

SERIE AUTODIDÁCTICA EN MATERIA DE NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS CON LA INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN

UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-007-SCFI- 2000, ANÁLISIS DE AGUA—DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS— MÉTODO DE PRUEBA

11

Autores: Miguel A. Reyes Filio

Dalmey Villegas Sosa

Revisores CNA: Miriam Beth Arreortúa Cosmes

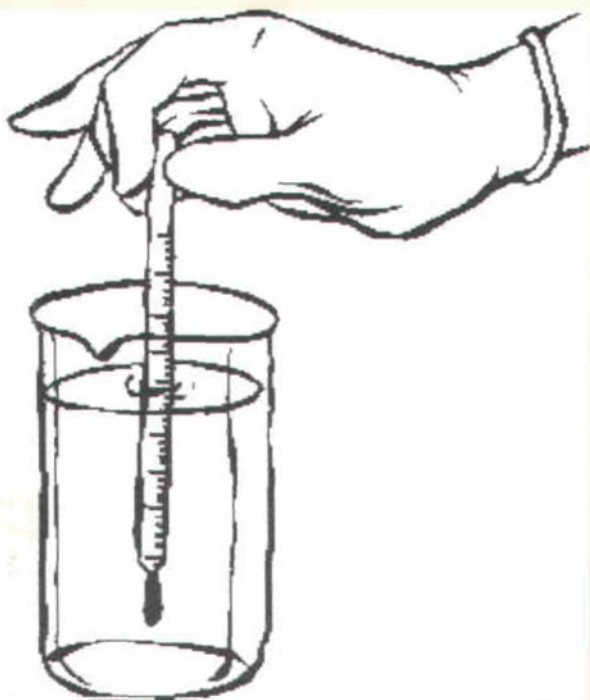
Luis Miguel Rivera Chávez

Revisores IMTA: Marco A. Toledo Gutiérrez

Clara Levi Levi

Ana Cecilia Tomasini Ortiz

Editor: Dalmey Villegas Sosa



-
- © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT.
 - © Comisión Nacional del Agua, CNA.
 - © Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.

Edita:
Comisión Nacional del Agua.
Subdirección General de Administración del Agua.
Gerencia de Inspección y Medición.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Coordinación de Tecnología Hidráulica.
Subcoordinación de Calidad e Hidráulica Industrial.

Imprime:
Comisión Nacional del Agua

ISBN
968-817-619-2

Participantes:

En la realización de este documento colaboraron especialistas del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y de la Subdirección General de Administración del Agua, CNA.

Autores:
Miguel A. Reyes Filio
Dalmevy Villegas Sosa

Revisores CNA:
Miriam Beth Arreortúa Cosmes.
Luis Miguel Rivera Chávez.

Revisores IMTA:
Marco A. Toledo Gutiérrez.
Clara Levi Levi.
Ana Cecilia Tomasini Ortiz

Editor:
Dalmevy Villegas Sosa.

Corrector de estilo:
Antonio Requejo del Blanco.

Diseño de Presentación:
Clara Levi Levi.

Ilustraciones:
Eduardo Rodríguez Martínez.

Formación:
Gema Alín Martínez Ocampo

Portada:
Oscar Alonso Barrón

Para mayores informes dirigirse a:

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.
GERENCIA DE INSPECCIÓN Y MEDICIÓN.

Ing. Roberto Merino Carrión.
roberto.merino@cna.gob.mx

Insurgentes Sur 1228, 5º piso, Tlacoquemecatl del Valle, 03200, México, D. F., Tel. 01 (55) 55-75-87-45 y 55-75-84-20 ext. 14.

INSTITUTO MEXICANO DE
TECNOLOGÍA DEL AGUA.
SUBCOORDINACIÓN DE
CALIDAD E HIDRÁULICA
INDUSTRIAL.

M. I. Marco Antonio Toledo Gutiérrez.
mtoledo@tlaloc.imta.mx
Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, 62550, Jiutepec, Mor. Tel. y Fax: 01 (777) 3-29-36-80.

Derechos reservados por Comisión Nacional del Agua, Insurgentes Sur 2140, Ermita San Ángel, 01070, México, D. F. e Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, 62550, Jiutepec, Mor.

Esta edición y sus características son propiedad de la Comisión Nacional del Agua y del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

D.R. © Comisión Nacional del Agua
Primera edición: 2004

CONTENIDO

PREFACIO	5
¿PARA QUIÉN? ¿PARA QUÉ? Y EVALÚA SI SABES	6
INTRODUCCIÓN	7
1 ANTECEDENTES	7
1.1 <i>Reglamentación existente con anterioridad sobre el procedimiento para la determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.</i>	8
AUTOEVALUACIÓN 1	11
2 APLICACIÓN	12
2.1 <i>Cómo identificar que se cuenta con un instrumento de medición certificado, trazado o calibrado</i>	12
2.2 <i>Instrumentos que pueden emplearse, ventajas y desventajas de cada uno para la medición de temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.</i>	14
2.3 <i>Programa de calidad para la medición de temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.</i>	18
AUTOEVALUACIÓN 2	26
3 ANÁLISIS ESPECÍFICO	28
3.1 <i>Aplicación de la norma para usuarios que cuentan con descargas de aguas residuales</i>	28
AUTOEVALUACIÓN 3	30
BIBLIOGRAFÍA	32
GLOSARIO	34
RESPUESTAS A LAS AUTOEVALUACIONES	38
ANEXO	39

PREFACIO

La Comisión Nacional del Agua (CNA), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), tiene la atribución de administrar y custodiar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. Como parte de la estrategia de la CNA para preservar la calidad de las aguas nacionales, la Subdirección General de Administración del Agua, en colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), edita la segunda parte del "Paquete Autodidáctico en Materia de Normas Técnicas Relacionadas con la Inspección y Verificación" (Serie Naranja).

Esta segunda parte consta de ocho unidades que se elaboraron con la finalidad de presentar, de una forma sencilla y agradable para el lector, cada una de las normas relacionadas con la inspección y verificación; al igual que dar a conocer las bases legales en las que se sustentan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX) relacionadas con el sector hidráulico, su origen, fundamento y aplicación dentro de los procedimientos que implican una visita de inspección

El cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas es fundamental, ya que su propósito radica en establecer las especificaciones que deben cumplir los productos y procesos que puedan constituir un riesgo para la integridad y la salud humana; también un riesgo para las diferentes especies animales, vegetales y para el medio ambiente en general, así como para la preservación de los recursos naturales.

En las ocho unidades se desarrollaron tres puntos en especial, que son: antecedentes, aplicación y análisis específico.

La unidad 9 está relacionada con el muestreo de aguas residuales.

Las unidades 10, 11 y 12 están asociadas con normas referentes a las determinaciones de los parámetros de campo: materia flotante, temperatura y pH, respectivamente.

La unidad 13 está relacionada con el muestreo en cuerpos receptores.

En las unidades 14, 15 y 16 se habla de los requisitos sanitarios, muestreo, vigilancia y evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

Cada unidad cuenta con una presentación en disco compacto para PC (CD ROM), que resalta los aspectos más importantes señalados en el texto, y se apoya en fotografías e ilustraciones adicionales que refuerzan los conceptos planteados.

UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-007-SCFI-2000, ANÁLISIS DE AGUA–DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA

11

¿PARA QUIÉN?

Esta unidad se dirige al personal que forma parte de las brigadas de inspección y verificación, que se encargan de tomar mediciones de temperatura en aguas naturales, residuales y residuales, que son tratadas en cuerpos de agua de propiedad nacional y/o de bienes públicos inherentes.

¿PARA QUÉ?

Esta unidad se elaboró para proporcionar a los inspectores, las bases del ¿cómo?, ¿cuándo? y ¿por qué? se creó esta norma, así como dar a conocer quién la aplica y a quién está dirigida.

EVALÚA SI SABES

¿Qué ley, reglamento y norma anteceden a la publicación de la norma mexicana NMX-AA-007-SCFI-2000 *Análisis de agua - determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba?*

¿Por qué es importante la medición de la temperatura del agua?

¿Que valor máximo de temperatura es permisible?

¿Cuáles son los tipos de termómetros más empleados para medir la temperatura del agua?

¿Porqué es importante emplear termómetros calibrados en la medición de temperatura del agua?

¿Cómo se verifica la calibración vigente de los termómetros?

¿Cuando se emplean los termómetros de inmersión total o completa y de inmersión parcial?

¿Cuáles son los aspectos de ca-

lidad a cuidar en la medición de la temperatura del agua?

¿Cuál es el procedimiento para llevar a cabo las mediciones de temperatura en campo?

¿Cómo se representa la corrección y la incertidumbre de las mediciones en el proceso de medición de temperatura del agua?

¿Por qué se aplica la norma de medición de temperatura, para usuarios que cuentan con descargas de aguas residuales?

¿Cuáles son los aspectos más importantes que se consideran para la aplicación de la norma de medición de temperatura del agua?

