

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

UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NMX-AA-003-1980 AGUAS RESIDUALES - MUESTREO



9

Autores: Alicia A. Lerdo de Tejada Brito †
José Javier Sánchez Chávez

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

968-817-617-6

Participantes:

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

Autores:

Alicia A. Lerdo de Tejada Brito †.
José Javier Sánchez Chávez.

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.

Corrector de estilo:

Antonio Requejo del Blanco.

Diseño de Presentación:

Clara Levi Levi.

Ilustraciones:

Eduardo Rodríguez Martínez.

Formación:

Gema Alín Martínez Ocampo

Portada:

Óscar Alonso Barrón

Para mayores informes dirigirse a:

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
GERENCIA DE INSPECCIÓN Y ME-
DICIÓN

Ing. Roberto Merino Carrión.

roberto.merino@cna.gob.mx

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

INSTITUTO MEXICANO DE TECNO-
LOGÍA DEL AGUA, SUBCOORDI-
NACIÓN DE CALIDAD E HIDRÁULI-
CA INDUSTRIAL

M. I. Marco Antonio Toledo Gutiérrez.

mtoledo@tlaloc.imta.mx

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso.
C. P. 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; CP 01070,
México, D. F. e Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua, Paseo Cuauh-
náhuac 8532, Progreso, C. P. 62550,
Jiutepec, Morelos.

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 la NMX-AA-003-1980 Aguas residuales.- Muestreo</i>	7
AUTOEVALUACIÓN 1	10
2 APLICACIÓN	11
2.1 <i>Condiciones para llevar a cabo el muestreo manual y el muestreo automático</i>	11
AUTOEVALUACIÓN 2	25
3 ANÁLISIS ESPECÍFICO	26
3.1 <i>Aplicación de muestreos manuales y automáticos en visitas de inspección</i>	26
3.2 <i>Aplicación de la norma en muestreo de tomas</i>	27
3.3 <i>Aplicación de la norma en muestreo de descargas libres</i>	27
3.4 <i>Aplicación de la norma en muestreo en canales y colectores</i>	28
AUTOEVALUACIÓN 3	29
RESUMEN	30
BIBLIOGRAFÍA	31
GLOSARIO	33
RESPUESTAS A LAS AUTOEVALUACIONES	35
ANEXO	37

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, 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-003-1980 AGUAS RESIDUALES - MUESTREO

9

¿PARA QUIÉN?

Esta unidad didáctica se dirige al personal que forma parte de las brigadas de inspección y verificación, quienes se encargan del muestreo de las descargas de aguas residuales, en cuerpos receptores de propiedad nacional y/o en sus bienes públicos inherentes.

¿PARA QUÉ?

Esta unidad didáctica se elaboró para que el personal encargado del muestreo cuente con una herramienta documental que le permita tener una visión global de los recursos normativos que tienen a su alcance para la mejor aplicación de la ley.

EVALÚA SI SABES

- ¿Qué es el agua residual?
- ¿Cuáles son los lineamientos generales para muestrear aguas residuales?
- ¿Cómo llevar a cabo muestreos en tomas, descargas libres, canales y colectores?
- ¿A quiénes aplica esta norma?

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es la introducción directa o indirecta, de sustancias o energía en el medio acuático, que pueden dañar a los



seres vivos y contaminar fuentes de abastecimiento del agua, además de poner en peligro la salud humana, alterar las actividades productivas y la calidad del agua. La contaminación está dada principalmente por la descarga de aguas residuales. Por ejemplo, la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos (EPA), menciona que las fuentes más frecuentes de contaminación en las playas son las descargas directas de aguas residuales, escurrimientos de agua pluvial, filtraciones y fugas de fosas sépticas, mal funcionamiento de las plantas de

tratamiento de aguas residuales y los desperdicios tirados por los municipios y las industrias (2002). En resumen las descargas de agua residual, pueden incidir en forma importante en la salud pública por la cantidad y variedad de compuestos y microorganismos que contienen e introducen en los cuerpos de agua al descargar en ellos. Por ello, en la Ley de Aguas Nacionales se detalla la secuencia de permisos y obligaciones que se tienen para verter aguas residuales en los cuerpos de agua.

Por lo anterior, es importante vigilar y controlar las descargas de aguas residuales, con el fin de preservar el entorno, las actividades productivas y la salud humana. Para ello se cuenta con normas que apoyan la vigilancia, entre ellas la Norma Mexicana *Aguas Residuales- Muestreo* (NMX-AA-003-1980), herramienta básica para obtener los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales. Los puntos que se tienen que inspeccionar son: las tomas, las descargas libres, canales y colectores, principales vías de desecho del agua residual.

Esta norma establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales, con el fin de determinar sus características físicas y químicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en la norma de métodos de prueba correspondiente.

1 ANTECEDENTES

1.1 *Reglamentación existente con anterioridad sobre la NMX-AA-003-1980 Aguas residuales - Muestreo.*

Los antecedentes de los programas y las normas de las descargas de aguas residuales en México tie-



nen su punto de partida de 1973, cuando la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) inició un programa de prevención y control de la contaminación de los cuerpos receptores de descargas de agua residual, tanto municipal como industrial. Posteriormente, de 1976, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) se encarga del control de dicho programa. En 1982, la Secretaría de Salud Ambiental (SSA) expide la Ley Federal de Protección al Ambiente, y en el periodo comprendido entre 1988 y 1991, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue), establece un total de 33 normas técnicas ecológicas. En 1989 la Comisión Nacional del Agua (CNA), responsable de la emisión de normas para la prevención y el control de la contaminación del agua, publica los *Criterios ecológicos de calidad del agua*. Que son límites máximos permisibles de contaminantes para evitar la degradación de los cuerpos de agua.

En 1991 se emite la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, donde se incorpora el derecho por uso o aprovechamiento de bienes



del dominio público de la nación, como son los cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales. En el siguiente año se publica la Ley de Aguas Nacionales y, en 1992, se publica su Reglamento. En 1994, La Secretaría de Desarrollo Social propone 11 proyectos de Normas Oficiales Mexicanas referentes a descargas de aguas residuales industriales en cuerpos receptores y sistemas de alcantarillado o drenaje municipal. En resumen, suman 44 Normas Oficiales Mexicanas vigentes hasta 1996.

También en 1994, la CNA publicó el instructivo para establecer las condiciones particulares de descarga de agua residual y, en 1995,

se presentó una propuesta para la reformulación de las 44 NOM para descargas de aguas residuales municipales e industriales. Un año después, 1996, el Instituto Nacional de Ecología emite las Normas Oficiales Mexicanas: la NOM-001-SEMARNAT-1996, *que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales*; la NOM-002-SEMARNAT -1996 *que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal* y la NOM-003- SEMARNAT -1996 *que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público*.

Respecto al muestreo, análisis y reporte, la NOM-001- SEMARNAT -1996, se aplica de acuerdo con el tamaño de la población en el caso de efluentes



municipales y efluentes no municipales en concordancia con la carga de contaminantes. Por último, en relación con la frecuencia del muestreo, se continúa haciendo como muestras simples y muestras compuestas.

La Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales (Semarnat) a través de la CNA, ha realizado trabajos de inspección y vigilancia en el ámbito de su competencia. Las violaciones se sancionan en términos de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), por medio del reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) y demás ordenamientos jurídicos aplicables, como es la NOM-001-ECOL-1996.

En cuanto a los permisos de descarga de aguas residuales, éstos se tramitan a través de la CNA, con base en el reglamento de la LAN en sus artículos 138 y 139 en los que se especifica que la identificación de dichas descargas deben tener los siguientes datos: ubicación exacta y descripción de la descarga en calidad y cantidad,

el régimen de prevención y control de contaminación, y la duración del permiso.

Con respecto al monitoreo, se establece en el artículo 154 del reglamento de la LAN que la CNA llevará a cabo el monitoreo sistemático de la calidad del agua, tanto en aguas continentales y marinas como en el registro y actualización los inventarios de las plantas de tratamiento y descargas de aguas residuales.

