



ECONOMÍA
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



PROTOCOLO

Ensayo de Aptitud Técnica

“Medición de conductividad electrolítica en disoluciones acuosas”

Dirección General de Metrología de Materiales
Dirección de Análisis Inorgánico

Contenido

1. Alcance y Objetivos	4
1.1. Alcance	4
1.2. Objetivos	4
2. Participantes	4
3. Gestión	5
4. Personal involucrado en el diseño y operación del ensayo	5
5. Esquema del ensayo	5
6. Elemento de ensayo	5
6.1. Información del elemento de ensayo	5
6.2. Estabilidad y Homogeneidad del elemento de ensayo	6
7. Programa del Ensayo	7
8. Comunicación e información proporcionada a los participantes	7
9. Responsabilidades	8
9.1. Coordinador administrativo	8
9.2. Coordinador técnico	8
9.3. Participante	8
10. Medición del elemento de ensayo	9
10.1. Recepción de la muestra	9
10.2. Registro y envío de los resultados	10
10.3. Recomendaciones generales	10
10.4. Llenado de formatos y envío de resultados	11
11. Análisis estadístico de los resultados	17
12. Informe de resultados	20
13. Políticas	20
13.1. Política de privacidad y manejo de datos personales	20
13.2. En caso de inconformidad	21



14. Resolución de contingencias	22
15. Referencias	22
15.1. Normas	22
15.2. Publicaciones técnicas	23
16. Dirección del organizador	24
Ubicación del Centro Nacional de Metrología	24

1. Alcance y Objetivos

1.1. Alcance

El alcance del presente ensayo de aptitud es, proporcionar información técnica relativa a las capacidades de medición de los laboratorios participantes, relacionadas con la magnitud de conductividad electrolítica y, a su vez, evaluar el desempeño (método de medición) de los mismos al medir dicha magnitud; para ello, fue necesario preparar gravimétricamente el ítem (o los ítems)¹ correspondiente(s): *disolución de cloruro de potasio*, de acuerdo con las siguientes características (Tabla 1):

Tabla 1. Características del ítem preparado gravimétricamente.

Nombre de la disolución acuosa	Fórmula química	Conductividad electrolítica nominal
Cloruro de potasio	KCl	(40 - 60) $\mu\text{S}/\text{cm}$

Este ensayo de aptitud está dirigido a evaluar la capacidad técnica de cada laboratorio para medir la magnitud de conductividad electrolítica y que requiera del uso de este método de medición para tal fin.

1.2. Objetivos

- Proveer de una herramienta objetiva para que el laboratorio participante en el presente ensayo de aptitud, demuestre su competencia técnica ante diferentes entes acreditadores y demás partes interesadas.
- Identificar todos aquellos aspectos relacionados con la competencia técnica de cada participante, que pueden o requieren mejorar y, por tanto, fortalecer la confiabilidad de sus mediciones.
- Fortalecer las competencias técnicas de los laboratorios que evalúan la conformidad con respecto a normas oficiales mexicanas.

2. Participantes

Laboratorios de análisis interesados en evaluar su capacidad técnica en la medición de conductividad electrolítica de disoluciones acuosas.

¹ *Muestra, producto, artefacto, material de referencia, parte de un equipo, patrón de medida, conjunto de datos u otra información utilizada en un ensayo de aptitud*”.

3. Gestión

El ensayo de aptitud se realiza de acuerdo con la norma NMX-EC-17043-IMNC-2010 “Evaluación de la conformidad de requisitos generales para los ensayos de aptitud”.

4. Personal involucrado en el diseño y operación del ensayo

Responsable general del ensayo: Dr. José Luis Ortiz Aparicio
Centro Nacional de Metrología
Tel. (+52) (442) 211 05 00, Ext. 3903
Correo electrónico: jortiz@cenam.mx

Coordinador y contacto técnico del ensayo: Dr. Jorge Uribe Godínez
Centro Nacional de Metrología
Tel. (+52) (442) 211 05 00, Ext. 3924
Correo electrónico: juribe@cenam.mx

Coordinadora administrativa de ensayos de aptitud: Lic. Maribel Medina González
Centro Nacional de Metrología
Tel. (+52) (442) 2110500, Ext. 3006
Correo electrónico:
ensayos.aptitud@cenam.mx

5. Esquema del ensayo

El presente ensayo de aptitud técnica consiste en un programa simultáneo donde se distribuirá el elemento de ensayo (*ítem*) a diferentes laboratorios, y las mediciones se realizarán en un periodo de tiempo establecido.