INTRODUCCIÓN



Figura 1. Molécula de agua

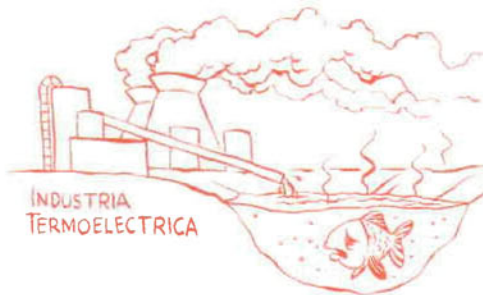
El agua rara vez se encuentra en forma pura en la naturaleza; de hecho, para utilizarla, no se le requiere así y tampoco se necesita que contenga otras sustancias disueltas.

El agua tiene una composición precisa, dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), por lo que es fácil identificar los compuestos ajenos a ella. Sin embargo, es difícil definir cuáles de estos compuestos son contaminantes.

En general, se considera **contaminante** cualquier tipo de desecho, ya sea municipal, industrial

o agrícola que se echa al agua, y que provoque daño a los humanos, animales, plantas y bienes, o que perturbe negativamente las actividades que normalmente se desarrollan cerca o dentro del agua.

Las temperaturas elevadas en el agua son indicadores de actividad biológica, química y física en ella, por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de contaminantes.



INDUSTRIA
TERMoeLECTRICA



Agua residual doméstica.



Agua residual industrial.

El valor de la temperatura en el agua se considera un criterio de calidad para la protección de la vida acuática y para las fuentes de abastecimiento de agua potable. Además, es un parámetro establecido con un límite máximo permitido de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, en las descargas de aguas residuales, de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996, "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales".

Es importante medir la temperatura del agua porque la temperatura afecta la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua, el pH, el proceso de fotosíntesis de las algas y otras plantas acuáticas, las tasas de crecimiento, descomposición, etcétera de la vida acuática y la sensibilidad de los organismos que habitan en ella, o que la utilizan, a los residuos tóxicos, los parásitos y las enfermedades; constituyendo además un factor importante para los estudios globales de hidrología.

La temperatura termodinámica, también denominada temperatura



absoluta, es una de las magnitudes fundamentales que definen el Sistema Internacional de Unidades (SI) y cuya unidad es el grado Kelvin

simbolizado como K. Esta unidad se utiliza tanto para expresar valores de temperatura termodinámica como intervalos de temperatura.

Por acuerdo del Comité Internacional de Pesas y Medidas en 1989, la Escala Internacional de Temperatura (ITS-90) se define operacionalmente en términos de técnicas de medición por termometría de presión de vapor, termometría de gas, termometría con resistencia de platino y pirometría óptica.

Es usual expresar la temperatura con base en la escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$), definida con relación a la temperatura termodinámica por:

$$t (^{\circ}\text{Celsius}) = T (\text{Kelvin}) - 273,15 \text{ K}$$

El grado Celsius es una unidad de temperatura de magnitud idéntica al grado Kelvin. Sobre la escala Celsius, la temperatura de fusión del agua pura a la presión de 101,325 kPa, es igual a 0°C y la ebullición del agua, a la misma presión, es igual a 100 grados centígrados.

Dada la importancia que tiene contar con un método normalizado para asegurar el procedimiento adecuado de medición en el sitio donde se encuentra el agua, se emitió la norma mexicana: NMX-AA-007-SCFI-2000 *Análisis de agua - determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba* y, como apoyo para vigilar su cumplimiento se desarrolló la presente unidad didáctica.

1 ANTECEDENTES

1.1 *Reglamentación existente con anterioridad sobre el procedimiento para la determinación de la temperatura*

en aguas naturales, residuales y residuales tratadas

El 23 de marzo de 1971, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH), publica en el *Diario Oficial de la Federación* la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental. Dos años más tarde, el 29 de marzo de 1973, se publicó el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, en el *Diario Oficial de la Federación* para promover y realizar acciones y medidas necesarias para prevenir la contaminación del agua, que implica la vigilancia del control y prevención de la calidad del agua, así como el monitoreo y determinación de los parámetros reglamentarios, con apego a la reglamentación y normas oficiales mexicanas.



También, en 1973, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) instauró, por primera vez, un programa de prevención y control de la contaminación de los cuerpos receptores generada por las descargas de aguas residuales municipales e industriales. Este programa incluyó:



- El registro obligatorio ante las autoridades por parte de los responsables de la emisión de aguas residuales municipales e industriales.
- La presentación, ante la SRH, de un informe preliminar de ingeniería donde aparece el parámetro de temperatura como

parámetro de control cuando el agua residual no cumpliera con los valores establecidos como se muestra en la tabla 1 (aparece el término temperatura como parámetro de control). El informe debía contener los planes y acciones para el tratamiento del agua.

Tabla 1 Parámetros y sus valores máximos permisibles.

Parámetros	Concentración máxima
Sólidos sedimentables	1.0 mL/L
Grasas y aceites	70 mg/L
Materia flotante	Ninguna que pueda ser retenida por una malla de 3 mm de claro libre cuadrado
Temperatura	35°C
Potencial de pH	4.5 – 10.0

Por lo que se hace necesario normar cada uno de estos parámetros para su validación y poder hacer referencia de estos en las consecuentes normas emitidas, en relación con el control de la calidad del agua.

En 1975, el 22 de diciembre, se publican modificaciones y adiciones a los artículos 24 y 70, del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua



donde se proponen límites para la clasificación de los cuerpos receptores superficiales, en función de sus usos y características de calidad.

Posteriormente, el 12 de enero de 1994, se publicó el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales que aboga el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas de 1973.

El 5 de diciembre de 1973, se emite por primera vez, como norma oficial mexicana, la NOM-AA-007-1973, *método de la determinación de temperatura en aguas residuales*. La cual se revisó siete años más tarde, publicándose una nueva versión el 12 de junio de 1980, llamándose NOM-AA-

007-1980 *Aguas – Determinación de la Temperatura.*

En ese mismo año, ya se habían publicado las normas NMX-AA-003-1980 *Aguas residuales.- Muestreo.* Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980, NMX-AA-014-1980 *Cuerpos receptores.- Muestreo.* Declaratoria de vigencia publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 5 de septiembre de 1980.

Posteriormente, en 1985, se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-CH-005-1985 *Instrumentos de medición – Termómetros.*

En 1993, se publicó la norma NOM-011-SCFI-1993 *Instrumentos de medición - Termómetros de líquido en vidrio para usos generales,* publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de octubre de 1993.

En el 2000, se canceló la NOM-AA-007-1980 *Aguas - Determinación de la temperatura,* al publicarse la norma mexicana NMX-AA-

007-SCFI-2000, *Análisis de agua - Determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba,* motivo de esta unidad didáctica. Como puede observarse, la norma de 1980 es una NOM y, la que se emite en el 2000 es una NMX; esto es debido a que a partir de la publicación de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, el 1° de julio de 1992, se establece que, sólo puede denominarse nor-

ma oficial mexicana aquellas que son emitidas por las entidades de gobierno, y cuya finalidad es preservar la salud humana y el medio ambiente, entre otros. Como la norma de 1980, no tiene la finalidad mencionada, fue considerada como norma mexicana.

En la tabla 2 se muestra el contenido de las normas de determinación de temperatura de 1973, 1980 y 2000.

Tabla 2 Contenido de la NOM y NMX-AA-007 de 1973, 1980 y la del 2000

CONTENIDO		
NOM-AA-007-1973 <i>Determinación de la temperatura en aguas residuales</i>	NOM-AA-007-1980 <i>Aguas - Determinación de la temperatura</i>	NMX-AA-007-2000 <i>Análisis de agua - Determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alcance 2. Definiciones 3. Aparatos y equipos 4. Procedimiento 5. Interpretación de resultados 6. Apéndice 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Objetivo y campo de aplicación 2. Referencias 3. Fundamento 4. Definiciones 5. Aparatos y equipos 6. Procedimiento 7. Interpretación de resultados 8. Informe 9. Bibliografía 10. Concordancia con normas internacionales 	<ol style="list-style-type: none"> 0. Introducción 1. Objetivo y campo de aplicación 2. Referencias 3. Principio 4. Definiciones 5. Reactivos y patrones 6. Materiales 7. Equipo 8. Recolección, preservación y almacenamiento de muestras 9. Control de calidad 10. Calibración 11. Procedimiento 12. Cálculos 13. Informe de la prueba 14. Interferencias 15. Seguridad 16. Manejo de residuos 17. Bibliografía 18. Concordancia con normas internacionales <p>Apéndice informativo A Apéndice informativo B</p>

AUTOEVALUACIÓN 1

- 1) ¿Qué ley, reglamento y norma anteceden a la publicación de la norma mexicana NMX-AA-007-SCFI-2000 *Análisis de agua - determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba?*
- a) Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental
 - b) Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua
 - c) NOM-AA-007-1980 *Aguas - Determinación de la Temperatura.*
 - d) Ley Federal sobre Metrología y Normalización
 - e) Reglamento de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización
 - f) NOM-AA-003-1980 *Aguas residuales - Muestreo*
- 2) ¿Por qué es importante la medición de la temperatura del agua? ¿Que valor máximo de temperatura es permisible en aguas residuales?
- a) La temperatura es un parámetro de control de calidad del agua residual. El valor máximo de temperatura permisible en aguas residuales es: 40 grados centígrados
 - b) La temperatura no afecta las características naturales de la calidad del agua. No hay un valor máximo permitido

2 APLICACIÓN

2.1 *Cómo identificar que se cuenta con un instrumento de medición certificado, trazado o, calibrado*



Para identificar un instrumento de medición de temperatura certificado, trazado o calibrado, basta que se cuente con la evidencia documental correspondiente de cada uno de los tres aspectos; lo importante es que se pueda comprobar la vigencia de la calibración oficial en el momento de emplear el instrumento.