Como consecuencia de la instauración del programa de prevención y control de la contaminación de los

cuerpos receptores, generado por las descargas de aguas residuales (1973), se establece en el mismo año la Norma Oficial Mexicana, *Método de muestreo de aguas residuales*, modificada y publicada a principios de 1975 identificándose con la clave NMX-AA-03-1975. En 1980 vuelve a cambiar y se le denomina "*Aguas residuales – Muestreo*" (NMX-003-1980) publicándose finalmente el 25 de marzo de 1980, como NMX-AA-003-1980.

En la tabla 1 se presenta el contenido de la norma NMX-AA-003 en sus versiones de 1975 y 1980.

Tabla 1. Contenido de la NMX-AA-003 de 1975 y la del 1980.

CONTENIDO	
1975	1980
<ol style="list-style-type: none"> 1. Alcance 2. Definiciones 3. Aparatos y equipo 4. Procedimiento 5. Apéndice 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Objetivo y campo de aplicación 2. Definiciones 3. Aparatos y equipo 4. Identificación de muestras 5. Procedimiento 6. Apéndice 7. Bibliografía 8. Concordancia con normas internacionales

AUTOEVALUACIÓN 1

1. La contaminación del agua es:
 - a) El aporte de sustancias que sean benéficas a la salud humana.
 - b) La introducción directa o indirecta, de sustancias dañinas al medio acuático y a la salud humana.
 - c) Aquella que no altera las actividades productivas y de la calidad del agua.
2. ¿Para que se vigilan y controlan las descargas de aguas residuales?
 - a) Para almacenar el agua y distribuirla a centros de población.
 - b) Para conocer las condiciones físicas y químicas del agua.
 - c) Para preservar el entorno, las actividades productivas y la salud humana.
3. ¿Qué tipo de programa se creo para evitar la contaminación del agua de los cuerpos receptores?
 - a) Un programa de manejo y distribución de agua para acuicultura intensiva.
 - b) Un programa de riego en zonas semiáridas.
 - c) Un programa de prevención y control de la contaminación de los cuerpos receptores de descargas de agua residual, tanto municipal como industrial.
4. ¿Cómo se denomina actualmente la Norma Oficial Mexicana para muestreo de aguas residuales?
 - a) Aguas residuales – Muestreo
 - b) Método de muestreo de aguas residuales
 - c) Método técnico de muestreo – Aguas residuales

2 APLICACIÓN

2.1 Condiciones para llevar a cabo el muestreo manual y el muestreo automático

Las actividades de un muestreo pueden ser aseguradas por el uso de procedimientos y técnicas para: colecta de muestras representativas y mantenimiento de la integridad de la muestra a través de procedimientos adecuados de manejo y preservación, que estarán en estrecha relación con cadenas de custodia y procedimientos de identificación; todo esto bajo el marco de una práctica adecuada de actividades de aseguramiento y control de calidad.

Para realizar y facilitar el muestreo uno se puede apoyar en herramientas, tales como: el plan de muestreo, procedimientos estándar de operación, actividades pre-muestreo, actividades en el sitio de muestreo, consideraciones de seguridad durante el muestreo, medición de flujo, así como el aseguramiento y control de calidad para estos apartados. Puntos que no vienen especificados en la norma que aquí estamos analizando, pero que son el punto medular para llevar correctamente

un muestreo, que es de lo que trata esta norma.

Plan de muestreo

Como primer paso el personal que llevará a cabo el muestreo debe comprender cuál es la finalidad de los datos que se obtendrán, para desarrollar un plan de muestreo confiable y que cumpla con los objetivos de dicho muestreo. Se documentará de forma escrita el plan de muestreo antes de cualquier actividad, con el objeto de ser eficientes y asegurar la calidad en el mismo (ver anexo y unidad didáctica de la “Serie Verde” “Autodidáctica de Medición de la Calidad del Agua”: *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*).

Para asegurar la calidad en el muestreo, el plan debe contener, como mínimo:

- ❖ **Localización de los sitios de muestreo**, permitirá definir la accesibilidad, medidas de seguridad requeridas o



bien determinar sitios peligrosos (ISO 1992).

- ❖ **Tipo de muestras que se colectarán** dependiendo de los parámetros que se medirán y características de la descarga (por ej: flujo continuo o discontinuo) para definir si las muestras serán simples o compuestas.
- ❖ **Tipo de medición del flujo.** Se debe conocer con qué equipo y método se medirá el flujo. Esto dependerá del equipo con que se cuenta y el lugar donde se puede hacer la medición.
- ❖ **Parámetros por analizar.** Estos deben ser elegidos de acuerdo con el objetivo del muestreo, relacionándose este último con el tipo de contenedores que se utilizarán, así como el tipo de preservadores.
- ❖ **Volumen de la muestra** que depende del tipo y número de análisis que se llevarán a cabo.
- ❖ **Tipo de contenedores:** la selección y preparación de los contenedores se basa en los parámetros que se analizarán y características de la descarga.



- ❖ **Técnicas de preservación de muestras** que se utilizan para preservar correctamente las muestras: se debe asegurar que las sustancias sean las adecuadas y se controle la temperatura.
- ❖ **Procedimientos de identificación de muestras:** para que cada contenedor tenga una etiqueta con información suficiente y dé continuidad a la cadena de custodia.
- ❖ **El empaque y transporte de las muestras,** debe describirse en el plan de muestreo, para que las muestras lleguen en el tiempo prescrito y en condiciones adecuadas para su análisis.



- ❖ **Asuntos de seguridad:** el personal de muestreo debe tener información completa acerca de cualquier regulación de seguridad que deba seguirse en el lugar de muestreo.
- ❖ **Desechos peligrosos:** las muestras que son desechos potencialmente peligrosos requerirán un manejo y envío especial.
- ❖ **Procedimientos de la cadena de custodia:** deben seguirse para todas las muestras.
- ❖ **Procedimientos de aseguramiento y control de calidad,** que darán certeza del buen muestreo y manejo de muestras.

Para mayor información de estos puntos, ver la unidad didáctica de la "Serie Verde" "Autodidáctica de Medición de la Calidad del Agua": *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*

El muestreo debe apegarse al plan; sin embargo, si por circunstancias no controlables se necesita realizar un cambio, éste debe registrarse en la bitácora de campo.

Procedimientos estándar de operación

Una vez terminado el plan de muestreo, deben desarrollarse los procedimientos específicos estándar de operación para las actividades en el sitio de muestreo. Estos pueden ser documentos que expliquen detalladamente, paso por paso, cómo se desarrollará el muestreo y qué puede incluir (ver unidad didáctica de la "Serie Verde" "Autodidáctica de Medición de la Calidad del Agua": *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*):

- ❖ **Documentación de la muestra,** los datos de campo, calibración de aparatos de campo, así como valores de los parámetros medidos en campo.
- ❖ **Cadena de custodia,** procedimiento del empleo de la misma.
- ❖ **Seguridad,** precauciones de deben seguirse antes, durante y después del muestreo.
- ❖ **Limpieza del equipo,** contenedores para muestras simples y compuestas, teniendo en cuenta que algunos contenedores deben limpiarse de forma específica.



- ❖ **Mantenimiento del equipo** para asegurar los datos generados.
- ❖ **Calibración del equipo** en laboratorio y campo.
- ❖ **Preparación del muestreo.** Esta es la parte más importante para tener éxito en el muestreo; requiere una lista de verificación.
- ❖ **Tipo de muestreo y muestra;** básicamente existen dos tipos, muestras simples y muestras compuestas.
- ❖ **Análisis de campo:** las mediciones que se realizan en el lugar de la toma de muestra, como potencial hidrógeno, conductividad, temperatura y flujo.