6. Elemento de ensayo

6.1. Información del elemento de ensayo

Las muestras que serán utilizadas en el ensayo de aptitud forman parte de un lote específico que fue preparado y certificado por el CENAM a partir de su caracterización electroquímica, mediante mediciones de impedancia, utilizando para ello, materiales de referencia certificados como fuente de trazabilidad metrológica al SI. La incertidumbre de su valor de medición fue estimada de acuerdo con la Guía para la Expresión de la



Incertidumbre de Medida JCGM 100:2008 (GUM) y con base a lo establecido en las siguientes normas:

- NMX-EC-17034-IMNC-2018, Requisitos generales para la competencia de los productores de materiales de referencia.

Descripción del elemento de ensayo: Consiste en una disolución acuosa de cloruro de potasio 0.01 mol/kg, para la medición de conductividad electrolítica.

Presentación: Botella de polietileno de alta densidad y con capacidad para 120 mL.

Cantidad: 100 mL de muestra.

Número de unidad: 000000 (1 botella).

Este material fue preparado con reactivos de alta pureza y con agua para medición de conductividad menor a 0.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El elemento de ensayo se envía al participante en un contenedor de cartón y protegido con hule burbuja. Cada botella está identificada como se ilustra en la Figura 1.

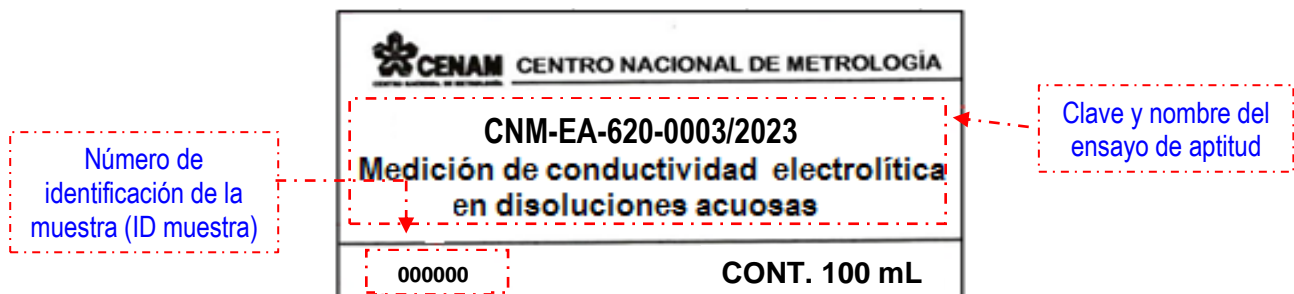


Figura 1. Ejemplo de la etiqueta adherida a la botella de HDPE para el ensayo de aptitud técnica en el cual se identifican la clave y nombre del Ensayo, el número de identificación de la ampollita, nombre del material y contenido.

6.2. Estabilidad y Homogeneidad del elemento de ensayo

Los detalles sobre la preparación, homogeneidad y estabilidad del elemento de ensayo se conservan en el CENAM. Las muestras son estables durante el desarrollo del ensayo, esto incluye el tiempo de preparación y el inicio del ensayo, así como durante el transporte y el período de tiempo establecido para que los participantes realicen las mediciones.

7. Programa del Ensayo

En la Tabla 2, se presenta el listado de las actividades para la realización del ensayo de aptitud no programado. Las fechas se definirán en función de la(s) solicitud(es) recibida(s).

Tabla 2. Calendario de actividades.

ACTIVIDAD	FECHA
1. Proceso de inscripción (Fecha límite de inscripción y de pago)	Por definir
2. Envío de protocolo y formatos	Por definir
3. Envío de elemento de ensayo al participante	Por definir
4. Recepción de resultados de análisis de ensayo	Por definir
5. Envío de informe preliminar de resultados a los participantes del ensayo de aptitud	Por definir
6. Recepción de comentarios del informe preliminar	Por definir
7. Envío de informe final de resultados al participante	Por definir

8. Comunicación e información proporcionada a los participantes

Para asegurar la comunicación, el responsable general del ensayo y el experto técnico estarán disponibles en horarios hábiles de 10h00 a 15h00 horas de lunes a viernes para ser consultados por los participantes (Ver la Sección 4 de este protocolo para consulta de los datos de contacto). En la Sección 16 de este Protocolo se presenta la ubicación de las instalaciones del CENAM.

