para poder visualizar la gráfica de Rosa de Vientos se abre el programa **GRAPHIX** y se da click en la carpeta **VIENTO ROSA**, en la parte izquierda de la pantalla se selecciona el año, el día y el mes, y automáticamente aparece la gráfica.

También se pueden graficar varios días. Para esto se selecciona en el calendario el día de inicio y en la parte inferior del calendario se selecciona en donde dice No. de días, se selecciona el numero de días que se quiere graficar y se presiona el botón inicio que se encuentra a la derecha y aparece la gráfica.

Si se desea imprimir la gráfica solo se presiona el icono de la impresora.

Procedimiento para visualizar gráficas de una sola variable.

Para visualizar las gráficas se abre el programa **GRAPHIX** y se da click en la carpeta **TENDENCIO CUADRO** en la parte superior izquierda en donde dice **CANAL** se selecciona el sensor del cual se quieren graficar los datos y en la parte derecha se selecciona el año, el mes y el día y automáticamente aparece la gráfica.

También se pueden graficar varios días. Para esto se selecciona en el calendario el día de inicio y se selecciona el No. de días que se quiere graficar. En los botones de abajo se selecciona el tipo de gráfica que se desea ver (barras, puntos, líneas, etc.)

RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE LA ESTACIÓN

- Revisión diaria de la información meteorológica, mediante el software Micromet Plus.
- Recuperación de datos meteorológicos dos veces por semana de preferencia el día lunes y viernes de cada semana.
- Inspección periódica del estado físico de la estructura y herrajes.
- Identificación de anomalías en sensores, sistema de adquisición de datos (Datalogger) y software.

◆ GLOSARIO

METEOROLOGÍA

AIRE: mezcla de sustancias gaseosas, que forman la atmósfera. Sus principales componentes son:

78% de Nitrógeno
21% de Oxígeno
1 % de gases raros

ACTIVIDAD CONVECTIVA: movimiento vertical del aire originado principalmente por el calentamiento solar sobre el suelo.

ADIABATICO: proceso por el cual un volumen de aire se enfría por expansión y se calienta por compresión, sin intercambiar calor con el medio ambiente.

ADVECCION: transporte de una propiedad atmosférica (humedad y temperatura) al desplazarse horizontalmente grandes volúmenes de aire.

ALICIOS: sistema de vientos relativamente constantes en dirección y velocidad, que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud hacia el ecuador. En el hemisferio norte soplan del noreste, y del hemisferio sur del sureste. Los alios del hemisferio norte y hemisferio sur, se encuentran en la zona de convergencia intertropical.

Los vientos alizos fluyen sobre el territorio Mexicano durante el verano.

ALTA PRESION: sistema de presión de isobaras cerradas en donde la presión aumenta hacia el centro y en donde se manifiestan las condiciones anticiclónicas llamado también buen tiempo. Generalmente una presión atmosférica alta se asocia con cielos despejados, ambiente seco y baja probabilidad de lluvia.

BAJA PRESION: sistema de presión de isobaras cerradas en donde la presión disminuye hacia el centro del sistema, en estas condiciones la circulación es ciclónica también llamada depresión o borrasca. Una baja presión nos pronostica mal tiempo, lluvia y tormenta.

BRUMA: es la dispersión y suspensión en el aire de sales minerales en estado molecular. Principalmente esta formado por cloruro de sodio o sal común, pero también puede contener fragmentos del suelo, cenizas, etc.

INSTRUMENTACIÓN

BAROMETRO: Instrumento que mide la presión atmosférica, definida esta como la fuerza que ejerce el aire por unidad de superficie.

ANEMOMETRO: Instrumento que sirve para indicar la velocidad del viento.

TERMOMETRO: Instrumento que mide la temperatura, los hay del tipo capilar y eléctricos.

HIGRÓMETRO: Instrumento que permite medir la humedad del aire. Son de distinta clase según su utilidad podrá determinar la humedad absoluta, el punto de rocío o la humedad relativa.

DATALOGGER: Es un sistema que sirve para la adquisición, lectura y archivo de los datos generados en los sensores de la estación meteorológica.

◆ SOPORTE TECNICO

Para cualquier duda o aclaración por favor consulte al Laboratorio de Calibración del Instituto Mexicano del Petróleo.