Actividades pre-muestreo

Se deberá desarrollar el plan de muestreo y la lista de verificación; además se lavarán los contenedores de acuerdo con los parámetros que se van a analizar; por ejemplo, para grasas y aceites, compuestos orgánicos, etcétera.

En relación con los equipos que se utilizarán en el muestreo, se verificará si han tenido mantenimiento y si las baterías tienen energía suficiente y serán calibrados en el laboratorio para revisar su buen funcionamiento.

La selección y preparación de los contenedores es importante, ya que deberán ser resistentes a las sustancias químicas y no afectar la concentración de los contaminantes que serán analizados. Se debe verificar que los contenedores fueron lavados de acuerdo con los procedimientos específicos

de cada parámetro que se quiere medir (para mayor información ver las unidades didácticas de la "Serie Verde" *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales, Muestreo y preservación para coliformes fecales y huevos de Helminto, Muestreo y preservación de grasas y aceites y determinación de campo de pH, temperatura y materia flotante, Muestreo y preservación de parámetros físico-químicos*).

Se debe conocer el tipo de muestra que se va a tomar (simple o compuesta), para llevar los envases adecuados. Por ejemplo, en el caso de muestras compuestas, se requiere un contenedor limpio de volumen suficiente para mezcla de las muestras simples. Existen tres métodos para la toma de muestras compuestas, que se explican en la siguiente tabla; donde se muestra las ventajas, desventajas y comentarios relacionados con su uso.

Tabla 2. Métodos de toma de muestras compuestas

Método	Ventajas	Desventajas	Comentarios
<p>Compuesta en tiempo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muestra de volumen constante, a intervalos de tiempo constante entre muestras. 	Instrumentación mínima y esfuerzo manual. No requiere medición del flujo.	Puede perder representatividad, especialmente para flujos variables.	Se usa con menor frecuencia en muestreadores automáticos, que en manuales, no requiere de mezcla para la obtención de la muestra final.
<p>Compuesta de flujo proporcional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muestra de volumen constante, con intervalos de tiempo entre muestras proporcionales al flujo del caudal. • Intervalos de tiempo constante entre muestras. Volumen de la muestra proporcional al total del flujo del cauce en el tiempo de muestreo. 	<p>Mínimo esfuerzo manual.</p> <p>Mínima instrumentación.</p>	<p>Requiere mediciones de flujo precisas.</p> <p>Las muestras compuestas se deben hacer manualmente. Se deben tomar muestras simples. Da la oportunidad de colectar muestras que son muy pequeñas o muy grandes para dar el volumen de la muestra compuesta.</p>	<p>Se usa más frecuentemente en México, los muestreos manuales que los automáticos, en ambos es necesario de una mezcla final para la obtención de la muestra.</p> <p>Usado en muestreadores automáticos y más ampliamente como método manual.</p>

Tipos de muestreadores automáticos

La NMX-AA-003-1980 permite el empleo de muestreadores automáticos, siempre y cuando

se operen de acuerdo con las instrucciones del fabricante dándoles el correcto y adecuado mantenimiento, asegurándose de obtener muestras representativas de las aguas residuales. Pero no

menciona más de ellos, por lo que se describen a continuación.

La gama de muestreadores automáticos va desde bombas de flujo hasta unidades sofisticadas



Figura 1. Bomba de flujo

das que pueden ser portátiles y/o refrigeradas. Los equipos portátiles son generalmente empleados en lugares estrechos o en lugares remotos sin instalaciones de corriente eléctrica. Las bombas usadas para muestreo se agrupan en dos categorías (Fig. 1): Bombas de succión ligera y bombas sumergibles, son portátiles y utilizan baterías recargables las cuales se montan internamente en el estuche, también se pueden conectar a fuentes de poder externa tales como vehículos terrestres o acuáticos. El estuche, por lo general, es resistente a la corrosión. La velocidad de succión de estas bombas depende del diámetro de la manguera que se utilice.

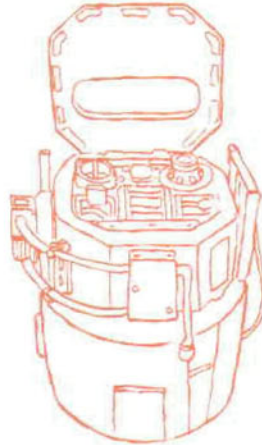


Figura 2. Muestreadores automáticos de agua

Los muestreadores automáticos de agua (Fig. 2) cuentan con sistemas para toma de muestras mediante bomba peristáltica o siste-

ma de pistón, el cual acepta mayor cantidad de sólidos suspendidos. Son programables de acuerdo con el tiempo, volumen, flujo o evento y tienen la posibilidad de conectarse a sensores de medición para diferentes parámetros como: pH, conductividad, temperatura, potencial redox y turbidez. Por lo general, cuentan con intercambio de botellas de recolección que van desde 1 hasta 24. Existen muestreadores adaptados para muestreo de compuestos específicos y compuestos orgánicos volátiles (VOC).

En la tabla 3, se mencionan los requerimientos y consideraciones a tomarse en cuenta para seleccionar y comprar un muestreador automático.

Tabla 3 Requerimientos y consideraciones generales para seleccionar equipo de muestreo automático

Requerimientos	Consideraciones
Materiales de construcción del muestreador.	<ul style="list-style-type: none"> • ¿El muestreador está construido con materiales que podrían aportar sustancias? ¿El muestreador está construido con materiales que se degradarían considerablemente a lo largo del muestreo? • ¿Se puede limpiar el muestreador? ¿Se puede descontaminar a un nivel de obtener blancos de limpieza del muestreador?

<p>Operación, capacidad y limitaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Podría la operación del muestreador comprometer la integridad de la muestra con respecto a los objetivos del estudio o calidad de los datos? Por ejemplo, ¿el muestreador calienta o airea la muestra o está sujeta a presión negativa permitiendo la volatilización de compuestos orgánicos, oxidación de sustancias a analizar o cambios en la presión de dióxido de carbono u otros gases? • El muestreador es capaz de evacuar el agua estancada ¿Puede ser utilizado para purgar además de la colecta de la muestra? • ¿Es capaz el muestreador de proveer un flujo o volúmenes de muestra suficientes para cubrir los objetivos? • ¿El muestreador tiene la capacidad mecánica de extraer el agua a la profundidad deseada?
<p>Requerimientos de energía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los requerimientos de energía del muestreador. ¿Es posible instalarlo en el sitio de muestreo? • ¿La capacidad de la fuente de energía es suficiente para que el muestreador trabaje continuamente incluyendo purgas y colecta de muestras? • ¿La fuente de energía podría contaminar las muestras? (Por ejemplo, generadores de energía a base de gasolina o compresores que son fuentes potenciales de compuestos orgánicos volátiles.) • ¿Podría el combustible ser cambiado a un tipo que no contamine? (Por ejemplo, convertir un generador de gasolina a propano.)
<p>Transporte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿El muestreador es fácil de transportarse a sitios remotos y abruptos para usarse en campo?
<p>Reparación del muestreador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿El muestreador puede ser reparado en campo?
<p>Disponibilidad y costo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Hay disponibilidad de muestreadores adecuados para usarse en el estudio? ¿Hay establecimientos disponibles para la compra operación y mantenimiento del muestreador? • ¿Hay establecimientos disponibles para comprar el repuesto de la cabeza de la bomba? (Esto podría permitir el uso del muestreador mientras que una de las cabezas es reparada).

- Ventajas de utilizar equipos de muestreo automáticos
- Alta precisión en las mediciones manteniendo el sistema controlado durante el muestreo.
- La fácil operación de los equipos recupera tiempo y esfuerzo.
- La gran variedad de opciones y aplicaciones permite adaptarse a las necesidades específicas.
- La resistencia de los equipos requiere un bajo mantenimiento y soporte técnico.
- Reduce los requerimientos de personal para muestreos de larga duración.