El participante recibirá un correo electrónico de la cuenta de CENAM, con un enlace donde podrá descargar el protocolo y archivo(s) extra(s). El correo recibido tiene un enlace a un portal web en el que encontrará un Módulo de comunicación. En caso de presentar inconvenientes con el Módulo de comunicación, informar de esto al coordinador técnico del ensayo y al coordinador administrativo vía correo electrónico.



9. Responsabilidades

9.1. Coordinador administrativo

Actividades:

1. Recepción de la muestra empacada por parte del Coordinador técnico del ensayo de aptitud.
2. Envío de la muestra a la dirección del laboratorio participante.
3. Notificación a cada participante, vía correo electrónico, del número de guía de rastreo de la mensajería en la que fue enviada la muestra.
4. Aclaración de dudas administrativas en coordinación con el Coordinador técnico del ensayo de aptitud durante la realización del Ensayo de Aptitud a través del módulo de comunicación.

9.2. Coordinador técnico

Actividades:

1. Elaboración y envío del protocolo en el que se establecen las condiciones y requisitos para la participación en el Ensayo de Aptitud CNM-EA-620-0003/2023.
2. Envío del elemento de ensayo al participante: El elemento de ensayo se entregará vía mensajería a la dirección del participante. Se notificará vía correo electrónico el número de guía de la mensajería para rastrear el traslado la muestra.

Consignas de seguridad:

- La muestra que será enviada en este ejercicio No Representa riesgo para la salud de las personas y para el ambiente.
 - Está fuera del propósito del presente protocolo describir todas las consignas de seguridad que deben seguirse para el manejo de los materiales involucrados en este ejercicio.
3. Aclaración de dudas al participante durante la realización del Ensayo de Aptitud.
 4. Recepción de los resultados del participante, análisis de los resultados y evaluación.
 5. Elaboración y entrega de informe.

9.3. Participante

Actividades:

1. Al recibir el elemento de ensayo, el personal técnico del laboratorio participante deberá realizar lo siguiente:
 - Revisar la muestra inmediatamente después de recibirla; es importante que verifique que el empaque se encuentre en buenas condiciones, (botella de polietileno y cajas de cartón de empaque), en caso contrario deberá de notificarlo al



coordinador técnico del ensayo, vía correo electrónico por medio del FORMATO 1 Custodia de las muestras.

- Leer cuidadosamente las instrucciones adjuntas sobre los cuidados de la muestra: El recipiente del ítem del ensayo de aptitud deberá conservarse bien cerrado. Deberá mantenerse en condiciones normales de laboratorio, en un lugar seco, a una temperatura que no exceda los 26 °C y que no esté expuesto directamente al sol.
- Asegurar el uso adecuado del elemento de ensayo para conservar la integridad de este. En caso de que el elemento de ensayo llegará a sufrir algún daño que impida realizar la medición, por ejemplo, botella abierta o rota, etc., avisar inmediatamente vía el Módulo de comunicación.
- Consignas de seguridad: Es responsabilidad del participante, informarse y establecer las medidas de seguridad apropiadas para el manejo de las sustancias, así como para disposición final, aun cuando esta muestra de ensayo NO representa peligro para la salud.

2. Leer cuidadosamente las instrucciones indicadas en el Protocolo e identificar los Formatos que forman parte del mismo (ver Sección 10).
3. En el caso de que el personal técnico del laboratorio participante tenga dudas, contactar al coordinador técnico de este ensayo vía el Módulo de comunicación.
4. Enviar los resultados mediante el uso del portal del ensayo, subiendo el archivo con los formatos con la información solicitada como se indica en el Protocolo (ver Sección 10).
5. Enviar las observaciones sobre el contenido del informe preliminar a través del Módulo de comunicación.