El instrumento certificado es aquel que cuenta con un **documento de origen** emitido por el fabricante, en el documento se indica la **fecha de calibración inicial y el periodo de vigencia**, normalmente de un año.



El instrumento trazado es el que cuenta con un informe de calibración que indica la **carta de trazabilidad del ins-**

trumento patrón empleado en el proceso de la calibración. Este instrumento patrón trazado puede servir de referencia para la verificación de otros instrumentos.

El instrumento calibrado es el que tiene un informe que indica que su exactitud fue comparada contra la del instrumento patrón o trazado. Dicho informe es emitido por un laboratorio con acreditación oficial, con reconocimiento oficial para la calibración de instrumentos; en el caso de la calibración de instrumentos de medición de temperatura, debe indicarse el número oficial del registro de acreditación del laboratorio de calibración reconocido en México.

El instrumento calibrado debe tener su etiqueta asignada por el laboratorio acreditado de calibración, con los datos de identificación y las fechas de calibración correspondientes que señale la vigencia y asegure se pueda emplear con confianza en las mediciones de temperatura.

Los instrumentos de medición deben estar calibrados porque las mediciones juegan un papel

importante en la sustentación de las leyes de la ciencia. Son esenciales para el estudio, desarrollo y control de muchos dispositivos y procesos. La calibración de instrumentos de medición requiere la atención de las recomendaciones de las normas correspondientes, el conocimiento de la exactitud y la incertidumbre de las mediciones, y que, al aplicar un plan de calidad para lograr una mejor capacidad de medición.

Con instrumentos calibrados se tiene mejor capacidad de medición, logrando resultados confiables (refiriéndose a una magnitud particular, esto es, el mensurando).

El Informe de calibración, es también conocido como dictamen de calibración: La palabra **“certificado”** está reservada a los certificados que expida el Centro Nacional de Metrología como lo señala el artículo 30, fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Para identificar un informe o dictamen de calibración emitido por un laboratorio acreditado, se verifica

que éste contenga la siguiente información.

- a. Nombre, logotipo, domicilio, teléfono y ubicación del laboratorio que realiza la calibración.
- b. Nombre, domicilio y ubicación donde se llevó a cabo la calibración, cuando sea diferente al domicilio del laboratorio.
- c. Número de identificación seriada y única del dictamen o informe
- d. Número de páginas de un total de páginas, por ejemplo: 1 de 4.
- e. Nombre y domicilio del cliente solicitante del servicio.
- f. Descripción, condición e identificación del instrumento o equipo calibrado: marca, modelo y número de serie.
- g. Magnitud evaluada
- h. Fecha de calibración y fecha de la emisión del dictamen o informe. Cuando proceda, fecha de recepción.
- i. Referencia de la norma o procedimiento de calibración utilizado.
- j. Referencia al plan de muestreo, cuando sea relevante.
- k. Desviaciones, adicionales (o) exclusiones de la calibración

y cualquier otra información relevante, como por ejemplo : condiciones ambientales.

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN			
<p>Nota: La calibración de los termómetros se realiza en laboratorios con acreditación oficial, con número de registro de acreditación asignado por la EMA. Los puntos a calibrar son: 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90% aproximadamente, ajustándolos de acuerdo con la división mínima del instrumento, al alcance total del mismo, en este caso de -20 °C a 150 °C), a puntos especificados por el usuario, completando tres lecturas para cada punto. La toma de datos se hará de manera ascendente variando la temperatura y el tipo de baño utilizado durante el proceso, y se finaliza con una lectura de 0 °C con el fin de verificar el error mediante la comparación con el instrumento patrón.</p>			
CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO PATRÓN DE REFERENCIA			
Tipo, marca, número de serie, exactitud, calibró CENAM y vigencia.			
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN			
TEMPERATURA		HUMEDAD	
INICIAL:	22.2 °C	INICIAL:	48 % H. R.
FINAL:	23.0 °C	FINAL:	37 % H. R.
Error máximo encontrado: -0,80		Incertidumbre: +/-0,59C de 0C a 150C K=2	
Resultado: Cumple		Firmas de Responsables	

Resultados de la medición, soportado con tablas, gráficas, notas, fotografías, etcétera.

LECTURA Núm.	LECTURA °C		ERROR
	RTD	TERMÓMETRO	
1	0.00	0.0	0.50
2	30.02	30.25	0.23
3	59.98	60.00	0.02
4	89.77	89.61	-0.36
5	119.99	119.19	-0.80
6	148.20	147.82	-0.38
7	0,00	0,50	0,50

Incertidumbre de la medición.

- Patrones utilizados y trazabilidad.
- Si alguno de los resultados se obtiene de laboratorios subcontratados, deberá aclararse.
- Firmas del personal responsable que calibró y que aprobó, así como nombre y cargo.
- Nota relativa a que dicho dictamen o informe no puede ser reproducido sin autorización del laboratorio.
- Anexar, en todo caso, la carta de trazabilidad.

Información relacionada con la trazabilidad.

- El dictamen o informe de calibración manifestará la trazabilidad hacia patrones nacionales mexicanos, cuando éste haya sido expedido por un

laboratorio de calibración acreditado y, en su caso, aprobado en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y de su reglamento.

- El dictamen o informe de calibración manifestará la trazabilidad hacia patrones nacionales o extranjeros de acuerdo con los artículos 20 y 23 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- En caso de que el dictamen o informe de calibración sea emitido para surtir efecto fuera de los Estados Unidos Mexicanos, los dictámenes o informes de calibración deberán indicar los acuerdos de reconocimiento mutuo vigente con otros países, o bien, las cartas o memoranda de entendimiento

en los que se involucre la materia de metrología, indicando el punto de acuerdo, carta o memoranda aplicable.

- La información del dictamen o informe de calibración deberá permitir que la Secretaría de Economía pueda verificar la trazabilidad que se manifiesta.

2.2 Instrumentos que pueden emplearse, ventajas y desventajas de cada uno para la medición de temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas

De acuerdo con la norma mexicana, los termómetros para la medición de la temperatura del agua deben estar calibrados y cumplir con las características adecuadas de operación para cada caso, a continuación se describen las características, componentes y tipos de termómetros de vidrio que son los más empleados en la medición de temperatura del agua, operación y aplicación, asimismo, se describen otros tipos de termómetros y características.

Tipos de termómetros de vidrio y aplicaciones

Los termómetros más recomendados para la medición de tempe-

ratura en aguas naturales, aguas residuales y residuales tratadas, son los termómetros de vidrio de inmersión completa o total y los termómetros de vidrio de inmersión parcial, por sus características de exactitud y fácil manejo, por su estable equilibrio térmico y fácil lectura de su escala. Se requiere mucho cuidado en su transporte y manejo.

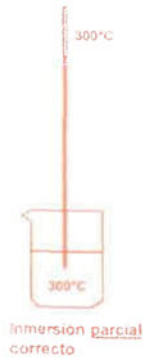
- Termómetro de vidrio

Instrumento recto de sección transversal externa aproximadamente circular y se permite una ligera desviación en forma de lente de la sección circular externa. La parte superior del termómetro debe estar acabada con una forma sencilla, de botón o arillo de vidrio. En todos los casos el diámetro del extremo superior no debe exceder al del vástago.



- Termómetro de vidrio de inmersión parcial

Termómetro de líquido en vidrio, diseñado para indicar valores correctos de temperatura cuando el bulbo y una porción definida del vástago están expuestos a la



temperatura por medir. Se emplea cuando el nivel de inmersión deba coincidir con la superficie libre del cuerpo líquido, debido al tamaño del volumen que se examina (generalmente en recipientes pequeños), de tal manera que se pueda indicar con la marca que tiene sobre el vástago del termómetro. La porción remanente del vástago se encuentra usualmente expuesta al aire.

- Termómetros de inmersión completa o total

Termómetros de líquido en vidrio, diseñados para indicar valores co-



rectos de temperatura cuando se requiera que el cuerpo en forma parcial o completa del termómetro esté sumergido en el líquido debido al tamaño del volumen que se examina.

Se emplean cuando el bulbo y la porción del vástago que contiene el líquido están expuestos a la temperatura por medir. De inmersión completa, se emplea cuando la profundidad de inmersión del termómetro sea de tal forma que el nivel superior del líquido del termómetro coincida con la superficie libre del líquido que se examina.

- Termómetro de vidrio con columna de mercurio

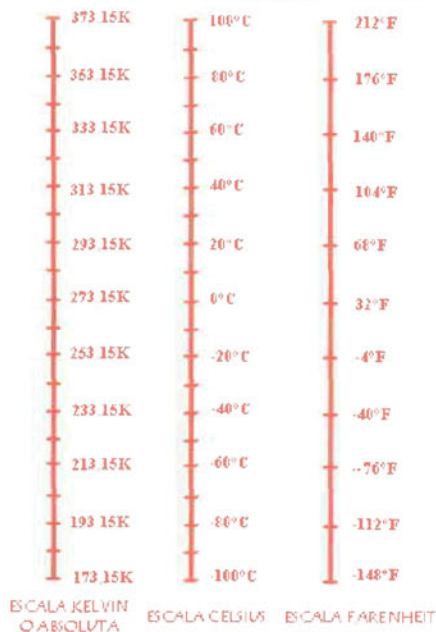
Termómetro que se basa en la dilatación del mercurio líquido para indicar la temperatura. Consta básicamente de un bulbo de vidrio que contiene el mercurio, soldado a un tubo capilar de vidrio de diámetro uniforme, graduado y sellado en su otra extremidad.