Las desventajas se enfocan en la toma de parámetros bacteriológicos, grasas y aceites, además de la preservación de la muestras; así como, la dificultad para programar muestreos proporcionales de flujo.

- Tipos de muestreadores automáticos de agua:

Muestreador portátil para muestras compuestas (Fig. 3): colecta



Figura 3. Muestreador automático para muestras compuestas.

la muestra en una sola botella de plástico o vidrio con capacidad de hasta 15 litros. La colecta de la muestra compuesta se basa en intervalos de tiempo o flujo de agua. El equipo puede programarse por periodos de 24 horas. Algunos equipos cuentan con programas para ser configurados por medio de computadora.

Muestreador automático secuencial (Fig. 4): el muestreo secuencial se puede realizar en botellas de diferentes capacidades, que van desde 1 hasta 4 litros; además pueden ser sustituidas por

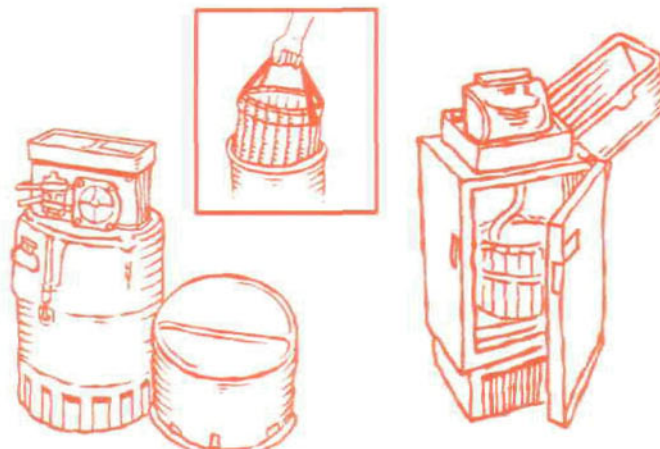


Figura. 4 Muestreador automático secuencial con y sin refrigeración

bolsas de plástico desechables (*Pro Pak*.)

Muestreador para compuestos orgánicos volátiles (VOC): guarda las muestras en viales de vidrio con tapón en un carrusel y las mantiene a baja temperatura con hielo. Cuenta con una bomba neumática que se activa al introducirla en el flujo de la corriente. La bomba de la bolsa colectora puede obtener muestras a profundidades de hasta 25 m y distancias máximas de 30 m. La muestra solamente entra en contacto con el teflón del tapón y el acero inoxidable de la sonda (Fig. 5). Tiene la ventaja de



Figura 5 Muestreador automático para VOC.

que el personal no entra en contacto con ambientes peligrosos y evita el manejo directo de aguas residuales, además evita múltiples viajes al sitio de muestreo; sin embargo, tiene como limitante que sólo toma muestras de volumen fijo de 40 mL y su sistema de enfriamiento es con hielo.

El muestreador automático para coleccionar muestras que contienen contaminantes específicos presentan modificaciones, tal como el adaptador para filtros, que retienen los contaminantes (Fig. 6).

En el monitoreo con el uso de muestreadores automáticos se

debe cuidar el buen uso del equipo, como por ejemplo, tener cuidado de limpiar el muestreador después de usarlo en cada ocasión y darle mantenimiento apropiado, así como el uso para el cual está fabricado, siguiendo las instrucciones del manual del fabricante.

2.1.4 Actividades en el sitio de muestreo

Lo primero que se recomienda hacer es verificar si el sitio de muestreo es representativo de la descarga a muestrear, además de considerar la conveniencia del lugar y accesibilidad con la segu-

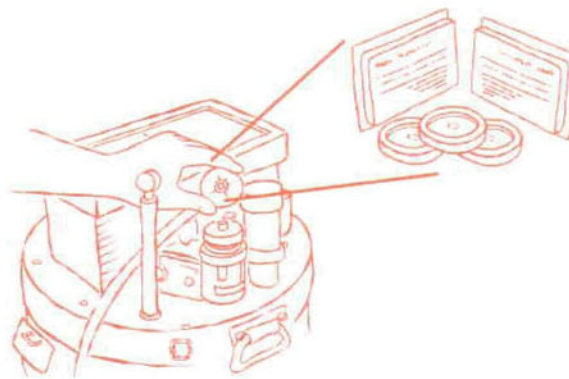


Figura 6 Muestreador automático para contaminantes específicos

ridad necesaria para la toma de muestras.

La profundidad ideal para tomar la muestra está entre el 40 y 60 % de la profundidad total de la descarga, a excepción de grasas y aceites que debe de ser superficial, para asegurar una mezcla completa. Para evitar contaminación, tomar las muestras en el centro del flujo con la cara del muestreador contenedor contracorriente siempre y cuando sea posible (ver unidad didáctica de la "Serie Verde" *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*).

Las muestras se deben de coleccionar con lo programado, de forma manual o automática. Los contenedores no deben de enjuagarse con el agua de la muestra en algunos casos, como contenedores para grasas y aceites, y bacteriológicos. En otros casos los contenedores deben llenarse sin dejar aire, en otros más, se debe dejar espacio para agregar los preservadores. Por ello es que se debe de contar con el (los) procedimiento(s) para

la toma de muestras según el (los) parámetro(s) analizar.

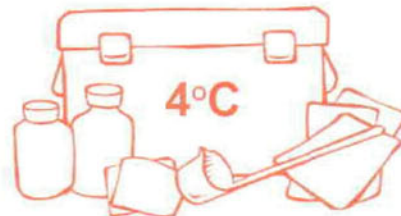
El volumen de la muestra depende de los análisis necesarios, ya que existen parámetros que pueden analizarse de un mismo contenedor, debido a que se preservan de la misma forma y no es necesario tener un contenedor por parámetro. Es indispensable coleccionar más del mínimo necesario para los análisis, por si se requiere verificar algún resultado.

En cuanto a la preservación, es importante contar con las técnicas específicas para que la muestra se mantenga como parte representativa de la descarga en el momento de la colecta. La mayoría de los contaminantes son inestables; por la inestabilidad se requiere que la muestra sea analizada inmediatamente o que sea preservada o fijada, para que los cambios en la concentración o características sean mínimos entre el tiempo de colecta y el tiempo de análisis. La preservación debe llevarse a cabo en el campo lo más pronto posible después de la colecta de la muestra. Los procedimientos más comunes usados para preservar

muestras incluyen congelación, refrigeración, ajuste de pH y fijación química.

Para muchas muestras, si los preservadores no se usan apropiadamente, las bacterias pueden degradar rápidamente ciertos constituyentes de los contaminantes, tales como cianuros y sulfuros, o pueden reaccionar para formar especies químicas diferentes como el cromo hexavalente. Una preservación y un tiempo de manejo adecuados de la muestra para cada parámetro es esencial para la integridad del monitoreo.

La refrigeración es la técnica de preservación más usada porque no tiene efectos en la composición de la muestra y no interfiere con los métodos analíticos. La refrigeración suprime la actividad biológica y la volatilización de gases disueltos y sustancias orgánicas.



Cuando se hacen muestras compuestas las muestras simples se deben estabilizar, por lo general se hace con refrigeración, a 4° C; esta temperatura también puede alcanzarse manteniendo en hieles, con hielo, las muestras.

Además de las técnicas de preservación se deben tener los tiempos de almacenamiento de las muestras, de acuerdo con el parámetro por analizar; este tiempo se contabiliza desde el momento en que se toma la muestra hasta que se analiza.

Los procedimientos de preservación de las muestras retardan la degradación de éstas muestras y minimizan costos de monitoreo debido a que alargan los tiempos de almacenamiento.