10. Medición del elemento de ensayo

10.1. Recepción de la muestra

Una vez que la muestra de ensayo haya sido recibida por el personal técnico del laboratorio participante y se hayan verificado las condiciones del elemento de ensayo y su integridad física, se deberán llenar y enviar a la brevedad los formatos siguientes que se enviarán junto con el protocolo (ver los anexos al final de este documento):

Formato 1	Custodia de la(s) muestra(s): <ul style="list-style-type: none"> - Llenar el Formato electrónico en Excel®, imprimirlo, firmarlo y enviarlo digitalizado en formato PDF al coordinador técnico el mismo día en el que haya recibido la muestra con la firma del responsable, indicando el código de identificación de la muestra (Figura 1) y las condiciones en que se está recibiendo el elemento de ensayo. 	En Archivo Excel® Figura 1
------------------	---	-----------------------------------



10.2. Registro y envío de los resultados

Asimismo, se deberán llenar y enviar los resultados de medición en los siguientes formatos contenidos en el Archivo electrónico en Excel®, que recibirá por correo electrónico:

Formato 2	Identificación de la ampolleta	Figura 3
Formato 3	Parámetros de Operación	Figura 4
Formato 4	Resultados	Figura 5
Formato 5	Resultado final	Figura 6
Formato 6	Estimación de Incertidumbre (opcional)	Figura 7

Para el llenado de la información en los diferentes formatos, lea cuidadosamente las recomendaciones generales (Sección 10.3). Para mayor claridad acerca del contenido y el llenado de los formatos, así como, su identificación e instrucciones respectivas, cada uno se describe en la Sección 10.4. Este archivo Excel® deberá ser enviado en el mismo formato por correo electrónico al coordinador del ensayo a través del módulo de comunicación y a la dirección electrónica: juribe@cenam.mx

10.3. Recomendaciones generales

Antes de abrir la botella y tomar la(s) muestra(s) a utilizar, la *disolución debe ser homogeneizada con movimientos circulares verticales y horizontales durante 30 segundos; tomar solo la cantidad que se requiere para realizar la medición.*

- a) Se recomienda identificar y verificar la recepción de todos los formatos que se adjuntan en este Protocolo. Los Formatos 1 al 6, se enviarán en un archivo Excel® (ver las secciones 10.1 y 10.2, así como la sección 10.4), los cuales habrá recibido en su correo electrónico y están debidamente identificados en su carátula. En caso de no haberlos recibido, deberá notificarlo inmediatamente. Asimismo, se recomienda que previamente se tenga lista toda la información que se va a capturar en los formatos electrónicos y revisarla cuidadosamente antes de su envío.



Nota 1. Los resultados serán capturados en los formatos correspondientes (ver 10.3 a) en el Archivo Excel®, y serán enviados al CENAM a través del correo electrónico mencionado.

- b) La fecha solicitada en los formatos deberá escribirse siempre de la siguiente manera: año/mes/día. Por ejemplo, para la fecha de vigencia de un reactivo donde dice 1° de septiembre del 2019, se deberá escribir 2019/09/01. En caso de que no tenga día, se deberá escribir como sigue: 2007/05/00. Estas celdas estarán configuradas como texto a fin de que no se modifique y puedan escribir en ella.
- c) Los resultados de cada laboratorio participante en este ensayo deberán ser informados considerando que, el punto será empleado solamente como separador de decimales. Los valores deberán escribirse de forma continua, no deberán utilizar espacios, ni comas para separarlos.
- d) No debe dejar ningún espacio en blanco, si no cuenta con información colocar algunas de las opciones:
 - NR (No registrado)
 - NA (No aplica)
 - ND (No detectado)
- e) La información del Formato 6 "Estimación de incertidumbre" solamente es informativa, no se considerará para la evaluación, sin embargo, se recomienda que se realice la estimación con la información que el laboratorio tenga disponible.
- f) En el Formato 6 "Estimación de incertidumbre", coloque en el cuadro del modelo matemático, la ecuación que use para calcular el valor de medición y para estimar la incertidumbre de medida. Si tiene observaciones o comentarios deberá realizarlos en el apartado de observaciones correspondiente.
- g) La medición de conductividad electrolítica solicitada deberá realizarse con el método de medición que comúnmente utiliza en su laboratorio.

10.4. Llenado de formatos y envío de resultados

La Figura 2, muestra la carátula del Formato 1 referente a la información de la custodia de la muestra o ítem que se envía al laboratorio participante. En este formato se debe indicar el código de la botella (aaaaaa) señalado en la etiqueta de la muestra tal como se observa en la Figura 1. Asimismo, observe cuidadosamente la muestra y registre las condiciones físicas en las que la ha recibido. Llenar los espacios en azul. Imprimir el Formato 1 con Firma de la persona que recibe y posteriormente, digitalizarlo en formato



PDF y enviar a través del Módulo de comunicación, o bien, por correo electrónico al coordinador del ensayo a la dirección electrónica: juribe@cenam.mx.

