



**ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE OXÍGENO
DISUELTO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y
RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A
LA NMX-AA-012-1980)**

**WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF DISSOLVED
OXYGEN IN NATURAL, WASTEWATERS AND WASTEWATERS
TREATED - TEST METHOD**

0 INTRODUCCIÓN

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales, residuales y residuales tratadas dependen de las actividades químicas, físicas y bioquímicas en los cuerpos de aguas.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece dos métodos de prueba para la determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales y residuales utilizando las técnicas de azida modificada y la electrométrica.

Esta norma mexicana es aplicable para el análisis de aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

2 PRINCIPIO DEL MÉTODO

2.1 En el método electrométrico los electrodos de membrana sensible al oxígeno, ya sean galvánicos o polarizados están constituidos por dos electrodos de metal en contacto con un electrolito soporte, separado de la disolución de muestra por medio de una membrana selectiva.

En el cátodo, que usualmente es oro o platino, ocurre la reducción del oxígeno mientras que en el ánodo ocurre la oxidación del metal (plata o plomo). La diferencia básica entre el sistema galvánico y el polarizado es que en el primero la reacción en el electrodo ocurre espontáneamente, mientras que en el segundo es necesario aplicar un potencial externo para polarizar el electrodo indicador.

Generalmente se utilizan membranas de polietileno y fluorocarbón que son permeables al oxígeno molecular y relativamente rugosas.

2.2 En el método de la azida de sodio se adiciona una disolución de manganeso divalente y una disolución alcalina yoduro-azida de sodio a una muestra de agua contenida en un frasco de vidrio que debe permanecer cerrado. El oxígeno disuelto, OD, oxida al hidróxido de manganeso disuelto, en cantidad equivalente, para producir un precipitado de manganeso con valencia más alta. Se acidifica la muestra y los iones yoduro reducen al manganeso a su estado divalente produciéndose yodo equivalente al contenido de OD original. El yodo se titula con una disolución normalizada de tiosulfato de sodio. El punto final de la valoración se detecta visualmente con un indicador de almidón.

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Aguas naturales

Se define como agua natural el agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, residual y superficial.

3.2 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.

3.3 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 lleva a cabo.

3.4 Blanco analítico o de reactivos



Agua reactivo o matriz equivalente que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos disolventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra problema.

3.5 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.

3.6 Descarga

Acción de verter, infiltrar o 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.

3.7 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 siguiente 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.

3.8 Disolución estándar

Disolución de concentración conocida preparada a partir de un patrón primario.

3.9 Disolución madre



Corresponde a la disolución de máxima concentración en un análisis. Es a partir de esta disolución que se preparan las disoluciones de trabajo.

3.10 Material de referencia

Material o sustancia en el cual uno o más valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.

3.11 Material de referencia certificado

Material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de las propiedades están certificados por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual se expresan los valores de la propiedad, y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

3.12 Medición

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

3.13 Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

3.14 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.15 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente él 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.

3.16 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

3.17 Patrón (de medición)



Material de referencia, instrumento de medición, medida materializada o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

3.18 Patrón de referencia

Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

3.19 Patrón nacional (de medición)

Patrón reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

3.20 Patrón primario

Patrón que es designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.

3.21 Patrón secundario

Patrón cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

3.22 Patrón de trabajo

Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

3.23 Precisión

Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento analítico se aplica repetidamente a diferentes alícuotas o porciones de una muestra homogénea. Usualmente se expresa en términos del intervalo de confianza o incertidumbre:

$$x = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde:

\bar{x} es la media calculada a partir de un mínimo de tres mediciones independientes;
 $t_{\alpha/2}$ es el valor de la t de Student para un nivel de significancia del 95 %;

- s es la desviación estándar de la muestra;
n es el número de réplicas, y
x es el resultado que incluye el intervalo de confianza.

3.24 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.