En cuanto a la documentación de la muestra, se debe mantener un registro preciso de su colecta y datos de su manejo. El muestreador y el signatario deben firmar todos los registros de campo que contengan dichos datos en el momento de la colecta, incluyendo todas las formas de la cadena de custodia (ver Anexo). La información debe incluir:

- ❖ **Número único o código de la muestra.** todas las muestras se les debe asignar un número o código de identificación único.
- ❖ **Número de acta,** todos los formatos de registro de campo deben tener un número de acta, para fines legales.
- ❖ **Nombre de usuario visitado.** Todos los formatos de registro deben contener este dato
- ❖ **Fecha y hora de colecta de la muestra.** Estos datos también serán registrados para cada muestra.
- ❖ **Origen de la muestra.** Se debe describir la localización donde se tomó cada una de las muestras.
- ❖ **Nombre del personal que muestrea.** También en el caso de muestras compuestas, se requiere el nombre de la persona encargada de calcular y coleccionar la mezcla.
- ❖ **Tipo de muestra.** Donde se puede indicar si es simple o compuesta, el volumen y los intervalos de tiempo en que se tomaron las muestras simples, así como duración del ciclo.
- ❖ **Método de preservación.** Se incluye la cantidad de preser-

vador en caso que corresponda, y qué tipo de preservador se usó.

- ❖ **Análisis requeridos,** Referir todos los parámetros que serán analizados con esa muestra.
- ❖ **Análisis de campo.** Mediciones hechas durante la toma de muestras, tal como pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, cloro residual, flujo.
- ❖ **Tasa de producción.** En el caso de industrias donde el volumen de su efluente depende del proceso que se lleva a cabo.
- ❖ **Documentación.** Fecha y hora de embarque de las muestras.

La etiqueta y el marcador utilizados para identificar las muestras deben ser resistentes al agua, con objeto de prevenir la pérdida de datos.

Después de que las muestras han sido identificadas y marcadas adecuadamente, el empaque de las mismas es importante para mantener su integridad. En el caso de contenedores de vidrio, deberán envolverse en un material que

las aísle y evite que rompan los contenedores de envío deberán sellarse para evitar intercambio de muestras.

La mayoría de las muestras no requiere una forma de transporte especial, con excepción de las sustancias consideradas peligrosas, solo debe tenerse cuidado en el empaque para prevenir se rompan o derramen.

En la cadena de custodia se hace una recreación paso por paso del camino que seguirán las muestras, desde su origen hasta el análisis final en el laboratorio, por lo que deberá contener todas las firmas desde el muestreador hasta el analista; por supuesto también cuando se realiza la transferencia de posesión, además de hora y fecha; esto servirá para corroborar, en parte, que la muestra fue apropiadamente colectada, preservada, transportada y analizada.

Por lo que respecta al control de calidad, se ha detectado que los errores más comunes que suceden durante el muestreo consisten en que este último o la preservación de las muestras son inapro-

piadas, la muestra de mezclas compuestas es inapropiada y se conceden tiempos excesivos de almacenaje. La aplicación de los procedimientos que se describen a continuación sirven para verificar si se comete alguno de los errores antes mencionados (ver unidad didáctica de la "Serie Verde" *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*):

- ❖ **Muestras duplicadas** (en campo). Se colectan dos grupos de muestras de un mismo sitio y sirven para verificar la precisión del equipo o técnica de muestreo.
- ❖ **Blanco de equipo**. Consiste en llevar al campo una alícuota de agua libre de contaminantes y ahí es abierta. El contenido del blanco es vaciado a través del sistema de colección de la muestra, colectado en un contenedor de muestras y regresado al laboratorio como una muestra para analizarse. Este blanco nos sirve para verificar la limpieza del sistema de muestreo.
- ❖ **Blanco de viaje**, Consiste en llevar al campo una alícuota

de agua o solvente libre de contaminantes en contenedores sellados y transportados de regreso al laboratorio con los contenedores de las muestras; el propósito es verificar la contaminación originada por el transporte y envío.

- ❖ **Blanco de campo**, Consiste en llevar al campo una alícuota de agua o solvente libre de contaminantes en contenedores para ser preservados en campo y transportados de regreso al laboratorio con los contenedores de las muestras; el propósito es verificar contaminación originada en el sitio de muestreo.

2.1.5 Consideraciones de seguridad durante las actividades de muestreo

Algunas actividades de muestreo son llevadas a cabo bajo situaciones peligrosas, por lo que si se desconoce el lugar, deben ir, por lo menos, dos personas. Cuando se conoce que existen situaciones de peligro, deben ir dos personas con el equipo de seguridad requerido y ropa de protección.

También es importante la educación continua como parte del programa de seguridad. El muestreador debe estar familiarizado con muestreos asociados al peligro, además de seguir las medidas de seguridad. Por ejemplo, en lugares confinados, el muestreador debe tener entrenamiento en éste tipo de lugares además de procedimientos de rescate. Pueden existir dos tipos de peligros: físicos y atmosféricos.

❖ **Peligros físicos.** La localización del muestreo puede presentar varios peligros potenciales, por ejemplo, espacios confinados, que se definen como espacios con entrada o salida limitadas sujetas a deficiencia de oxígeno y acumulación de gases tóxicos o combustibles. Tales sitios incluyen registros, estaciones de bombeo, drenajes, pozos húmedos y bóvedas, entre otros. Se debe tener cuidado cuando se destapan registros, se debe hacer con ganchos apropiados y nunca con las manos. En caso de que el registro sea lo suficientemente grande y una persona tenga que bajar antes se debe

asegurar que la estructura por la que bajará está en buenas condiciones, ya que pueden existir sustancias corrosivas que la debiliten y se rompa con el peso de la persona.

❖ **Peligros atmosféricos.** Los peligros de esta clase están clasificados en tres tipos: a) deficiente de oxígeno, b) atmósfera inflamable, explosiva, y c) atmósfera tóxica. Las atmósferas con una concentración menor al 19.5% de oxígeno se consideran deficientes; aquellas atmósferas mayores a 23% pueden provocar incendios. La gasolina es el líquido inflamable más frecuente que se encuentra en las descargas y, en cuanto a gases, el metano, producto de la descomposición de desechos. Entre los compuestos que pueden hacer una atmósfera tóxica está el ácido sulfúrico, el más común en los sistemas de alcantarillado, formado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica. El valor límite para este compuesto es de 10 ppm; a concentraciones superiores puede dañar los ojos y los sistemas nervioso y respiratorio.

También podemos mencionar el gas cloro, el monóxido de carbono, que no debe exceder de 25 ppm; el gas de cianuro de hidrógeno, así como vapores de muchas sustancias que se pueden encontrar en las descargas.

El equipo de seguridad debe proporcionarse a las personas que realizarán el muestreo; el tipo dependerá del sitio de muestreo (ver unidad didáctica de la "Serie Verde" *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*). En general, se debe considerar el siguiente equipo:

❖ **Ropa de protección.** Por lo general es algodón grueso, en dos piezas (pantalón y camisa de manga larga) o de una pieza (*overall*). Con ello se evitarán cortaduras y que la piel entre en contacto con sustancias peligrosas.



- ❖ **Casco.** En industrias y lugares confinados es indispensable usarlo para proteger la cabeza.



- ❖ **Guantes.** Protegen las manos cuando se colectan las muestras y, con ello, previenen la absorción de sustancias peligrosas a través de la piel; también, raspones o cortaduras.
- ❖ **Zapatos.** Con suela de goma, antiderrapantes, resistentes a sustancias químicas, con casco de acero.



- ❖ **Tapones de oídos.** En caso de entrar a industrias que generan altos niveles de ruido.

- ❖ **Lentes de seguridad.** Servirán de protección a los ojos si existiera alguna salpicadura en el momento de tomar las muestras.
- ❖ **Ropa.** Con cintas reflejantes cuando se trabaje en una zona con tráfico de vehículos.