Formato 1. Custodia de la(s) muestra(s)

Custodia de la(s) muestra(s)				
		Fecha: <input type="text" value="año/mes/día"/>		
El laboratorio que recibe la(s) muestras deberá llenar y enviar este formato por correo electrónico a: <input type="text" value="juribe@cenam.mx"/>				
Ensayo de aptitud (CUI): CNM-EA-620-000?/2025				
(Nombre): Medición de conductividad electrolítica en disoluciones acuosas				
Laboratorio que recibe:	<input type="text"/>	No. de código:	<input type="text"/>	
Dirección:	<input type="text"/>			
Persona que recibe:	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Responsable de la medición:	<input type="text"/>	Firma		
ID muestra	Cantidad	Número de unidad	Descripción	Presentación
Observaciones importantes (para ser llenado por el CENAM): La muestra debe permanecer en refrigeración a una temperatura que no exceda los 26 °C. Antes de tomar la muestra, deje atemperar la ampollita a la temperatura ambiente. Una vez abierta la muestra, esta debe usarse inmediatamente.				
Inspección visual (para ser llenado por el laboratorio que recibe):				
		No aplica <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
¿ La(s) muestra(s) fue(ron) entregada(s) debidamente empacada(s)?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿ La(s) muestra(s) fue(ron) enviada(s) por mensajería ?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿ La(s) muestra(s) fue(ron) recogidas en el CENAM?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿ La(s) muestra(s) tiene(n) evidencia de golpes o alguna otro daño?			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observaciones (para ser llenado por los laboratorios): 				
814-AC-FO.042		Ver. 1.0		814-AC-P.010

Figura 2. Ejemplo de la carátula del Formato 1 para la custodia de la muestra enviada al laboratorio.

Formato 2. Identificación de la ampolleta

La Figura 3, ilustra un ejemplo de la carátula del Formato 2 para la identificación de la botella de la muestra o ítem. En este formato se debe indicar el número de identificación de la botella (aaaaaa) y del laboratorio.



FORMATO 2
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
ENSAYO DE APTITUD CNM-EA-620-000?/2025
“Medición de conductividad electrolítica disoluciones acuosas”

Código de laboratorio: ccc

Clave única del ensayo de aptitud	Nombre del ensayo de aptitud	Número único de identificación de la botella
CNM-EA-620-000?/2025	“Medición de conductividad electrolítica en disoluciones acuosas”	aaaaaa

Figura 3. Ejemplo de la carátula del Formato 2 para la identificación de la ampolleta con la muestra enviada al laboratorio.

Formato 3. Parámetros de Operación para la Medición de conductividad electrolítica

La Figura 4, presenta un ejemplo de la carátula del Formato 3 que describe los parámetros de operación instrumental y del método, como son: registro de la temperatura, materiales de referencia utilizados para la calibración, por ejemplo, para las mediciones de conductividad electrolítica. De las tablas mostradas, se debe realizar lo siguiente:

- Tabla 1. Proporcionar la información del medidor de conductividad electrolítica utilizado para este ensayo.
- Tabla 2. Proporcionar la información de la celda de conductividad electrolítica utilizada para este ensayo.

- Tabla 3. Proporcionar la información de los materiales de referencia certificados utilizados (valor certificado, incertidumbre expandida (U), marca, presentación, fecha de vigencia).



FORMATO 3
Parámetros de Operación

ENSAYO DE APTITUD CNM-EA-620-0007/2025
"Medición de conductividad electrolítica en disoluciones acuosas"

Código de laboratorio: ccc

Tabla 1. Medidor

Conductímetro	
Marca Comercial	
Modelo	
Resolución	

Tabla 2. Electrodo

Electrodo	Descripción
Tipo de electrodo	
Marca Comercial	
Modelo	
Constante de celda	

Tabla 3. Materiales de referencia certificados usados

	MRC 1	MRC 2	MRC 3
Valor certificado			
Incertidumbre (U)			
Marca u origen			
Código del MRC			
Lote			
Presentación			
Fecha de vigencia			

Figura 4. Ejemplo de la carátula del Formato 3 sobre los parámetros de operación empleados para la medición de conductividad electrolítica.