3.25 Verificación de la calibración

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

4 REACTIVOS Y PATRONES

Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo, a menos que se indique otro grado.

Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características:

- a) Resistividad: megohm-cm a 25°C: 0,2 min;
- b) Conductividad: $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C 5,0 máx., y
- c) pH: 5,0 a 8,0.

4.1 Método electrométrico

4.1.1 Cloruro de cobalto (CoCl_2)

4.1.2 Sulfito de sodio (Na_2SO_3)

4.1.3 Disolución saturada de cloruro de cobalto. Pesar aproximadamente y con precisión 4,5 g de cloruro de cobalto (ver inciso 4.1.1) y disolver en 10 mL de agua.

4.1.4 Disolución estándar de concentración nula de oxígeno disuelto (OD). Pesar aproximadamente y con precisión 5,0 g de sulfito de sodio (ver inciso 4.1.2), aforar a 100 mL de agua y añadir 2 gotas de la disolución saturada de cloruro de cobalto (ver inciso 4.1.3).

4.2 Método yodométrico

- 4.2.1 Sulfato manganoso ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ o $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- 4.2.2 Hidróxido de potasio (KOH)
- 4.2.3 Yoduro de potasio (KI) o yoduro de sodio (NaI)
- 4.2.4 Azida de sodio (NaN_3)
- 4.2.5 Almidón soluble
- 4.2.6 Tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- 4.2.7 Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- 4.2.8 Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- 4.2.9 Biyodato de potasio ($\text{KH}(\text{IO}_3)_2$)
- 4.2.10 Hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH)
- 4.2.11 Ácido salicílico ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$)
- 4.2.12 Disolución de sulfato manganoso. Disolver en agua 480 g de sulfato manganoso (ver inciso 4.2.1), filtrar y diluir a 1 L. Esta disolución debe usarse siempre y cuando no de color al adicionarle una disolución ácida de yoduro de potasio en presencia de almidón.
- 4.2.13 Disolución alcalina de yoduro-azida de sodio. Disolver en agua 500 g de hidróxido de sodio (ver inciso 4.2.10), 700 g de hidróxido de potasio (ver inciso 4.2.2) y 150 g de yoduro de potasio (ver inciso 4.2.5), diluir a 1 L con agua destilada. A esta disolución agregar 10 g de azida de sodio (ver inciso 4.2.4) disueltos en 40 mL de agua. Esta disolución no debe dar color con la disolución de almidón cuando se diluya y acidifique.
- 4.2.14 Disolución indicadora de almidón. Disolver en 1 L de agua destilada caliente, 20 g de almidón soluble (ver inciso 4.2.5) y 2 g de ácido salicílico como conservador. Mantener en refrigeración siempre que no esté en uso.
- 4.2.15 Disolución estándar de tiosulfato de sodio (aprox. 0,025M). Pesar aproximadamente 6,205 g de tiosulfato de sodio (ver inciso 4.2.6) y disolver en agua destilada y diluir a un litro; agregar un gramo de hidróxido de sodio en lentejas (ver inciso 4.2.10). Se debe calcular la concentración de esta disolución con una disolución de biyodato de potasio 0,002 1 M (ver inciso 4.2.15) o con una disolución de dicromato de potasio 0,025 N (ver inciso 4.2.16), usando la disolución de almidón (ver inciso 4.2.13)

como indicador (1 mL de la disolución valorada de tiosulfato 0,025 M es equivalente a 1mg de oxígeno disuelto).