En caso necesario de controlar el tráfico, se debe contar con:

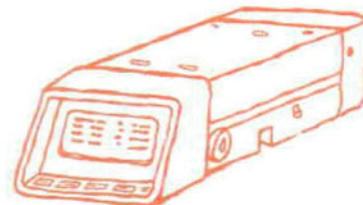
- ❖ **Sistemas de advertencia.** Luces que rotan o intermitentes, así como flechas.
- ❖ **Barricadas.** Con vehículos o piezas pesadas que se colocarían entre el tráfico y la zona de trabajo.
- ❖ **Señales de peligro.** Conos o banderas para desviar el tráfico de la zona de trabajo.

Un *radio* de dos bandas es un equipo efectivo para mantener la comunicación entre las brigadas del equipo de muestreo e informar, entre otras cosas, la llegada, partida y localización.

Los sistemas de monitoreo de aire, conocidas comúnmente para detección de gases explosivos,

presencia de gases tóxicos o deficiencia de oxígeno, son:

- ❖ **Detector de propósito simple.** Diseñado para detectar gases específicos, como monóxido de carbono, metano o sulfuro de hidrógeno. Estos gases se encuentran normalmente en los sistemas de colección y espacios confinados. En este tipo existen medidores de gases no comunes.

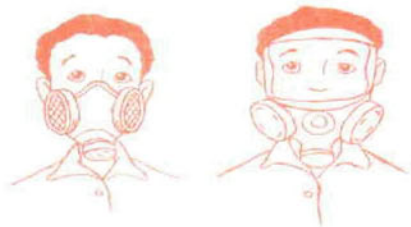


- ❖ **Detector de propósito dual.** Capaz de detectar baja de oxígeno y condiciones explosivas en el área.
- ❖ **Detector de combinación.** Capaz de detectar baja de oxígeno, explosividad y presencia de gases tóxicos. Este tipo de medidor da más protección porque detecta los tres gases peligrosos más comunes, que son monóxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno.

La atmósfera en sitios confinados cambia abruptamente, por lo que se debe hacer un monitoreo continuo. Es importante recordar que pueden existir otro tipo de gases y, para ello, se deberá contar con sensores específicos.

En general, los lugares confinados carecen de una buena circulación de aire, por lo que se necesita remover gases dañinos o vapores por *sistemas de ventilación*, usando abanicos o ventiladores. La ventilación debe ser continua ya que la atmósfera puede cambiar rápidamente (ver unidad didáctica de la “Serie Verde”, *Riesgo y seguridad en el muestreo y análisis de aguas residuales*).

Para entrar en cualquier lugar confinado, se debe hacer en equipo (no menos de dos personas). Una de las personas debe permanecer fuera del lugar confinado y mante-



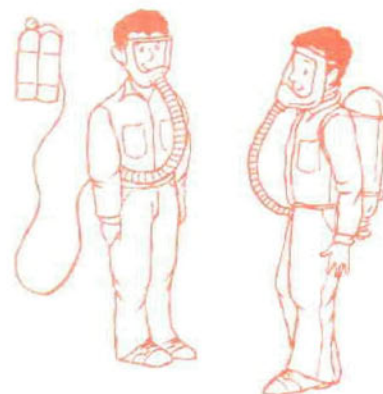
ner contacto visual y de radio con la persona que entra.

La persona que entra, además de con ropa y equipo de protección, debe contar con un arnés de tipo adecuado al lugar y un tripié para extraer a la (s) persona (s) en sitios que son alcantarillas.

El equipo de seguridad debe tener mantenimiento e inspeccionarse de forma regular, para ello puede formalizarse a través de un procedimiento. El arnés de seguridad y ropa debe examinarse por si existe desgaste de las fibras, cortaduras o rapaduras, daño por contacto con alguna sustancia química, entre otras razones. La inspección visual y prueba debe realizarse antes de usarse.

En caso de necesitar respiradores durante el muestreo, se debe saber que tienen la función de prevenir la exposición a atmósferas peligrosas.

Existen dos tipos de respiradores: los purificadores de aire, que filtran sustancias peligrosas y los que suministran aire, que cuentan con tanques proveedores.



AUTOEVALUACIÓN 2

1. **¿Cuales son algunos puntos que se deben considerar en un plan de muestreo?**
 - a) Localización del sitio de muestreo, procedimiento de desecho de las muestras y procedimientos de los parámetros.
 - b) Procedimiento de curva de calibración de los parámetros a muestrear, emisión de resultados de análisis y procedimientos de los parámetros a analizar.
 - c) Localización del sitio, parámetros a analizar y procedimientos de la cadena de custodia.
2. **¿Qué actividades se deben de desarrollar antes del muestreo?**
 - a) Plan de muestreo y lista de verificación de equipo, material y reactivos.
 - b) Llenado de hoja de campo y entrega de la cadena de custodia
 - c) Entrega de muestras al laboratorio para su análisis.
3. **¿Que tipos de muestreos de aguas residuales se practican en la actualidad?**
 - a) Muestreo simple y compuesto
 - b) Muestreo mixto y simple.
 - c) Muestreo manual y automático.
4. **¿Que requerimientos debes considerar al adquirir un muestreador automático?**
 - a) Material de construcción transparente, tamaño pequeño, manejo manual, y pantalla digital.
 - b) Gran capacidad, material de construcción opaco y bajo costo.
 - c) Material de construcción, capacidad, transporte, fuente de energía y costo.
5. **¿Cuáles son los cuatro tipos de muestreadores automáticos más comunes?**
 - a) Directos, indirectos, mixtos y simples.
 - b) Para obtención de: muestras compuestas, muestras secuenciales, muestras de compuestos orgánicos volátiles y muestras de contaminantes específicos.
6. **¿Qué ventajas tienen la preservación de las muestras?**
 - a) Retarda la degradación y minimiza costos de monitoreo al extender los tiempos de almacenamiento.
 - b) Almacenar por tiempo indefinido las muestras colectadas.
 - c) Transportar las muestras en trayectos lejanos sin refrigeración.
7. **¿Cuáles son los tipos de peligro asociados a un muestreo de aguas residuales?**
 - a) Acuáticos y terrestres.
 - b) Industriales y naturales.
 - c) Físicos y atmosféricos.

3 ANÁLISIS ESPECÍFICO

La norma NMX-AA-003-1980 tiene como objetivo establecer los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales, con el fin de determinar sus características físicas y químicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las normas de métodos de prueba correspondientes, es decir, los métodos de análisis de los parámetros a determinar.

3.1 Aplicación de muestreos manuales y automáticos en visitas de inspección

De acuerdo con la norma, antes de realizar el muestreo se debe contar con recipientes de material inerte con tapas que proporcionen un cierre hermético y de material afín al recipiente. Entre los materiales recomendados están el polietileno y/o vidrio (ver página 35 del unidad didáctica de la “Serie Verde”, *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*). Además de hieleras o refrigeradores para transporte y almacenamiento de las muestras.

Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en él las determinaciones correspondientes, y deben representar lo mejor posible las características del efluente total que se descarga.

Se recomienda que las muestras sean compuestas para que representen el promedio de las variaciones de los contaminantes. El procedimiento para la obtención de dichas muestras, de acuerdo con la norma, es el siguiente:

Las muestras compuestas se obtienen mezclando muestras simples en volúmenes proporcionales al gasto o flujo de descarga medido en el sitio y momento del muestreo. El intervalo entre la toma de cada muestra simple para integrar la muestra compuesta, debe ser el suficiente para determinar la variación de los contaminantes del agua residual. Las muestras compuestas se deben tomar de tal manera que cubran las variaciones de las descargas durante 24 horas, como mínimo (ver páginas 35 y 36 de la unidad didáctica de

la “Serie Verde”, *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*).

La forma de tomar las muestras puede ser manual o con equipo automático; éste último lo permite la norma siempre y cuando se opere de acuerdo con las instrucciones del fabricante dándoles el correcto y adecuado mantenimiento, asegurándose de obtener muestras representativas de aguas residuales.