Componentes y características de los termómetros de vidrio

Componentes del termómetro de vidrio



Escalas de temperatura



Escala de temperatura

Los termómetros deben ser graduados de acuerdo con la escala Celsius, como se define actualmente la Escala Internacional de temperatura (ITC) adoptada por la Conferencia General de Pesas y Medidas en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Inmersión

Los termómetros de vidrio pueden usarse a inmersión completa o total, es decir, la lectura es correcta cuando el termómetro se sumerge y el extremo superior de la columna líquida está en el mismo plano de la superficie del medio cuya temperatura se va a medir o no más de dos divisiones arriba de la escala, o, a inmersión parcial que se requiera. En este último caso, la inmersión preferida es 75 ± 1 mm (ver tabla 4 del anexo, tomada de la norma NMX-AA-007-2000, motivo de esta unidad), y la medición con los termómetros se debe realizar a la temperatura de columna líquida emergente de 20, 35, 50 y 75 grados centígrados.

Líquido de llenado

Se debe usar mercurio como líquido de llenado, excepto para termómetros con escalas que se extiendan por debajo de -38 °C, para los cuales se deben usar líquidos orgánicos de llenado que deben permanecer líquidos a través del intervalo de temperatura bajo la presión prevaleciente en el interior del termómetro.

Bulbo

El bulbo del termómetro se construye de vidrio con características térmicas y métricas

Tubo capilar

El tubo capilar debe, preferentemente, contar con un fondo esmaltado. El interior del tubo capilar debe ser liso para evitar la adhesión del líquido de llenado. No debe tener una variación mayor al 10% del diámetro promedio.

Volumen de expansión

El termómetro cuenta con una cámara de expansión del volumen en la parte superior del tubo capilar. Este volumen puede tomar la forma de una extensión de la cámara de expansión.

Dimensiones

Las dimensiones de los termómetros son las que se detallan en las tablas 3 y 4 en el anexo de la presente unidad didáctica:

- La tolerancia en la longitud total de los termómetros de mayor exactitud indicados en

la tabla 4 del anexo, es de ± 10 mm.

- Líneas de la escala, línea de inmersión y numerado, los intervalos nominales, el numerado y las divisiones de la escala de los termómetros son las establecidas en la tabla 4 del anexo.
- Las líneas de la escala deben ser grabadas o marcadas en forma clara y permanente, de espesor uniforme que no exceda los valores indicados en la norma de termómetros NOM-011-SCFI-1993. Las líneas deben estar en ángulos rectos al eje del termómetro.
- En termómetros para inmersión parcial, la profundidad de inmersión debe ser indicada por una línea sobre el vástago a distancias apropiadas desde el fondo del bulbo. La línea debe ser marcada alrededor de la parte trasera del termómetro y no debe atravesar la escala.

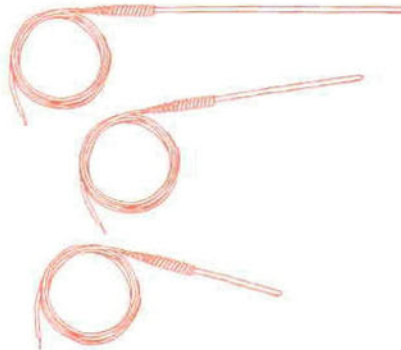
Otros tipos de termómetros y sus características:

Existen otros medidores de temperatura con elementos electró-

nicos que permiten varios rangos de medición y son muy sensibles, son adecuados donde se requiere contacto directo con el agua por medio de sus sensores:

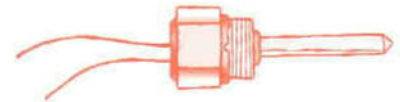
- o Termómetro de termistor

Termómetro que se basa en la medición de la variación de resistencia de un sensor, constituido por un elemento semiconductor, en función de la temperatura. El termistor se utiliza en el intervalo de temperatura en el que la resistencia del elemento semiconductor disminuye uniformemente cuando la temperatura se incrementa. Se emplea para rangos amplios de medición de temperatura y son sensibles en cambios instantáneos de temperatura.



- o Termómetro de termopar

Termómetro que se basa en el cambio de la diferencia de potencial que se establece en un elemento térmico constituido por la soldadura entre dos metales o aleaciones metálicas diferentes, cuando cambia la temperatura de la soldadura. El termopar se constituye por la asociación de dos elementos térmicos, cuyas soldaduras se encuentran a temperaturas distintas. Se emplean como termómetros electrónicos con gran rango de medición y variantes en exactitud; son muy sensibles a los cambios instantáneos de temperatura.



- o Termómetro de resistencia de platino.

Termómetro que se basa en la variación de la resistencia de un sensor, constituido por un hilo de platino, en función de la temperatura.

2.3 Programa de calidad para la medición de temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas

Como parte del plan de calidad, la norma NMX-AA-007-SCFI-2000, establece que cada laboratorio o área que utilice la norma y aplique el método de medición de temperatura, está obligado a operar un programa calidad formal.

Por lo tanto, en las mediciones de temperatura del agua, es necesario contar con un procedimiento documentado, para realizar las pruebas y mediciones de temperatura de manera normalizada y verificable, por lo que se deben mantener los siguientes registros:

- Nombres y títulos de los analistas que efectúan las mediciones de temperatura y el encargado de control de calidad que verificó las mediciones, y
- Bitácoras manuscritas del analista y del equipo en los que se contengan los siguientes datos:

- a) Identificación de la muestra,**
- b) Fecha de las mediciones,**
- c) Número de acta,**
- d) Nombre y dirección del usuario visitado,**

- e) Procedimiento cronológico utilizado,**
- f) Cantidad de muestra utilizada,**
- g) Número de muestras de control de calidad analizadas,**
- h) Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición,**
- i) Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados,**
- j) Además se debe mantener la información original, reportada por los equipos en disquetes o en otros respaldos de información.**



Así mismo, el proceso de medición, debe involucrar la atención de las recomendaciones de las normas correspondientes, cuidar

y conocer la exactitud de los instrumentos, la incertidumbre de las mediciones y aplicar el programa de calidad para lograr una mejor capacidad de medición y obtener una información útil y resultados confiables.

El programa de calidad y los procedimientos, para que se lleven a cabo las mediciones, deben ser de tal forma que permita a un evaluador externo, reconstruir cada determinación, mediante el seguimiento de la información, desde la captación de la muestra, la toma de mediciones y hasta el informe final de resultados.

Por tal motivo el informe final de resultados, debe reunir dentro de lo posible, los siguientes aspectos (ver unidad didáctica: "Fundamentos técnicos de medición de la calidad del agua y Muestreo y preservación de grasas y aceites, y determinación de pH, temperatura y materia flotante", Serie Verde):

La norma, motivo de esta unidad, señala los siguientes aspectos:

- a) Identificación de la muestra;
- b) Fecha del análisis;

- c) Procedimiento cronológico utilizado;
- d) Cantidad de muestra utilizada;
- e) Número de muestras de control de calidad analizadas;
- f) Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición;
- g) Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados, y
- h) Además el laboratorio debe mantener la información original reportada por los equipos en disquetes o en otros respaldos de información.

Se recomienda además que el informe final contenga los puntos siguientes:

- Título: "Informe de Mediciones", con el nombre de la gerencia.
- Nombre y dirección de la gerencia.
- Identificación única del informe.
- Número de acta.
- Nombre y dirección del usuario visitado.
- Identificación del método o procedimiento empleado.
- Fecha.
- Referencia al muestreo.
- Resultados de las mediciones.
- Nombres, función y firmas.

- Una nota declaratoria de que los efectos de los resultados se relacionan únicamente a los elementos de medición.
- Número de páginas y señalar que no deben ser reproducidos sin aprobación de la gerencia, por escrito.
- Desviaciones, adiciones o exclusiones de métodos; información sobre condiciones de medición como las ambientales.
- La incertidumbre del instrumento empleado en la medición, que se indica en su informe de calibración.

2.3.1 Programa de calidad para mejorar la capacidad de medición

El programa de calidad para mejorar la capacidad de medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, requiere que se cumplan los siguientes requisitos:

- Que el muestreo se realice de acuerdo con lo indicado en las normas mexicanas, NMX-AA-003 y NMX-AA-014 vigentes.
- Las determinaciones de temperatura, deben efectuarse en el lugar de muestreo.