- 4.2.16 Disolución de biyodato de potasio (0,002 1M). Pesar aproximadamente y con precisión 812,4 mg de biyodato de potasio (ver inciso 4.2.9) y aforar a 1 L con agua destilada.
- 4.2.17 Disolución de dicromato de potasio (0,025 N). Pesar aproximadamente y con precisión 1,226 g de dicromato de potasio (ver inciso 4.2.8) previamente secado a 105°C durante 2 h y aforar a 1 L con agua destilada.
- 4.2.18 Valoración de la disolución de tiosulfato de sodio. En un matraz Erlenmeyer, disolver 1 g de yoduro de potasio (ver inciso 4.2.3) exento de yodato en 60 mL de agua. Agregar 0,5 mL de ácido sulfúrico concentrado (ver inciso 4.2.7) y 10 mL de la disolución de dicromato de potasio (ver inciso 4.2.17) o biyodato de potasio (ver inciso 4.2.16), diluir a 100 mL con agua y valorar el yodo con la disolución de tiosulfato, agregar el almidón hasta el final de la determinación, cuando se alcance un color amarillo pálido.

$N \text{ de tiosulfato} = \frac{V(\text{KH}(\text{IO}_3)_2) \times N(\text{KH}(\text{IO}_3)_2)}{\text{mL gastados de tiosulfato}}$

donde:

N es la normalidad, y
V es el volumen.

- 4.2.19 Disolución de ácido sulfúrico 0,10 N. Lentamente y mientras se agita, agregar 2,8 mL de ácido sulfúrico concentrado (ver inciso 4.2.7) a un volumen aproximado de 500 mL de agua destilada, mezclar bien y diluir a 1 L de agua destilada.
- 4.2.20 Disolución de hidróxido de sodio 0,1 N. Pesar aproximadamente y con precisión 4 g de lentejas de hidróxido de sodio (ver inciso 4.2.10) y diluir a 1 L.

5 EQUIPO Y MATERIALES

NOTA.- Sólo se mencionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

- 5.1 Equipo



5.1.1 Método electrométrico

- Medidor de oxígeno disuelto con electrodo de membrana sensitiva al oxígeno, de tipo galvánico o polarizado;
- Parrilla de agitación magnética, y
- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.

5.1.2 Método yodométrico

- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg

5.2 Materiales

Todo el material volumétrico utilizado en este procedimiento debe ser clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado.

5.2.1 Método electrométrico

- Barras de agitación magnética de PTFE.

5.2.2 Método yodométrico

- Matraces volumétricos de 500 mL y 1 000 mL;
- Matraces Erlenmeyer de 250 mL y 1 000 mL, y
- Bureta de 25 mL con soporte.

6 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

- 6.1 Se debe evitar que la muestra se agite o entre en contacto con el aire.
- 6.2 El análisis de la muestra debe realizarse inmediatamente después de su recolección, por lo cual no es necesario adicionar ningún conservador.
- 6.3 Si la muestra tiene que ser transportada, se debe mantener a 4°C aproximadamente y no se debe almacenar por más de 8 h.
- 6.4 Si se va a utilizar el método yodométrico en laboratorio se recomienda fijar el OD en campo como se indica en el inciso 9.2.2.



7 CONTROL DE CALIDAD

7.1 Cada laboratorio que utilice este método debe operar un programa de control de calidad (CC) formal.

7.2 El laboratorio debe mantener los siguientes registros:

- Los nombres y títulos de los analistas que ejecutan los análisis y el encargado de control de calidad que verifica los análisis, y
- Las bitácoras manuscritas del analista y del equipo en los que se contengan los siguientes datos:
 - 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.

De tal forma que permita a un evaluador externo reconstruir cada determinación mediante el seguimiento de la información desde la recepción de la muestra hasta el resultado final.

7.3 Cada vez que se adquiera nuevo material volumétrico debe de realizarse la verificación de la calibración de éste tomando una muestra representativa del lote adquirido.

8 CALIBRACIÓN

Se debe contar con un registro de verificación de la calibración de los equipos y materiales siguientes:

8.1 Material volumétrico

8.2 Balanza analítica

- 8.3 Si se utiliza el método electrométrico calibrar el medidor de oxígeno disuelto de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- 8.4 La estandarización cero de OD consiste en la inmersión del electrodo en la disolución estándar de concentración nula de oxígeno (ver inciso 4.1.4). La lectura debe estar en cero mg/L de OD, de no ser así, ajustar el instrumento a cero.
- 8.5 Ajustar el instrumento a la presión barométrica.