Las muestras obtenidas se deben identificar. Se toman los datos necesarios para que en cualquier momento sea posible identificar las muestras. Se deben emplear etiquetas pegadas o colgadas, o numerar los frascos anotándose la información en una hoja de registro de campo. Estas etiquetas deben contener, como mínimo, la siguiente información:

- **Identificación de la descarga.**
- **Número de muestra.**
- **Número de acta.**
- **Nombre y dirección del usuario visitado.**
- **Fecha y hora de muestreo.**

- **Punto de muestreo.**
- **Temperatura de la muestra.**
- **Profundidad de muestreo.**
- **Nombre y firma de la persona que efectúa el muestreo** (ver páginas 42 a 46 del unidad didáctica de la “Serie Verde”, *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*)

Como parte del muestreo, en las descargas se toman los parámetros ambientales (potencial hidrógeno, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto), olor, color del agua residual y, cuando proceda se lleva a cabo las mediciones de gasto (ver páginas 42 a 46 de la unidad didáctica de la “Serie Verde”, *Aforo de descargas* y página 12 del unidad didáctica de la “Serie Naranja”, *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*). Las lectura de dichos parámetros se anotan en la hoja de registro.

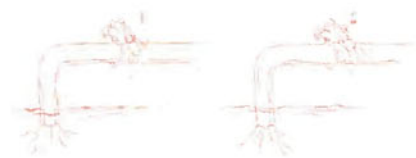
Para la preservación de las muestras, sólo se permite agregar los

conservadores indicados en las *Normas de métodos de prueba*. Además, es necesario mantener las muestras sin cambios significativos durante el transporte al laboratorio, en refrigeración constante a una temperatura de 277K (4°C). Se recomienda que el intervalo de tiempo entre la extracción de la muestra y su análisis sea el menor posible y que no exceda a los límites establecidos en cada uno de los procedimientos analíticos específicos.

Es importante tomar las debidas precauciones de seguridad y de higiene en el muestreo, en función del tipo de aguas residuales que se muestreen (ver unidad didáctica de la “Serie Verde”, *Riesgo y seguridad en el muestreo y análisis de aguas residuales*).

3.2 *Aplicación de la norma en muestreo de tomas*

Para el muestreo en conductos a presión o conductos, la norma recomienda que se instalen tomas en donde la válvula debe tener un cierre hermético. La válvula y los accesorios necesarios para su instalación deben ser de mate-



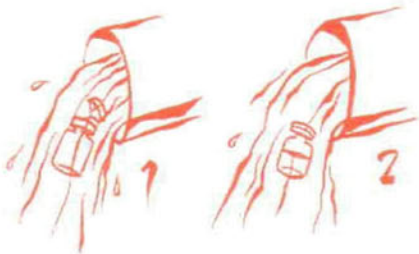
riales similares a la toma y/o los conductos en que se instalen.

Las tomas deben tener un diámetro adecuado para muestrear correctamente las aguas residuales en función de los materiales que puedan contener; deben ser de la menor longitud posible y procurar situarlas de tal manera que las muestras sean representativas de la descarga.

Para tomar la muestra en este tipo de sitios se debe dejar drenar aproximadamente diez veces el volumen de la muestra y, posteriormente, se procede a llenar el recipiente de la muestra.

3.3 *Aplicación de la norma en muestreo de descargas libres*

Cuando las aguas residuales fluyan libremente en forma de chorro, debe emplearse el siguiente procedimiento:

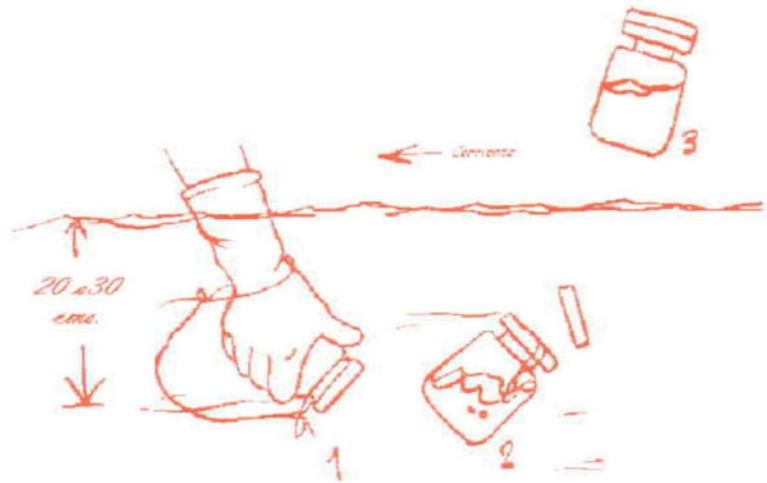


El recipiente muestreador se debe enjuagar tres veces antes de efectuar el muestreo. Se introduce el recipiente muestreador en la descarga o, de ser posible, se toma directamente la muestra en su recipiente. La muestra se transfiere del recipiente muestreador al recipiente para la muestra, cuidando de que ésta siga siendo representativa.

3.4 Aplicación de la norma en muestreo en canales y colectores

Se recomienda tomar las muestras en el centro del canal o colector, de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado.

Si se va a evaluar contenido de grasas y aceites se deben tomar



porciones, a diferentes profundidades, cuando no haya mucha turbulencia para asegurar una mayor representatividad.

El recipiente muestreador se debe enjuagar tres veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo.

El recipiente muestreador, atado con una cuerda y sostenido con la mano, de preferencia con guante, se introduce en el agua residual completamente y se extrae la muestra. Si la muestra se transfiere de recipiente, se debe cuidar que ésta siga siendo representativa.

AUTOEVALUACIÓN 3

1. ¿Por qué se recomienda que las muestras de agua residual sean compuestas?
 - a) Por que se toman a diferentes horas durante un proceso industrial.
 - b) Por ser representativas del promedio de las variaciones de los contaminantes.
 - c) Por que incluyen las variaciones de flujo durante la noche.

2. ¿Qué información mínima debe contener la etiqueta de la muestra?
 - a) Identificación de la descarga, número de muestra, fecha y hora, punto de muestreo, temperatura y profundidad de la muestra y nombre y firma de muestreador.
 - b) Temperatura, conductividad, oxígeno y color de la muestra.
 - c) Sitio de muestreo, ruta de acceso, clave de procedimiento de análisis y nombre del analista.

3. Además del muestreo del agua residual, ¿qué otras mediciones deben realizarse según la norma NMX-AA-003-1980?
 - a) La distancia del sitio de muestreo al poblado más cercano.
 - b) pH, conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto y gasto de la descarga.
 - c) Sólidos suspendidos totales, metales pesados e hidrocarburos aromáticos.

4. ¿Cuáles son los sitios específicos de muestreo de aguas residuales que menciona la norma para su aplicación?
 - a) Redes de agua potable, alcantarillado y tanques de almacenamiento.
 - b) Ríos, lagos y presas.
 - c) Tomas, descargas libres, canales y colectores.

RESUMEN

Como consecuencia de la instauración del programa de prevención y control de la contaminación de los cuerpos receptores, generado por las descargas de aguas residuales (1973), se establece en el mismo año la Norma Oficial Mexicana, *Método de muestreo de aguas residuales*, modificada y publicada a principios de 1975 identificándose con la clave NMX-AA-03-1975. En 1980 vuelve a cambiar y se le denomina "*Aguas residuales – Muestreo*" (NMX-003-1980) publicándose finalmente el 25 de marzo de 1980, como NMX-AA-003-1980.

La norma tratada en esta unidad didáctica, en sí es muy simple y escasa de información, por lo que en el presente manual se hace énfasis en proporcionar mayor información para que los inspectores cuenten con los criterios necesarios en la aplicación de dicha norma y cuyas actividades de trabajo sean más completas, por lo que se amplía, la información pensando en las necesidades de los inspectores de las brigadas de inspección y verificación.