Dir.: Eje Central Lázaro Cárdenas #152
C.P. 07730
México D.F.
Gerencia de Protección Ambiental

Tel.: 30 03 70 61 ó 30 03 70 63

e-mail: rcortes@www.imp.mx

BIBLIOGRAFÍA:

- AYLÓN TORRES, Teresa. "Introducción a la observación meteorológica". Editorial Limusa, S.A., México 1983.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. "Compendio de apuntes para la formación de personal meteorológico CLASE III - Meteorología General -". México 1993.
- MET ONE INSTRUMENTS. "Micro Met Plus (Software Version 2.2) OPERATION MANUAL".

Glosario

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Acreditación: es el acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica, material y humana y la confiabilidad de los organismos de certificación, de los laboratorios de prueba, de los laboratorios de calibración y de las unidades de verificación para que ellos evalúen la conformidad.

Aseguramiento de la Calidad: conjunto de actividades planeadas y sistémicas implantadas dentro del sistema de calidad y demostradas según se requiera, para proporcionar confianza adecuada de que un elemento cumplirá los requisitos para la calidad.

Calibración: conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada, y los valores correspondientes de la magnitud realizada por los patrones.

Notas:

- 1 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 de asignar valores a los trazos hechos sobre escalas arbitrarias.
- 2 El resultado de una calibración puede ser registrado en un documento, algunas veces llamado "certificado de calibración".

Calidad: es el conjunto de características de un elemento siendo este un producto o servicio, que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades implícitas y explícitas del cliente.

Calidad Total: forma de administrar una organización centrada en la calidad, basada en la participación de todos sus miembros y orientada al éxito a largo plazo, a través de la satisfacción del cliente y en beneficio de todos los miembros de la organización y de la sociedad.

Certificación: es la acción de constatar en forma confiable que un producto, proceso o servicio es conforme con una norma específica u otro documento normativo y la realizan organismos independientes acreditados para ello. Dentro de esta actividad, se encuentra la certificación en sistemas de calidad con base en normas de referencia.

Control de Calidad: técnicas y actividades de carácter operacional, utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad.

Corrección: es el valor que hay que añadir al resultado de una medida para compensar cualquier error conocido y, por consiguiente, obtener una aproximación mayor al valor verdadero.

EMA: a partir del 15 de enero de 1999 la Secretaría de Economía autorizó la operación de la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. (EMA). Dicha autorización se publicó en el Diario Oficial de la Federación de la misma fecha. La Dirección General de Normas ya no acredita.

Error: es la diferencia entre los resultados de una medida y el valor verdadero de la magnitud medida.

Nota:

Este término se utiliza también para expresar la diferencia que existe entre el resultado de una medida y la mejor aproximación al valor verdadero (en lugar del mismo valor verdadero). La mejor aproximación puede ser la media de varias o de muchas medias.

Error aleatorio: es la parte de error que varía de manera imprevisible en magnitud y signo cuando se hacen medidas del mismo valor de una magnitud determinada en las mismas condiciones.

Error de inercia: es el error que una serie de medidas tiene debido al tiempo finito de respuesta del instrumento de observación ante las variaciones de la magnitud aplicada.

Error de paralaje: este error se produce cuando el índice de un instrumento está a una cierta distancia de su escala y la línea de visión del observador no es perpendicular a dicha escala.

Error sistemático: es la parte de error que:

- a) Permanece constante durante el curso de cierto número de medidas del mismo valor de una magnitud dada; o bien
- b) Varía de acuerdo con una ley definida cuando las condiciones cambian.

Evaluación de la conformidad: es determinar el grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. Comprende, entre otros, los procedimientos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

Exactitud: es la proximidad de acuerdo entre medidas independientes de una sola magnitud, obtenidas aplicando varias veces un procedimiento establecido de medida, en condiciones prescritas.

Nota:

La precisión se relaciona con la proximidad a la verdad: la exactitud se refiere únicamente a la proximidad entre las medidas.

Exposición radiante: es la suma diaria de la radiación global.

Incertidumbre: es el intervalo dentro del cual puede esperarse que esté comprendido el valor verdadero de una magnitud, dentro de una probabilidad establecida.

Irradiancia: se define como el flujo radiante de cualquier origen, el cual incide sobre algún elemento de la superficie terrestre, sus unidades son los Watts por metro cuadrado ($W m^2$).

Laboratorio: organismo que calibra o realiza pruebas (ensayos), o ambos, en o desde un lugar permanente.

Material de referencia: un material o sustancia con una o más propiedades, las cuales están suficientemente bien establecidas para utilizarse en la calibración de un aparato, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.