9 PROCEDIMIENTO

9.1 Método electrométrico

Posterior a la calibración del instrumento proceder a hacer la medición de la(s) muestra(s) siguiendo el procedimiento descrito a continuación.

- 9.1.1 Introducir el electrodo previamente lavado con agua a la muestra.
- 9.1.2 Agitar uniformemente y leer directamente del instrumento la concentración de oxígeno.
- 9.2 Método Yodométrico
 - 9.2.1 Determinación de OD
 - 9.2.2 Para fijar el oxígeno, adicionar a la botella tipo Winkler que contiene la muestra (300 mL), 2 mL de sulfato manganoso (ver inciso 4.2.12).
 - 9.2.3 Agregar 2 mL de la disolución alcalina de yoduro-azida (ver inciso 4.2.13).
 - 9.2.4 Tapar la botella tipo Winkler, agitar vigorosamente y dejar sedimentar el precipitado.
 - 9.2.5 Añadir 2 mL de ácido sulfúrico concentrado (ver inciso 4.2.7), volver a tapar y mezclar por inversión hasta completa disolución del precipitado.
 - 9.2.6 Titular 100 mL de la muestra con la disolución estándar de tiosulfato de sodio 0,025 M (ver inciso 4.2.15) agregando el almidón (ver inciso 4.2.14) hasta el final de la titulación, cuando se alcance un color amarillo pálido. Continuar hasta la primera desaparición del color azul.

10 CÁLCULOS

10.1 Método electrométrico

10.1.1 Las concentraciones de OD se toman directamente de la lectura del instrumento.

10.2 Método yodométrico

$$\text{OD mg/L} = (\text{M} \times \text{mL de Tiosulfato} \times 8 \times 1\,000) / 98,7$$

donde

M es la molaridad de tiosulfato;
8 son los gramos/ equivalente de oxígeno, y
98,7 es el volumen corregido por el desplazamiento de los reactivos agregados a la botella tipo Winkler.

Reportar los resultados en mg/L. de OD con la precisión correspondiente.

11 INTERFERENCIAS

11.1 Método electrométrico

11.1.1 La entrada de aire atmosférico dentro de las muestras puede causar medidas erróneas del instrumento.

11.1.2 Las pruebas basadas en difusión están sujetas a errores negativos por la formación de capas como los óxidos de hierro, los cuales impiden la difusión del oxígeno.

11.1.3 La hidrazina, aminas, ácido sulfhídrico e hidrógeno, que pasen a través de la membrana causan errores negativos.

11.2 Método yodométrico

Este método se aplica especialmente en muestras que no contengan más de 50 mg de nitritos por litro (NO_2^-/L) y no más de 1 mg de fierro por litro (Fe^{2+}/L).



Las condiciones que afectan el análisis son:

- 11.2.1 Introducción de burbujas de aire en la muestra.
- 11.2.2 Presencia de sustancias oxidantes o reductoras.

12 SEGURIDAD

- 12.1 El método yodométrico requiere del uso de ácido sulfúrico concentrado. Este es un producto químico altamente corrosivo que debe manejarse con extremo cuidado. El adicionar ácido sulfúrico concentrado al agua produce una fuerte reacción exotérmica, por lo cual debe realizarse lentamente.
- 12.2 No ha sido determinada la carcinogenicidad de todos los reactivos con precisión. Por lo que cada sustancia química debe tratarse como peligro potencial a la salud. La exposición a estas sustancias debe reducirse al menor nivel posible. Se sugiere que el laboratorio realice monitoreos de higiene ocupacional de cada reactivo a los que pueda estar expuesto el analista y que dichos resultados estén a su disposición.
- 12.3 Este método puede no mencionar todas las normas de seguridad asociadas con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de las normas de seguridad respecto a la exposición y manejo seguro de las sustancias químicas especificadas en éste método. Debe tenerse en un archivo de referencia las hojas de información de seguridad, el cual debe estar disponible a todo el personal involucrado en estos análisis.