- Cuando sea posible, se efectúa la determinación de temperatura directamente, sin extraer muestra, sumergiendo el termómetro en el cuerpo de agua por examinar.
- Cuando sea preciso extraer una muestra, se toma un volumen mínimo de 1L para inmersión parcial en un envase de polietileno o de vidrio limpio y 500 mL para termopar u otro instrumento, en un envase de polietileno o de vidrio limpio, se determina la temperatura de inmediato.
- Si la temperatura del cuerpo de agua o de la descarga, es apreciablemente mayor o menor que la del ambiente (diferencia de temperatura superior

a 5 °C), se recomienda extraer la muestra mediante un recipiente de doble pared, de tipo vaso Dewar, colocar la tapa de espuma de polietileno, perforada en su centro, para permitir la introducción del termómetro y determinar de inmediato la temperatura.

- Aún con el uso del recipiente tipo Dewar, si la temperatura del líquido difiere en más de 20 °C de la del ambiente, la incertidumbre sobre la temperatura en el punto muestreado, puede rebasar los $\pm 0,2$ °C, debido a pérdidas térmicas en el intervalo de tiempo, que separa la toma de la muestra y la lectura de la temperatura.
- Tomando en cuenta las características de calidad de los termómetros y las condiciones y frecuencia de uso, se debe establecer, la periodicidad de verificación interna de la calibración de dichos termómetros, la que debe ser por lo menos semestral, por comparación de las lecturas con sus termómetros certificados de

acuerdo con el procedimiento. Se debe conservar el historial de este control interno, durante la vida útil de los termómetros.

- Seguir el procedimiento para las mediciones de temperatura y su registro, en las formas co-



respondientes, para elaborar el informe de los resultados.

2.3.2 Procedimiento para las mediciones de temperatura

De acuerdo con los requisitos de calidad de la norma para mediciones de temperatura del agua se debe llevar a cabo un procedimiento que permita el control y

registro de las mediciones que se apeguen al programa de calidad que asegure la confiabilidad de los resultados. El procedimiento debe considerar los siguientes aspectos:

- Tomar un volumen suficiente de agua de muestra ($\frac{3}{4}$ del recipiente), para que se pueda medir la temperatura con el termómetro de inmersión parcial o total, mantener inmerso el termómetro y esperar el tiempo suficiente (un minuto) para tomar la lectura y obtener tres mediciones de temperatura estables¹.
- Enjuagar con agua destilada el instrumento de medición antes de cada medición.
- Las tres lecturas se obtienen directamente de la escala del termómetro y se informa el promedio en grados centígrados (°C), con aproximación a la décima de grado (0,1°C).
- En el caso de aguas residuales, todas las lecturas deben hacerse en las descargas. En caso de que no sea posible,

¹ Considerar las características del instrumento, existen en el mercado los de inmersión parcial o total. El vástago debe estar separado al menos 2 cm de las paredes del recipiente.

- ésta puede determinarse en un punto accesible del conducto más próximo a la descarga.
- En el caso de tuberías curvadas, se recomienda la inserción del vástago del termómetro en posición a lo largo del eje del tubo y de frente a la corriente aguas arriba. En tuberías de pequeño diámetro, esta posición es obligatoria.
 - En aquellos casos en que el fluido no se encuentre bien mezclado, debe usarse un dispositivo que produzca turbulencia aguas arriba del punto de medición.
 - En aguas superficiales o poco profundas cuando se requiere tomar muestra. Introduciendo el recipiente para muestreo, moverlo de manera circular durante 1min para que se equilibre su temperatura con la del agua y retirar el recipiente con la muestra.
 - Sumergir el termómetro, en posición centrada en el recipiente, hasta la marca de inmersión parcial o hasta una graduación



apropiada si el termómetro es de inmersión total. Imprimir ligeros movimientos circulares durante 1 minuto para que la lectura del termómetro

- se estabilice. Si la temperatura de la muestra difiere en más de $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la del ambiente, repetir el muestreo utilizando el vaso de doble pared. Si el termómetro es de sensor, éste debe sumergirse en el volumen mínimo de muestra y a la profundidad que recomienda el fabricante, y las lecturas deben efectuarse después del tiempo de equilibrio recomendado en el manual del usuario.
- Registrar la lectura y la altura de la columna emergente si el termómetro utilizado es de inmersión total ².
 - Determinación de la temperatura en aguas residuales cuando se requiere tomar muestra.
 - La temperatura debe determinarse en el punto de la descar-

ga o en un punto accesible del conducto más próximo al de la descarga. El recipiente para toma de muestra debe dejarse en contacto con el fluido durante un tiempo suficiente, para que equilibre su temperatura con la del fluido y se procede a la medición.

Instrumentos, equipos y materiales

Para aplicar el procedimiento apegado al programa de calidad y a la norma, se recomienda emplear los instrumentos, equipos y materiales que se describen a continuación:

- *Termómetro o juego de termómetros de mercurio en vidrio*, con graduaciones de $0,1^{\circ}\text{C}$, en un intervalo de temperatura que abarque por lo menos desde -1°C hasta 101°C , de buena calidad de fabricación que satisfaga o supere las especificaciones de alta exactitud de la NOM-011-SCFI-1993, trazable(s) a la ITS-90,

² Para un termómetro de inmersión total, sumergido sólo hasta la marca de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, con una lectura sin corregir de 20°C y una temperatura promedio de columna emergente $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, esta corrección es de $0,00016 \times 20 \times 5\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,016\text{ }^{\circ}\text{C}$ y es despreciable. Sin embargo, en las mismas condiciones, si la lectura es de $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la temperatura promedio de la columna emergente es de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, la corrección es: $0,00016 \times 55 \times 35\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,31\text{ }^{\circ}\text{C}$ y no es despreciable.

con informe de calibración vigente y gráfico(s) o tablas para correcciones expedidos por un organismo de calibración reconocido por la Entidad Mexicana de Acreditación.

- *Termómetro o juego de termómetros de uso general, de mercurio en vidrio, de preferencia de inmersión parcial, con graduaciones mínimas en 0,1 °C, en un intervalo de temperatura que incluya la de los diferentes tipos de aguas por examinar, de buena calidad de fabricación que satisfaga las especificaciones de alta exactitud de la NOM-011-SCFI-1993,*
- Estuches metálicos de protección para los termómetros de uso en campo.
- Envases de polietileno o de vidrio limpios, de 500 mL de capacidad.
- Vasos térmicos de doble pared tipo Dewar, uno de capacidad aproximada de 1 L, provistos de su respectiva tapa de espuma de poliestireno.

Cálculos de factores de corrección de las mediciones de temperatura

Las lecturas de temperatura obtenidas con el termómetro, deben corregirse por los valores de error obtenidos de la calibración y, si el termómetro es de mercurio para inmersión total, deben efectuarse además las correcciones por efecto de columna emergente si la magnitud de la corrección calculada rebasa media graduación del termómetro.

De acuerdo con la norma de termómetros, el error del instrumento no debe ser mayor que el indicado en las tablas 3 y 4 del anexo.

A menudo, el termómetro de inmersión total debe utilizarse con inmersión parcial del vástago. En este caso, es preciso efectuar una corrección de lectura, adicional a las existentes por error de calibración, por aplicación de la siguiente fórmula aproximada:

$$T(\text{Corregida}) = T_0 + k n (T_0 - t)$$

donde:

k es el coeficiente de expansión

diferencial del mercurio en vidrio. Para termómetros de vidrio normal, graduados en grados Celsius y lecturas de temperatura hasta 100 °C, se tiene $k = 0,00016 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

n es el número de grados Celsius que abarca la columna de mercurio emergente, medido como diferencia entre la temperatura T_0 y la graduación de la escala del termómetro que coincide con la superficie del líquido.

T_0 es la temperatura observada, leída con el termómetro.

t es la temperatura promedio de la columna emergente (tomada con un termómetro auxiliar a la mitad de la altura de la columna emergente).

Esta corrección es generalmente despreciable cuando la temperatura del cuerpo por medir se sitúa en la cercanía de la temperatura ambiente. Sin embargo, no es despreciable cuando la temperatura medida difiere apreciablemente de la del ambiente. Debe subrayarse que la corrección por columna emergente sólo es aproximada por lo que para diferencias de temperatura ($T_0 - t$) grandes, pueden cometerse errores considerables y

es preferible utilizar un termómetro de inmersión parcial³.

Calcular el promedio de las tres lecturas después de efectuadas las correcciones pertinentes.

Los resultados obtenidos se expresan en grados Celsius (°C), por redondeo del valor promedio obtenido, con aproximación al décimo de grado Celsius.

2.3.3 Incertidumbre y la calidad de las mediciones

La incertidumbre es un aspecto relevante en el proceso de las mediciones, por tal motivo se describe en las normas específicas, como parte de la calidad de las mediciones, por tal motivo se adopta como concepto de incertidumbre, el establecido en la norma NMX-Z-055:1996 IMNC "Metrología - Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales" como: **Parámetro de calidad asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión**

de los valores que podrían, razonablemente, ser atribuidos al mensurado.

Por otro lado la Norma NMX-EC-17025 – IMNC-2000 "*Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*", sección 5, establece los siguientes requisitos técnicos de calidad para asegurar la confiabilidad de las mediciones:

Requisitos técnicos

Muchos factores determinan el desarrollo correcto y confiable de las mediciones efectuadas en campo. Estos factores incluyen contribuciones de:

- Factores humanos.
- Instalaciones y condiciones ambientales.
- Métodos de calibración, de medición y, la validación de métodos.
- Instrumentos, equipo y materiales.
- Trazabilidad de los instrumentos de medición.

- El muestreo.
- El manejo de los elementos de la incertidumbre en la medición.