Medida: acción que tiene por objeto asignar un número como valor de una magnitud física en las unidades establecidas.

Medida de referencia: es una medida que se ha hecho utilizando el estado más avanzado de la ciencia y las últimas tecnologías. El resultado se utiliza para hacer una mejor aproximación al valor verdadero.

Metro geopotencial: El metro geopotencial tipo se define como 0,980 665 del metro dinámico y para los niveles de la troposfera el geopotencial se aproxima en valor numérico a la altura expresada en metros.

Norma oficial mexicana (NOM): es la regulación técnica de carácter obligatorio que contiene terminología, clasificación, características, cualidades metrológicas, especificaciones, muestreo y métodos de prueba que deben cumplir los productos y servicios o procesos cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal o vegetal, el medio ambiente general o laboral, o bien, causar daños en la preservación de los recursos naturales.

Norma mexicana (NMX): es el instrumento técnico elaborado por un organismo nacional de normalización y, a falta de éste por la SECOFI, el cual establece especificaciones de referencia para elevar la calidad de los bienes y servicios.

Patrón: instrumento de medida por el que se pretende definir, representar físicamente, conservar o reproducir la unidad de medida de una magnitud, con objeto de transmitirla a otros instrumentos de medida por comparación.

Patrón primario: es un patrón de una magnitud determinada que posee la más alta calidad metrológica en una especialidad determinada.

Notas:

- 1 El concepto de patrón primario es igualmente válido para las unidades básicas y las unidades derivadas.
- 2 El patrón primario nunca es utilizado directamente para medidas que no sean las de comparación con patrones duplicados o patrones de referencia.

Patrón secundario: es un patrón cuyo valor queda fijado por comparación directa o indirecta con un patrón primario o por medio de un método de valores de referencia.

Patrón de referencia: es un patrón secundario, con el cual se comparan otros patrones de menor precisión.

Patrón de trabajo: es un patrón, que habiendo sido calibrado con un patrón de referencia, tiene por objeto verificar los instrumentos ordinarios de medida que tienen menor precisión que él.

Patrón internacional: es un patrón reconocido mediante un acuerdo internacional para que pueda servir internacionalmente como base para fijar el valor de todos los otros patrones de la magnitud de que se trate.

Patrón nacional: es un patrón reconocido mediante decisión oficial nacional como base para fijar el valor, dentro de un país, de todos los otros patrones referentes a determinada magnitud.

Precisión: es la concordancia entre una medida y el valor verdadero. Esto supone que se han aplicado todas las correcciones conocidas.

Prueba (ensayo): una operación técnica que consiste en la determinación de una o más características o funciones de un producto, material, equipo, organismo, fenómeno físico, proceso o servicio dado, de acuerdo con un procedimiento específico.

Repetibilidad: es la proximidad del acuerdo cuando existen errores aleatorios, entre las medidas del mismo valor de una magnitud, obtenidas en las mismas condiciones, por ejemplo, por el mismo observador, el mismo instrumento, en el mismo emplazamiento y después de intervalos de tiempo evidentemente cortos para que no puedan producirse diferencias reales.

Reproductibilidad: es la proximidad de acuerdo entre medidas del mismo valor de una magnitud, obtenidas en distintas condiciones, por ejemplo, por distintos observadores, distintos instrumentos, distintos emplazamientos y después de intervalos de tiempo suficientemente largos para que puedan producirse diferencias erróneas.

Resolución: es el cambio más pequeño de una variable física que puede causar una variación en la reacción del sistema de medida.

Saturación: se dice que el aire húmedo está saturado, para una presión y una temperatura dadas, si su razón de mezcla es tal que el aire húmedo puede coexistir en equilibrio indiferente con una fase condensada asociada (líquida o sólida) a la misma temperatura y a la misma presión, siendo plana la superficie de contacto entre ambas fases.

Sistema de calibración: la estructura organizacional, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos para implantar la administración de las calibraciones.

Sistema de calidad: es la estructura orgánica, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos necesario para implantar la administración de ésta, es decir que se incluyen las actividades necesarias para proporcionar la confianza de que se cumplirán todos los requisitos que establece dicho sistema. Un sistema de calidad considera las interacciones humanas como una parte decisiva, por lo que desarrolla las habilidades y capacidades del personal y lo motiva para mejorar la calidad y satisfacer las expectativas del cliente con relación a la imagen, cultura de calidad y desempeño de la organización.