Formato 4. Resultados

La Figura 5, presenta un ejemplo de la carátula del Formato 4 referente al registro de los resultados de medición; se deben proporcionar los valores de conductividad electrolítica y de temperatura medidos. Esta actividad se realizará durante tres días para obtener tres resultados de medición.

FORMATO 4

Resultados

ENSAYO DE APTITUD CNM-620-EA-0007/2025
"Medición de conductividad electrolítica en disoluciones acuosas"

Código de laboratorio: ccc

Botella No.	Número de la réplica	Dia 1		Dia 2		Dia 3	
		Valor de Conductividad Electrolítica en $\mu\text{S/cm}$	Temperatura / °C	Valor de Conductividad Electrolítica en $\mu\text{S/cm}$	Temperatura / °C	Valor de Conductividad Electrolítica en $\mu\text{S/cm}$	Temperatura / °C
aaa	R1						
	R2						
	R3						

Observaciones

Figura 5. Ejemplo de la carátula del Formato 4 sobre el registro de los resultados de la medición de conductividad electrolítica.

Formato 5. Resultado final

La Figura 6, presenta un ejemplo de la carátula del Formato 5 referente al registro del resultado final de medición de conductividad electrolítica. Proporcione el resultado de conductividad electrolítica por cada día de medición y el resultado promedio final de los días de medición, el cual será considerado para su evaluación.

NOTA 4: El resultado que se indique en la celda correspondiente a "**VALOR FINAL**" será el que se tome en cuenta para su evaluación.



FORMATO 5
Resultado final

ENSAYO DE APTITUD CNM-EA-620-0007/2025

“Medición de conductividad electrolítica en disoluciones acuosas”

	Valor de de medición por día	Unidad	VALOR FINAL	Unidad
Día 1				
Día 2				
Día 3				

Resultado promedio por día

Resultado final informado por el

Describe detalladamente todo el procedimiento de medición

Descripción detallada del procedimiento de medición, mencionando los reactivos, materiales de referencia y/o patrones químicos

Figura 6. Carátula del Formato 5 sobre el registro del resultado final de conductividad electrolítica medido por el laboratorio participante.

Formato 7. Estimación de incertidumbre

La Figura 7, presenta un ejemplo de la carátula del Formato 6 referente a la estimación de la incertidumbre de medida. Proporcione la información de estimación de incertidumbre de medida, así como, la información solicitada para cada una de las magnitudes de entrada empleadas de cada medición de conductividad electrolítica y sus incertidumbres; registre el factor de cobertura empleado (k) si cuenta con esta información, así como, el nivel de confianza empleado para expresar la estimación de incertidumbre como una incertidumbre expandida. Reporte todas las cifras decimales significativas que se considere conveniente.

Modelo Matemático

No.	Magnitud de entrada	Valor estimado (unidades)	Fuente de información	Incertidumbre original (unidades)	Factor de cobertura (k)	Tipo de distribución	Incertidumbre estándar (unidades)	Incertidumbre relativa	Contribución

k		\pm		$\mu\text{S/cm}$
-----	--	-------	--	------------------

Observaciones

Figura 7. Ejemplo de la carátula del Formato 6 sobre la estimación de la incertidumbre de medida realizada por el laboratorio participante.

11. Análisis estadístico de los resultados

Criterio de evaluación

El tratamiento estadístico de los resultados de medición se realizará de acuerdo con la información que cada laboratorio envíe al CENAM y, se elaborará un gráfico con los resultados de los participantes indicando solamente el código de identificación de cada uno de ellos, el cual será anexado al informe final; esto con el fin de presentar el resultado general de los laboratorios y pueda ser comparado con el resto de los participantes. El tratamiento de la información estará de acuerdo con lo mencionado en la Sección 13, referente a la Política de privacidad y manejo de datos personales.

A continuación, se describen los estimadores estadísticos para llevar a cabo la evaluación de los resultados de este ensayo:



- a) **Valor z**, este estimador será utilizado sólo como valor informativo en este ensayo de aptitud técnica y, será aplicado de acuerdo con la Norma NMX-CH-13528-IMNC-2007.