El resultado de una medición (después de la corrección) puede estar muy cercano al valor del mensurado de una forma que no puede conocerse (y entonces tener un error despreciable), y aun así tener una gran incertidumbre. Entonces la incertidumbre del resultado de una medición no debe ser confundida con el error desconocido remanente.

En la práctica existen muchas fuentes posibles de incertidumbre en una medición, incluyendo:

- Definición incompleta del mensurado.
- Realización imperfecta de la definición del mensurado.
- Muestreos no representativos, la muestra medida puede no representar el mensurado.
- Conocimientos inadecuados de los efectos de las condiciones ambientales sobre las

³ Para un termómetro de inmersión total, sumergido sólo hasta la marca de 0 °C, con una lectura sin corregir de 20°C y una temperatura promedio de columna emergente $t = 15$ °C, esta corrección es de $0,000\ 16 \times 20 \times 5$ °C = 0,016 °C y es despreciable. Sin embargo, en las mismas condiciones, si la lectura es de 55 °C, y la temperatura promedio de la columna emergente es de 20 °C, la corrección es: $0,000\ 16 \times 55 \times 35$ °C = 0,31 °C y no es despreciable.

mediciones, o mediciones imperfectas de dichas condiciones ambientales.

- Errores de apreciación de operador en la lectura de instrumentos analógicos.
- Resolución finita del instrumento o umbral de discriminación finito.
- Valores inexactos de patrones de medición y materiales de referencia.
- Valores inexactos de constantes y otros parámetros obtenidos de fuentes externas y usadas en los algoritmos de reducción de datos.
- Aproximaciones y suposiciones incorporadas en los métodos y procedimientos de medición.
- Variaciones en observaciones repetidas del mensurado bajo condiciones aparentemente iguales.

Estas fuentes no son necesariamente independientes, algunas



de ellas contribuyen entre sí a su efecto en la incertidumbre. Por supuesto, un efecto sistemático no reconocido, no puede ser tomado en cuenta en la evaluación de la incertidumbre del resultado de una medición, pero contribuye a su error.

Para prever errores se deben atender las precauciones y recomendaciones relativas al uso de los termómetros de vidrio, tales como error de paralaje y el transporte de instrumentos:

Error de paralaje: El error de paralaje puede eliminarse si se tiene cuidado que la escala graduada del termómetro pueda observarse por reflexión sobre la columna de mercurio dentro del capilar. Para ello, el observador ajusta el nivel de su ojo sobre una línea de lectura, de forma que la graduación más cercana del menisco se superponga exactamente a su propia imagen reflejada por el Mercurio. Si se desea efectuar lecturas muy precisas, también debe tomarse en cuenta que las líneas de la escala graduada tienen un cierto espesor y lo más apropiado es considerar la posición de

las líneas definidas por su parte central. El uso de lupas especiales para termómetros disponibles comercialmente, puede facilitar la lectura de la temperatura sobre la escala graduada.

Transporte de instrumentos:

Durante el transporte de los termómetros, puede ocurrir una ruptura de la columna del líquido en el capilar o aún el paso del gas de relleno hacia el bulbo.

Este tipo de problema debe detectarse y eliminarse antes de utilizar el termómetro. Para ello se verifica por inspección visual que no existen burbujas de gas encerradas en el bulbo y que no se detectan rupturas de la columna de líquido en el vástago del termómetro o gotas del líquido adheridas en la parte superior del capilar. Verificar también que el bulbo se encuentra en perfecto estado.

Almacenamiento y conservación:

Cuando no se utilizan, los termómetros se conservan en un estuche

apropiado y se almacena en posición vertical y en lugares no so-

metidos a vibraciones o sacudidas como en los cajones que se abren y cierran con frecuencia.

Literatura recomendada:

1. Norma: NMX-CH-140-IMNC-2002, Guía para expresión de Incertidumbre en las mediciones. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 17 de febrero de 2003;
2. Proyecto de norma NMX-CC-1012-IMNC-2002, Sistema de gestión de mediciones-Requisitos para procesos de medición y equipos de medición. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 13 de enero de 2003.
3. Quinn, T. J. Temperature.- 2^a Ed.- London: Academic Press, 1990. ISBN 0-12-569681-7

AUTOEVALUACIÓN 2

1. ¿Cuáles son los tipos de termómetros más empleados para medir la temperatura del agua?

- a) Termómetros de vidrio
- b) Termómetro de termistor
- c) Termómetro de termopar
- d) Termómetro de resistencia de platino
- e) Ninguno de los anteriores

2. ¿Porqué es importante emplear termómetros calibrados en la medición de temperatura del agua?

- a) Con instrumentos calibrados se tiene mejor capacidad de medición, logrando resultados confiables
- b) No es importante que los termómetros estén calibrados para medir la temperatura del agua
- c) De acuerdo con la norma mexicana, los termómetros para la medición de la temperatura del agua deben estar calibrados

3. ¿Cómo se verifica la calibración vigente de los termómetros?

- a) Los termómetros calibrados tienen un informe que indica que su exactitud fue comparada contra la del instrumento patrón o trazado. Dicho informe es emitido por un laboratorio acreditado, con reconocimiento oficial, en él indica la vigencia de calibración del termómetro generalmente por un periodo de un año
- b) Los termómetros tienen una etiqueta que identifica la fecha de su calibración
- c) El fabricante garantiza la exactitud permanente del termómetro y no recomienda su calibración

4. ¿Cuándo se emplean los termómetros de inmersión total o completa y de inmersión parcial?

- a) El termómetro de inmersión parcial, se emplea cuando el nivel de inmersión deba coincidir con la superficie libre del cuerpo líquido, debido al tamaño del volumen que se examina (generalmente en recipientes pequeños).

- b) Cuando se requiera que el cuerpo completo del termómetro esté sumergido en el líquido debido al tamaño del volumen que se examina.

- c) A menudo, el termómetro de inmersión total debe utilizarse con inmersión parcial del vástago. En este caso, es preciso efectuar una corrección de lectura, adicional a las existentes por error de calibración, por aplicación de la siguiente fórmula aproximada:

$$T(\text{Corregida}) = T_0 + k n (T_0 - t)$$

- d) Indistintamente se pueden emplear los termómetros de inmersión parcial o total

5. ¿Cuáles son los aspectos de calidad a cuidar en la medición de la temperatura del agua?

- a) Factores humanos
- b) Instalaciones y condiciones ambientales
- c) Métodos de calibración, de medición y, la validación de métodos.
- d) Instrumentos, equipo y materiales.
- e) Ninguno de los anteriores

6. ¿Cuál es el procedimiento para llevar a cabo las mediciones de temperatura en campo?

- a) Un procedimiento que permita el control y registro de las mediciones que se apeguen al programa de calidad que asegure la confiabilidad de los resultados
- b) Tomar un volumen suficiente de agua de muestra ($\frac{3}{4}$ del recipiente), para que se pueda medir la temperatura con el termómetro de inmersión parcial o total, mantener inmerso el termómetro y esperar el tiempo suficiente (un minuto) para tomar la lectura y obtener tres mediciones de temperatura estables
- c) Enjuagar con agua destilada el instrumento de medición antes de cada medición
- d) Las lecturas se obtienen directamente de la escala del termómetro y se informan en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), con aproximación a la décima de grado ($0,1^{\circ}\text{C}$).
- e) En el caso de aguas residuales, todas las lecturas

deben hacerse en las descargas. En caso de que no sea posible, ésta puede determinarse en un punto accesible del conducto más próximo a la descarga.

f) Ninguna de las anteriores

7. ¿Cómo se representa la corrección y la incertidumbre de las mediciones en el proceso de medición de temperatura del agua?

a) Las lecturas de temperatura obtenidas con el termómetro, deben corregirse por los valores de error obtenidos de la calibración y, si el termómetro es para inmersión total, deben efectuarse además las correcciones por efecto de columna emergente, si la magnitud de la corrección calculada rebasa media graduación del termómetro.

b) De acuerdo con la norma de termómetros, el error del instrumento no debe ser mayor que el indicado en las tablas de requisitos de los termómetros (3 y 4 del anexo).

c) La incertidumbre de los termómetros se indica en los informes de calibración

d) No se requiere de factores de corrección en las mediciones

3 ANÁLISIS ESPECÍFICO

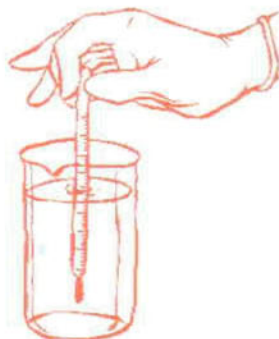
3.1 *Aplicación de la norma para usuarios que cuenten con descargas de aguas residuales*

La aplicación de esta norma es para la determinación de la temperatura en aguas naturales superficiales o de poca profundidad, en aguas residuales y residuales tratadas, con incertidumbre estimada en $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ en el intervalo comprendido entre 0°C y 80°C ; también es aplicable a la determinación de la temperatura de soluciones en las operaciones generales del laboratorio de análisis de aguas en el intervalo de 0°C a 100°C y para efectuar el control de calibración del material volumétrico.