Telómetro de nubes: es un instrumento meteorológico que es básicamente un reflector o proyector luminoso, el cual proporciona un haz de luz suficientemente estrecho e intenso, que se utiliza para la medida nocturna de la altura de la base de las nubes.

Tiempo de respuesta: es el tiempo que transcurre, después de que se haya producido un cambio instantáneo en la magnitud que se mide, hasta que la lectura muestre una proporción establecida del cambio instantáneo aplicado.

Trazabilidad: la propiedad de un resultado de una medición por medio del cual se puede relacionar a patrones adecuados, generalmente patrones internacionales o nacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

Valor verdadero: es el valor que se supone caracteriza a una magnitud en las condiciones que existen en el momento en que dicha magnitud es observada. Es un valor ideal que sólo podría ser conocido si todas las causas de error fuesen eliminadas.

Verificación: comprobación de las propiedades de funcionamiento y uso de los instrumentos de medición, y que estos satisfacen las tolerancias de exactitud establecidas en las normas oficiales mexicanas aplicables.

Nota:

Con relación a la administración del equipo de medición, la verificación proporciona un medio para comprobar que las desviaciones entre los valores indicados por un instrumento de medición y el correspondiente valor conocido de una cantidad medida, son consistentemente menores que el error máximo permitido definido por una norma, regulación o especificación peculiar en la administración del equipo de medición. El resultado de una verificación conduce a una decisión sobre el instrumento para continuar en servicio, o ajustarlo, o repararlo, o degradarlo, o para declararlo obsoleto. En todos los casos se requiere de un rascuo documental de la verificación desarrollada para mantener un registro individual del instrumento de medición.

Bibliografía

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuentes de información bibliográfica

- ASHRAE, *Fundamentals Handbook*, U.S.A., American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning, 1989.
- ASHRAE, *Manual de refrigeración, sistemas y aplicaciones*, U.S.A., American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning, 1990.
- Ayllón, Teresa y Jesús Gutiérrez, *Introducción a la observación meteorológica*, México, Limusa, 1983.
- CENCADE (Centro de capacitación y adiestramiento, S.C.), *Manual de la Normatividad Internacional ISO-9000*, México, 2000.
- CENCADE (Centro de capacitación y adiestramiento, S.C.), *Manual del taller de Análisis e Interpretación de la Norma ISO-9001:2000*, México, 2001.
- García Pelayo Ramón y Gross, *Pequeño Larousse Ilustrado*, Ediciones Larousse, México, 1986.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y pruebas*, México, 2000.
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., *Norma Mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2000, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, México, 2000.
- Organización Meteorológica Mundial, *Compendio de apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación del personal meteorológico de las clases III y IV*, Volumen I, Ginebra Suiza, 1996.
- Organización Meteorológica Mundial, *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*, Ginebra Suiza, 1990.
- Letayf Acar Jorge y González González Carlos, *Seguridad, Higiene y Control Ambiental*, 1ª ED., México, Mc Graw Hill, 1994.
- Library of Congress Cataloging in Publication Data, *Dictionary of American English*, U.S.A. Longman, 1983.
- Met One Instruments, Inc., *Meteorological monitoring system, operation manual*, U.S.A., 1997.
- Muñoz Razo Carlos, *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*, México, 1ª. ED., Pearson, 1998.
- Stephen J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*, México, 2ª ED, Mc Graw Hill, 1993.
- (U.S.) Environmental Protection Agency Research Triangle Park, NC., *On-site Meteorological Program Guidance for Regulatory Modeling Applications*, U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service (NTIS), 1987.
- Zavala Ruiz Roberto, *El libro y sus orillas*, México, 3ª ED., México, UNAM, 1997.



**Fuentes de información
Páginas de Internet**

- www.bsi.org.uk/iso-tc176-sc2
(Sitio de Internet del Subcomité 2 del ISO/TC 176)
- www.economia.gob.mx
(Sitio de Internet de la Secretaría de Economía del Gobierno de la República)
- www.cma.org.mx
(Sitio de Internet de la Entidad Mexicana de Acreditación)
- www.iso.ch
(Sitio de Internet de la ISO)
- www.metone.com
(Sitio de Internet Met One Instruments)
- www.smn.cna.gob.mx/SMN.html
(Sitio de Internet del Servicio Meteorológico Nacional)
- www.tc176.org
(Sitio de Internet del ISO/TC 176)