Es la medida normalizada del sesgo del laboratorio, la cual es calculada utilizando el valor asignado y la desviación estándar para la evaluación de la aptitud.

Este estadístico, se empleará para comparar la desviación de los valores medidos por los participantes, con respecto al valor de referencia certificado asignado, con la incertidumbre estándar asociada al valor certificado:

$$z = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sigma} \quad (1)$$

Donde,

- x_{lab} : Valor promedio informado por el laboratorio participante
- x_{ref} : Valor de referencia certificado
- σ : Valor de incertidumbre expandida asociada al valor de referencia certificado

- b) **Error Cuadrático Medio Relativo (ECMR)**, el cual utiliza el sesgo de las mediciones, la dispersión de ellas y la relación que existe con respecto a la incertidumbre asignada al material de referencia certificado que es proporcionado por el CENAM para cada ensayo².

El Error Cuadrático Medio, *ECM* es una medida total del tamaño del error de medición, el cual se ve afectado por la contribución del sesgo (medida del error sistemático) y de la varianza (medida del error aleatorio). El *ECM* se representa por la ecuación (2).

$$ECM = \sqrt{b^2 + s^2} \quad (2)$$

Se espera que, la medición ideal tuviera un sesgo $b = 0$, y una varianza $s^2 = 0$.

A continuación, se describe la obtención de cada uno de estos factores de contribución:

- a) Se obtiene el promedio, x , de cada uno de los laboratorios, ver ecuación (3).

² Ver subsección 14.2 Publicaciones técnicas en la sección 14 de referencias.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

- b) Se calcula la desviación estándar, s , de los resultados de cada uno de los laboratorios, la cual dará información sobre su precisión, ver ecuación (4).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

- c) También se calcula el sesgo, b , de cada uno de los laboratorios, con lo cual se obtiene información de la exactitud de los laboratorios con respecto a un valor de referencia certificado o "valor verdadero". El sesgo se calcula como el valor absoluto de la diferencia entre el valor de referencia (x_{ref}) y el valor promedio obtenido por el laboratorio (x_{lab}), ver ecuación (5).

$$b = \left| x_{ref} - \bar{x}_{lab} \right| \quad (5)$$

- d) Posteriormente, se calcula el valor del *ECM* con la ecuación (2), el cual representa una medida de la variabilidad conjunta debida tanto a la precisión como a la exactitud.
- e) Finalmente, se calcula el valor del error cuadrático medio relativo (*ECMR*), el cual representa la relación existente entre el *ECM* de cada uno de los laboratorios participantes y la incertidumbre (U) asignada al valor certificado de cada material de referencia que el CENAM proporciona para cada ensayo correspondiente al parámetro; se representa por la ecuación (6).

$$ECMR = \frac{ECM}{U} \quad (6)$$

Mientras menor sea el *ECMR*, el laboratorio tendrá mejor aptitud técnica en su proceso de medición y por lo tanto, demostrará mejor desempeño analítico.

El participante deberá cumplir con el criterio de aceptación del estadístico Error Cuadrático Medio (*ECM*), por lo que el estadístico **z** score es sólo informativo.

El estimador estadístico *ECMR* para este ejercicio ha sido propuesto por el CENAM y se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterio de aceptación propuesto para el ECMR.

Valor de conductividad electrolítica	<i>n</i>
$\kappa / \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	3

12. Informe de resultados

Los resultados se analizarán con las herramientas estadísticas descritas anteriormente y se elaborará un informe en formato PDF con las conclusiones generadas del ensayo.

El informe final del ensayo de aptitud será enviado vía correo electrónico a todos los laboratorios participantes el día 31 de agosto de 2023. Los laboratorios participantes deberán enviar la confirmación de recepción del documento. En el caso de que el participante lo requiera, se dará retroalimentación vía correo electrónico o vía telefónica.

13. Políticas

Los resultados se manejan de manera confidencial.

13.1. Política de privacidad y manejo de datos personales

El CENAM en su carácter de entidad pública paraestatal, podrá tratar su información como confidencial en los términos de los artículos 18 y 19 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, 37, 38, 39, 40 y 41 de su Reglamento y del Capítulo III de los Lineamientos para la clasificación y desclasificación de la información de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, mediante solicitud expresa en oficio formal por parte del participante.