Para el usuario que cuente con descargas de aguas residuales, aplicará la norma para determinar la temperatura del agua, como uno de los parámetros indicadores de las condiciones en que se encuentra el agua de las descargas. Para ello debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Las mediciones de temperatura del agua deben

hacerse en las descargas, con termómetros calibrados de vidrio, del tipo de inmersión parcial o completa. En caso de dificultades en el acceso, puede determinarse en un punto accesible del conducto más próximo a la descarga.



- En el caso de tuberías curvadas, se recomienda la inserción del vástago del termómetro en posición a lo largo del eje del tubo y de frente a la corriente aguas arriba. En tuberías de pequeño diámetro, esta posición es obligatoria.
- En aquellos casos en que el fluido no se encuen-

tre bien mezclado, debe usarse un dispositivo que produzca turbulencia aguas arriba del punto de medición.

- En aguas superficiales o poco profundas cuando se requiere tomar muestra introduciendo el recipiente para muestreo, moverlo de manera circular durante 1min para que se equilibre su temperatura con la del agua y retirar el recipiente con la muestra.

Para obtener resultados efectivos en las mediciones se efectúan los siguientes pasos:

- Selección apropiada de instrumentos de medición calibrados

En la selección de los instrumentos de medición calibrados, se debe verificar su vigencia de la calibración con reconocimiento oficial.

- Operación cuidadosa de los instrumentos de medición

Se debe tener cuidado en la operación de los instrumentos de medición, asegurar su buen funcionamiento, siguiendo las recomendaciones del proveedor y la empresa de calibración, para lo cual se deben atender las recomendaciones del procedimiento de control de instrumentos de medición.

- Elaboración del informe el cual describa la medición y sus resultados

De acuerdo con el procedimiento se deben elaborar los informes de resultados de las mediciones, con información clara y completa, deben incluir los datos registrados en la bitácora.

AUTOEVALUACIÓN 3

1. ¿Por qué se aplica la norma de medición de temperatura, para usuarios que cuentan con descargas de aguas residuales?
 - a) Para el usuario que cuente con descargas de aguas residuales, aplicará la norma para determinar la temperatura del agua, como uno de los parámetros indicadores de las condiciones en que se encuentra el agua de las descargas
 - b) La norma es aplicable a la determinación de la temperatura de soluciones en las operaciones generales de los laboratorios de análisis de aguas
 - c) La norma sólo es aplicable por parte de la Comisión Nacional de Agua
2. ¿Cuáles son los aspectos más importantes que se consideran para la aplicación de la norma de medición de temperatura del agua?
 - a) Selección apropiada de instrumentos de medición calibrados
 - b) Operación cuidadosa de los instrumentos de medición
 - c) Elaboración del informe el cual describa la medición y sus resultados
 - d) Ninguna de las anteriores

RESUMEN

El control del cumplimiento de la norma NMX-AA-007-SCFI-2000, *Análisis de agua—determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba*, para la vigilancia de las condiciones de temperatura del agua, se obtiene por medio de las mediciones de temperatura con instrumentos calibrados y bajo un procedimiento claro y ordenado. Por lo tanto, tomando en cuenta que la inspección y verificación le corresponde a la CNA, los inspectores de las brigadas de inspección y verificación, responsables de llevar a cabo dichas mediciones, deberán hacerlo apegados a las indicaciones de la norma.

Lo que destaca la norma, es el proceso de medición de la temperatura del agua en laboratorio y en sitio, especifica el sistema de control de calidad en las mediciones y plantea un procedimiento detallado del uso de los termómetros de vidrio de inmersión completa y de inmersión parcial, con vigencia autorizada de calibración oficial.

Lo anterior permite al inspector, asegurarse que la medición que lleve a cabo, reúne los elementos de calidad para emitir los informes de resultados de la medición de manera confiable.

Para el usuario que cuente con descargas de aguas residuales, aplica la norma para determinar la temperatura del agua, por lo tanto, los resultados de la medición de temperatura, representa uno de los parámetros indicadores de las condiciones en que se encuentra el agua durante dichas descargas, por consecuencia es importante su vigilancia y la verificación de que se apega a las normas correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Arce-Velázquez, A. L., Calderón-Mólgora, C. G., y Tomasini-Ortiz, A. C. *Fundamentos técnicos para el muestreo y el análisis de aguas residuales*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua" . Serie verde. Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2001.
- Arce-Velázquez, A. L. *Muestreo y preservación de grasas y aceites, y determinación de pH, temperatura y materia flotante*. "Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua" . Serie verde. Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2001.
- ASTM Designation E 1, "*Specification for ASTM Thermometers*", American Society for Testing and Materials, Part 14.03, 1995.
- ASTM Designation E-77, "*Standard Test Methods for Inspection and Verification of Liquid-in-Glass Thermometers*", American Society for Testing and Materials, Part. 14.03, 1995.
- ASTM Designation E 344 , "*Terminology Relating to Thermometry and Hygrometry*". American Society for Testing and Materials.
- ASTM Designation E 563, "*Standard Practice for Preparation and Use of Freezing Point Reference Bath*". American Society for Testing and Materials.
- Goldberg, R. N., R.D. Weir, "*Conversions of Temperatures and Thermodynamic Properties to the Basis of the International Temperature Scales of 1990*", *Pure & Appl. Chem.*, 64 (1992) 1545.
- McGlashan, M. L. *Physico-Chemical Quantities and Units*, Royal Institute of Chemistry, 2nd Ed. 1971.
- Method 2550 Temperature - en "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*", American Public Health Association, Washington, DC 20005, 19th Edition., 1995.
- Método 170.1 , *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*, EPA-600/4-79-020 Revised 1983.15.9 Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89, *Diario Oficial de la Federación*, 13 de diciembre de 1989.

-
- NOM-001-ECOL-1996. *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 6 de enero de 1997.
 - NMX-AA-003-1980. *Aguas residuales.- Muestreo*. Declaratoria de vigencia publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 25 de marzo de 1980.
 - NMX-AA-014-1980. *Cuerpos receptores.- Muestreo*. Declaratoria de vigencia publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 5 de septiembre de 1980.
 - NMX-AA-089/1-1986. *Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 1*. Declaratoria de vigencia publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 15 de julio de 1986.
 - NMX-AA-093-SCFI-2000. *Análisis de agua - Determinación de la conductividad eléctrica*.
 - NMX-AA-115-SCFI-2000. *Análisis de agua.- Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos*.
 - NMX-AA-116-SCFI-2000. *Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos*.
 - NOM-011-SCFI-1993. *Instrumentos de medición - Termómetros de líquido en vidrio para usos generales*, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 15 de octubre de 1993.
 - NOM-008-SCFI-1993. *Sistema General de Unidades de Medida*, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 14 de octubre de 1993.
 - Tomasini-Ortiz, A. C. *Unidad didáctica para la aplicación de la NOM-001-ECOL-1996. que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. "Serie autodidáctica en materia de normas técnicas relacionadas con la inspección y verificación. Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003.

GLOSARIO

Aguas residuales. Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

Amplitud de gama. Diferencia algebraica entre los límites de medición.

Bitácora. Cuaderno de laboratorio debidamente foliado e identificado, en el cual los analistas anotan todos los datos de los procedimientos que siguen en el análisis de una muestra, así como todas las informaciones pertinentes y relevantes a su trabajo en el laboratorio. Es a partir de dichas bitácoras que los inspectores pueden reconstruir el proceso de análisis de una muestra tiempo después de que se llevó a cabo.

Calibración. Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.

Descarga. Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la nación.

Desviación estándar experimental. Para una serie de n mediciones del mismo mensurando, es la magnitud s que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

En donde x_i es el resultado de la i -ésima medición y \bar{x} es la media aritmética de los n resultados considerados.

Escala internacional de temperatura 1990 (ITS-90). Es la escala de temperatura adoptada por el Comité Internacional sobre Pesas y Medidas en 1989, que se define operacionalmente en términos de técnicas termométricas aplicables en intervalos definidos de temperatura.

Exactitud La exactitud se define como la “proximidad en la concordancia entre un resultado y el valor de referencia aceptado”. El término exactitud implica una combinación de componentes aleatorios y un error sistemático.

Grado Celsius. Es la unidad de la escala de temperatura definida por el punto del hielo fundente al que se le atribuye el valor de cero grados (0°C) y el de ebullición del agua al que se le atribuye el valor cien grados (100 °C), ambos puntos determinados a la presión de 101,325 kPa.

Grado Fahrenheit. Es la unidad de la escala de temperatura utilizada comúnmente en Estados Unidos de América. Para esta escala, se atribuye el valor de 32 °F al punto del hielo fundente y el valor de 212 °F al de ebullición del agua, ambos puntos determinados a la presión de 101,325 kPa. La relación entre la temperatura expresada en grado Fahrenheit y en grado Celsius es:
 $t (\text{Fahrenheit}) = (9/5) t (\text{Celsius}) + 32.$

Grado Kelvin. Es la unidad de la escala de temperatura del Sistema Internacional de Unidades cuyo símbolo es K. La escala de temperatura kelvin se define por asignación del valor igual a 273,16 K a la temperatura del punto triple del agua.

Instrumentos o termómetros que indican expansiones o fuerzas proporcionales en los cambios de temperatura. Las expansiones o fuerzas proporcionales a los cambios de temperatura, dentro de la gama de construcción y calibración del instrumento, son registrados por sistemas amplificadores mecánicos, eléctricos, electrónicos o combinación de ellos, para obtener las lecturas de temperatura.