13 MANEJO DE RESIDUOS

Es la responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referente al manejo de residuos, particularmente las reglas de identificación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

- 13.1 Cada laboratorio debe contemplar dentro de su Programa de Control de Calidad el destino final de los residuos generados durante la determinación.
- 13.2 Debe regresarse la alícuota al cuerpo de agua que contiene la muestra original.
- 13.3 Todas las muestras que cumplan con la norma de descarga a alcantarillado pueden ser descargadas en el mismo sistema.



14 BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993.
- 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.
- PROY-NMX-AA-115-SCFI-2001 Análisis de agua - Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos. Aviso de consulta pública publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de noviembre de 1999.
- PROY-NMX-AA-116-SCFI-2001 Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos. Aviso de consulta pública publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de noviembre de 1999.
- ASTM D 5462-93 "Standard Test Method for On-Line Measurement of Low-Level Dissolved Oxygen in Water", American Society for Testing and Materials, USA, ASTM Committee on Standards, Philadelphia PA, Noviembre de 1993, pp. 328 - 332.
- AWWA 4500-0 "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. "Dissolved Oxygen, 4500-0", American Public Health Association (APHA),



American Water Association (AWWA), Water
Pollution Control Federation WPCF), 19a Ed.

Criterios Ecológicos de Calidad del Agua publicados en el Diario Oficial de la
Federación el 13 de diciembre de 1989.

15 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir
referencia alguna al momento de su elaboración.

**MÉXICO D.F., A
EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS.**

MIGUEL AGUILAR ROMO

JADS/AFO/DLR/MRG.

NMX-AA-012-SCFI-2001

**ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE OXÍGENO
DISUELTO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y
RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA
A LA NMX-AA-012-1980)**

**WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF DISSOLVED
OXYGEN IN NATURAL, WASTEWATERS AND WASTEWATERS
TREATED - TEST METHOD**



P R E F A C I O

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- CASA ROCAS, S.A. DE C.V.
- CENTRO DE SERVICIOS QUÍMICOS DE AGUASCALIENTES
- CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
- COMISIÓN ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
- CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES
- FISHER SCIENTIFIC MEXICANA, S.A. DE C.V.
- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica;
Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA



- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES
Campus Monterrey.
- LABORATORIO DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE PEMEX PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
POZOS
- LABORATORIO DE QUÍMICA DEL MEDIO E INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO IDECA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO QUÍMICO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS ABC QUÍMICA, INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE
C.V.
- MERCK- MÉXICO, S.A. DE C.V.
- NOVAMANN, S.A. DE C.V.
Laboratorio Control Químico.
- PERKIN ELMER DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA MORELOS, S.A. DE C.V.



- PETROQUÍMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.
- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- SECRETARÍA DE SALUD
- SERVICIOS AMBIENTALES MULTIPLES E INGENIERÍA, S.A. DE C.V.
- SERVICIOS DE INGENIERÍA Y CONSULTORÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
- SISTEMA INTERMUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Azcapotzalco.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Química;
Instituto de Geofísica;
Instituto de Ingeniería.
- VARIAN, S.A. DE C.V.



Número del capítulo	Página
0 Introducción	1
1 Objetivo y campo de aplicación	1
2 Principio del método	1
3 Definiciones	2
4 Reactivos y patrones	6
5 Equipo y materiales	9
6 Recolección, preservación y almacenamiento de muestras	10
7 Control de calidad	10
8 Calibración	11
9 Procedimiento	11
10 Cálculos	12
11 Interferencias	13
12 Seguridad	13
13 Manejo de residuos	14
14 Bibliografía	14
15 Concordancia con normas internacionales	15