Los ensayos de aptitud organizados por el CENAM cumplen con los requisitos indicados en la NMX-EC-17043-IMNC-2010 *Evaluación de la Conformidad - Requisitos Generales para los Ensayos de Aptitud*, de acuerdo con el apartado 4.10. Confidencialidad.

En el caso de que exista un cambio en las fechas programadas por algún contratista fuera del alcance del proveedor para las actividades del ensayo, se dará aviso oportuno a los participantes.



No se publicará o entregará información de los resultados a ningún participante hasta el término del ejercicio. En el caso de que algún participante no esté de acuerdo con sus resultados, puede seguir el procedimiento indicado a continuación:

13.2. En caso de inconformidad

- *Laboratorio participante:*

El participante deberá comunicarse con el coordinador técnico del ensayo vía telefónica o mediante correo electrónico a la dirección localizada al final del informe de resultados, solicitando la revisión de los resultados y describiendo a detalle las razones técnicas de la inconformidad.

- *Organizador del Ensayo de aptitud:*

El coordinador técnico del ensayo revisará la solicitud y se comunicará directamente con el participante para obtener retroalimentación, si es necesario. Asimismo, en el caso de requerirlo, el coordinador del ensayo le solicitará al personal designado como contacto del laboratorio que envíe su solicitud por escrito y/o por correo electrónico al coordinador técnico del ensayo (juribe@cenam.mx).

El coordinador técnico del ensayo se reunirá con el grupo de expertos asesores del CENAM para revisar los aspectos técnicos de la solicitud, antecedentes, documentos y registros relacionados. Después del análisis, el grupo de expertos emitirá las conclusiones, las cuales serán enviadas al participante.

En el caso de que la queja del participante no proceda, como resultado de la conclusión del grupo de expertos, el coordinador técnico del ensayo le enviará por escrito al participante las razones técnicas que soportan la conclusión.

En el caso de que proceda la solicitud de revisión del participante, de acuerdo a la conclusión del grupo de expertos, el coordinador técnico del ensayo le enviará por escrito al participante una breve descripción de cómo será atendida.

En aquellos casos en los que el grupo de expertos considere necesario proporcionar una explicación técnica detallada de las conclusiones del informe final del ensayo de aptitud técnica, se podrá organizar un Taller de Discusión de Resultados.



14. Resolución de contingencias

En el caso de que suceda una contingencia con el elemento de ensayo:

- a) Daño al elemento de ensayo por parte de la mensajería o del mismo participante.
 - Aviso inmediato al Coordinador técnico a través del módulo de comunicación.
 - Sustitución de la muestra. El costo del envío lo cubre el participante.
- b) Detección de particularidades que no permitan aplicar la evaluación de resultados propuesta.
 - Aviso inmediato al Coordinador técnico del ensayo a través del módulo de comunicación.
 - Convocatoria a una reunión con el grupo experto para definir cómo actuar para la evaluación de los resultados.

Error de edición

El proveedor del ensayo de aptitud se reserva el derecho de editar la información presentada en este documento y se compromete a informar oportunamente a todos los participantes de cualquier cambio que se genere en dichas ediciones.

15. Referencias

15.1. Normas

- [1] NMX-EC-17043-IMNC-2010, Evaluación de la conformidad-Requisitos Generales para los ensayos de aptitud.
- [2] NMX-EC-17025-IMNC-2018, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración.
- [3] NMX-CH-13528-IMNC-2007, Métodos estadísticos para su uso en ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios.
- [4] NMX-CH-164-IMNC-2012, Materiales de referencia-Requisitos generales para la competencia de productores de materiales de referencia.
- [5] NMX-CH-165-IMNC-2008, Materiales de referencia-Principios generales y estadísticos para certificación.
- [6] NOM-041-SSA1-1993, Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.



- [7] NMX-AA-093-SCFI-2018, Análisis de agua - Medición de la conductividad eléctrica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. - Método de prueba.

15.2. Publicaciones técnicas

- [8] I. Castelazo, Y. Mitani, *Accred. Qual. Assur.* 17 (2012) 95–97
- [9] Eurachem/Citac Guide “Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement” 2nd. Edition, 2000.
- [10] JCGM Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), 1st Edition, 100:2008.



16. Dirección del organizador

Dirección:
km 4.5 Carretera a Los Cués,
Municipio El Marques, Querétaro. C.P. 76246
Querétaro, México.

Ubicación del Centro Nacional de Metrología



Fin del documento