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

Mensurando. Magnitud particular sujeta a medición.

Muestra simple. La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar, cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

Temperatura. Potencial o grado calorífico referido a un cierto cuerpo.

Termómetro. Instrumento que usualmente se pone en contacto con la sustancia cuya temperatura desea conocerse hasta que se alcance el equilibrio térmico. Dicho dispositivo, cuando está correctamente calibrado, permite obtener indirectamente el valor de temperatura, midiendo el cambio de alguna propiedad de un constituyente del mismo termómetro que varía monótonicamente con la temperatura.

Termómetro de inmersión completa o total. Termómetro de líquido en vidrio, diseñado para indicar valores correctos de temperatura cuando el cuerpo completo del termómetro está sumergido en el líquido que se examina y cuando el bulbo y la porción del vástago que contiene el líquido están expuestos a la temperatura por medir. La profundidad de inmersión del termómetro debe ajustarse de forma que el nivel superior del líquido del termómetro coincida con la superficie libre del líquido que se examina.

Termómetro de inmersión parcial. Termómetro de líquido en vidrio, diseñado para indicar valores correctos de temperatura cuando el bulbo y una porción definida del vástago están expuestos a la temperatura por medir. El nivel de inmersión que debe coincidir con la superficie libre del cuerpo líquido está indicado por una marca sobre el vástago del termómetro. La porción remanente del vástago se encuentra usualmente expuesta al aire.

Termómetro de vidrio con columna de mercurio. Termómetro que se basa en la dilatación del mercurio líquido para indicar la temperatura. Consta básicamente de un bulbo de vidrio que contiene el mercurio, soldado a un tubo capilar de vidrio de diámetro uniforme, graduado y sellado en su otra extremidad.

Termómetro de resistencia de platino. Termómetro que se basa en la variación de la resistencia de un sensor, constituido por un hilo de platino, en función de la temperatura.

Termómetro de termistor. Termómetro que se basa en la medición de la variación de resistencia de un sensor, constituido por un elemento semiconductor, en función de la temperatura. El termistor se utiliza en el intervalo de temperatura en el que la resistencia del elemento semiconductor disminuye monótonicamente cuando la temperatura se incrementa.

Termómetro de termopar. Termómetro que se basa en el cambio de la diferencia de potencial que se establece en un termoelemento constituido por la soldadura entre dos metales o aleaciones metálicas diferentes cuando cambia la temperatura de la soldadura. El termopar se constituye por la asociación de dos termoelementos cuyas soldaduras se encuentran a temperaturas distintas.

Termómetro de vidrio para laboratorio. Instrumento que sirve para medir la temperatura, con el recipiente de expansión de vidrio, es recto y establece contacto directo con el agua a medir y se ha trazado a un termómetro de vidrio para laboratorio certificado.

Termómetro de vidrio para laboratorio certificado. Instrumento que sirve para medir la temperatura, comprobados por un procedimiento técnicamente válido y por lo cual el Organismo de certificación emitió un certificado.

Trazabilidad. Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

Verificación de la calibración. Una verificación periódica de que no han cambiado las condiciones del instrumento en una forma significativa.

RESPUESTAS A LA AUTOEVALUACIÓN

AUTOEVALUACIÓN 1

1. a, b, c
2. a, b, c

AUTOEVALUACIÓN 2

- 1.a
- 2.a, c
3. a, b
4. a, b, c
5. a, b, c, d
6. a, b, c, d, e
7. a, b, c

AUTOEVALUACIÓN 3

1. a, b
2. a, b, c

ANEXOS

TABLA 3 REQUISITO PARA TERMÓMETRO DE VÁSTAGO SÓLIDO DE USO GENERAL PARA MEDICIONES DE BAJA EXACTITUD

Alcance nominal	División de la escala	Líneas mayores a cada	Espesor de las líneas máx	Numerado fraccionado en cada	Numerado completo en cada	Longitud global max	Longitud de la escala (alcance nominal) min	Inmersión total	Inserción parcial		Designación (la inmersión se agrega como sea apropiado)
								Error máximo	Error máximo	Temperatura promedio de la columna líquida emergente	
°C	°C	°C	mm	°C	°C	mm	mm	°C	°C	°C	
-100 a +30	1	5	0,25	-	10	305	180	2	#	#	A
-35 a +30	0,5	1	0,25	5	10	305	180	1	1,5	20	B
0 a + 60	0,5	1	0,25	5	10	305	180	0,5	0,5	20	C
0 a + 100	1	5	0,25	-	10	305	180	1	1,5	35	D
0 a +160	1	5	0,25	10	100	305	180	2	3	35	E
0 a +250	1	5	0,20	10	100	305	180	2	3	35	F
0 a +360	2	10	0,20	20	100	305	180	4	6	50	G
0 a +500	2	10	0,25	50	100	350	180	10	15	75	H

TABLA 4 REQUISITO PARA TERMÓMETRO DE VÁSTAGO SÓLIDO DE USO GENERAL PARA MEDICIONES DE ALTA EXACTITUD

Alcance	División de la escala	Líneas mayores a cada	Espesor de las líneas max.	Numerado fraccionado en cada	Numerado completo en cada	Longitud global	Longitud de la escala min.	Inmersión total	Inmersión parcial		Designación (la inmersión se agrega como sea apropiado)
								Error máximo	Error máximo	Temperatura promedio de la columna líquida emergente	
°C	°C	°C	mm	°C	°C	mm± 10	mm	°C	°C	°C	
-100 a +50	1	5	0,25	10	100	305	200	2	#	#	J
-50 a +50	1	5	0,25	-	10	305	150	2	#	#	K
-1 a +51	0,1	0,5	0,10	1	10	460	300	0,3	1	20	L
-1 a +101	0,1	0,5	0,10	1	10	610	500	0,3	1	35	M
-1 a +201	0,2	1	0,25	2	10	610	500	0,4°C hasta 100°C	1°C hasta 100 °C	35	N
								0,5 °C arriba de 100°C	1,5°C arriba de 100°C		
-35 a +50	1	5	0,25	-	10	305	200	0,5	1	20	P
-20 a +110	1	5	0,25	-	10	305	200	0,5	1	35	R
-20 a +150	1	5	0,20	10	100	305	200	0,5	1	35	S
-10 a +260	1	5	0,20	10	100	405	250	0,5°C hasta 100°C	1°C hasta 100°C	35	T
								1°C arriba de 100°C	1,5°C arriba de 100°C		
-10 a +400	2	10	0,25	20	100	405	250	2°C hasta 300°C	2,5°C hasta 300°C	50	V
								4°C arriba de 300°C	5°C arriba de 300°C		
-10 a +500	2	10	0,20	20	100	405	250	2°C hasta 300°C	2,5°C hasta 300°C	75	Y
								4°C arriba de 300°C	5°C arriba de 300°C		

Inscripciones

Las inscripciones siguientes deben marcarse en los termómetros en forma clara y permanente:

- Unidad de temperatura, el símbolo de grado Celsius, " °C ".
- La designación del termómetro.
- Para termómetros de inmersión parcial, una indicación de la profundidad de la inmersión a la cual fue ajustado, por ejemplo: "75mm". Para termómetros de inmersión completa o total, no se requiere inscripción.
- Marca del fabricante o vendedor, fácilmente identificable.
- El número de aprobación de modelo o prototipo.
- Identificación del vidrio del bulbo, preferiblemente por medio de una franja coloreada o una inscripción sobre el termómetro.
- Identificación del fabricante o número de serie; los últimos dos dígitos pueden, si se requiere, indicar el año de manufactura.

SERIE NARANJA

ISBN	TITULO	AUTORES
ISBN 968-817-617-6	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-003-1980, AGUAS RESIDUALES – MUESTREO –9-	BIOL. ALICIA A. LERDO DE TEJADA BRITO † BIOL. JOSÉ JAVIER SÁNCHEZ CHÁVEZ
ISBN 968-817-618-4	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-006-SCFI-2000, ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE MATERIA FLOTANTE EN AGUAS RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA. –10-	M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ
ISBN 968-817-619-2	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-007-SCFI-2000, ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS-MÉTODO DE PRUEBA. –11-	ING. MIGUEL A. REYES FILIO M en C. DALMEY VILLEGAS SOSA
ISBN 968-817-620-6	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-008-SCFI-2000, ANÁLISIS DE AGUA-DETERMINACIÓN DE pH-MÉTODO DE PRUEBA. –12-	ING. RAFAEL GÓMEZ MENDOZA M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ
ISBN 968-817-621-4	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-014-1980, CUERPOS RECEPTORES-MUESTREO. –13-	M en C. LUIS ALBERTO BRAVO INCLÁN
ISBN 968-817-622-2	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-012-SSA1-1993, REQUISITOS SANITARIOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PÚBLICOS Y PRIVADOS. –14-	MI. ANTONIO RAMÍREZ GONZÁLEZ
ISBN 968-817-623-0	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-014-SSA1-1993, PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PÚBLICOS Y PRIVADOS. –15-	M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ
ISBN 968-817-624-9	UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-179-SSA1-1998, VIGILANCIA Y EVALUACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO, DISTRIBUIDA POR SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO. –16-	M en C. ANA CECILIA TOMASINI ORTIZ