También se aporta mayor información con énfasis en el uso del plan de muestreo, aseguramiento y control de calidad, ya sea que se aplique de manera manual o con equipos automáticos, según demanden las condiciones de las descargas de aguas residuales en campo. Se explica de manera amplia, los posibles escenarios y características de cada uno de estos equipos de muestreo automático que existen en el mercado, y que se usan con mayor frecuencia. También se hace evidente en la estrecha comunicación que deben de tener con el laboratorio previo al muestreo, para estar de acuerdo con los procedimientos de toma y conservación de las muestras como lo establece la norma, así como los criterios para la composición de las muestras; ya sean estas dobles, blancos de campo, blanco de viaje y otras.

Se da abundante información, sobre los pasos a seguir para terminar el muestreo de manera completa, tanto administrativa como técnica en la toma, preservación y transporte de las muestras de aguas residuales, asimismo, se hace conciencia para que

los inspectores instruyan sobre la prevención y control de condiciones peligrosas en ambientes físicos y atmosféricos, ya sea por sustancias de origen tóxico o por condiciones ambientales, que puedan provocar accidentes en la toma y preservación de muestras de aguas residuales.

Finalmente se describen los requisitos indispensables para la aplicación de la norma NMX-003 "*Aguas residuales – Muestreo*" para llevar a cabo el muestreo en tomas, descargas libres, canales y colectores con el equipo de seguridad apropiado y en condiciones de máxima seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- Arce-Velázquez, A. L. y López-López R. *Riesgo y seguridad en el muestreo y análisis de aguas residuales*. "Serie Autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2002.
- Arce-Velázquez, A. L., Calderón-Mólgora, C. G., y Tomasini-Ortiz, A. C. *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*. "Serie Autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2002.
- Arriaga, C.L., Aguilar, S.V. y Alcocer, D.J. 2000. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. APHA, 20ª ed. Washington, D. C. 1999.
- CNA, 2001. *Ley Federal de Derechos en Materia de Agua*. Subdirección General de Administración del Agua. Comisión Nacional del Agua. México, D.F. p. 124.
- González-Camacho, A. A. Aforos de descargas. "Serie Autodidáctica de medición de la calidad del agua". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2002.
- ISO 1992. International Standard 5667/10. "Water quality" –Sampling- Part.10 *Guidance of Samling of Waste Water*. E.U. p.10
- Jiménez-Cisneros, B. *La contaminación en México, causas efectos y tecnología apropiada*. México. Limusa. Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA, 2001.
- Norma Oficial Mexicana Método de muestreo de aguas residuales. DGN-AA-3-1975. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México, D.F., 20 enero de 1975.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-003-1980. *Aguas residuales.- Muestreo*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México, D.F., 11 de febrero de 1980.

-
- Tomasini-Ortíz, 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". Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003.
 - United States Environmental Protection Agency. *EPA Industrial User Inspection and Sampling Manual for POTW's*. Prepared by: The Office of Wastewater Enforcement and Compliance Water Enforcement Division. Washington, D.C. 20460 April, 1994, 282 p.
 - Eds. Wilde Franceska D., Radtke Dean B., Gibs, Jacob, and Rick T. Iwatsubo. *Techniques of Water-Resources Investigations. Book 9 Handbooks for Water-Resources Investigations National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data Chapter A2. "SELECTION OF EQUIPMENT FOR WATER SAMPLING"*. Revised 2002 by Susan L. Lane, Sarah Flanagan, and Franceska D. Wilde. U.S. Geological Survey TWRI Book 9 Chapter A2. (Version 2.0, 3/2003).

GLOSARIO

Agua residual. Es un líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original (Arriaga *et al.* 2000).

Blanco de campo. Son frascos con agua destilada o desionizada que se llenan en la estación de muestreo, etiquetan, empaican, sellan y se transportan al laboratorio con las otras muestras. Se usan los blancos de campo para investigar la contaminación en el laboratorio y durante la colecta y envío de las muestras. El laboratorio requiere de un blanco de campo por cada día de muestreo.

Blanco de viaje. Son frascos con agua destilada o desionizada preparados en el laboratorio. Se mantienen en las mismas hieleras que las otras muestras en cada fase del proceso de colecta, manejo y envío. En el laboratorio se analiza, y si se encuentra contaminación, podría ser que la contaminación ocurriera durante el transporte de muestras o en el almacenaje en el laboratorio. Se requiere uno por cada tipo de preservación.

Cadenas de custodia. Es un documento en el que se registra toda la información necesaria para asegurar la integridad de la muestra desde la recolección hasta el reporte de resultados.

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.

Canal abierto. Cualquier conducto en el cual el agua fluye presentando una superficie libre.

Colector. Es un conducto abierto o cerrado que recibe las aportaciones de agua de otros conductos.

Contaminantes. Sustancias que alteran la pureza o naturaleza de un elemento, tal como aire, agua, suelo o alimentos.

Descarga. Es el conjunto de aguas residuales que se vierten en algún cuerpo receptor.

Muestra simple. Es aquella muestra individual tomada en un corto periodo y de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para completar el volumen necesario para el análisis.

Muestra compuesta. Es la que resulta del mezclado de varias muestras simples.

Muestreo. Es el procedimiento por medio del cual se toma una parte de una sustancia, material o producto, para proporcionar una muestra representativa del total.

Preservación. Acción de proteger una cosa contra los agentes que puedan destruirla o dañarla.

RESPUESTAS A LAS AUTOEVALUACIONES

AUTOEVALUACIÓN 1

1.- b)

2.- c)

3.- c)

4.- a)

AUTOEVALUACIÓN 2

1.- c)

2.- a)

3.- c)

4.- c)

5.- b)

6.- a)

7.- c)

AUTOEVALUACIÓN 3

1.- b)

2.- a)

3.- b)

4.- c)

ANEXOS



PLAN DE MUESTREO

OBJETIVO:				
ANTECEDENTES:				
TIPO DE MUESTREO:				
NOMBRE DEL USUARIO:				
FECHA:				
LISTA DE PARÁMETROS A MUESTREAR: Llenar cuadro 1				
CUADRO 1. PARÁMETROS A MUESTREAR				
PARÁMETRO	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	VOLUMEN REQUERIDO	OBSERVACIONES
COLIFORMES				
FECALES				
HUEVOS DE				
HELMINTO				
GRASAS Y				
ACEITES				
DBO				
MATERIA				
FLOTANTE				
SÓLIDOS				
SEDIMENTABLES				
SÓLIDOS				
SUSPENDIDOS				
TOTALES				
NITROGENO TOTAL				
FOSFORO TOTAL				
METALES				
CIANUROS				



GERENCIA

CONTROL INTERNO DEL MUESTREO

PLAN DE MUESTREO

CONTROL DE CALIDAD.- CONSISTIRÁ EN TOMAR LOS SIGUIENTES CONTROLES: BLANCO DE VIAJE BLANCO DE CAMPO BLANCO DE EQUIPO MUESTRA DOBLE											
NOTA: PARA COLIFORMES FECALES NO SE REQUIERE TOMAR BLANCOS DE VIAJE Y CAMPO, PERO SE REQUIERE TOMAR UNA MUESTRA DOBLE. PARA HUEVOS DE HELMINTO NO SE REQUIERE TOMAR BLANCOS DE VIAJE Y CAMPO.											
UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO: 											
MEDIO DE TRANSPORTE: 											
PARTICIPANTES:											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">NOMBRE:</th> <th style="padding: 5px;">RESPONSABILIDADES:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 20px;"> </td><td> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td><td> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td><td> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	NOMBRE:	RESPONSABILIDADES:									
NOMBRE:	RESPONSABILIDADES:										
PLAN DE SEGURIDAD: 											

40



CONTROL INTERNO DEL MUESTREO

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPO PARA EL MUESTREO

MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO	CANTIDAD	VERIFICADO	EMPAcado
FRASCO DE VIDRIO CON EDTA Y TIOSULFATO DE SODIO ESTÉRIL.			
Bolsas Whirl-Pak estériles con tiosulfato de sodio			
Frasco de plástico de 8 litros			
Frasco de vidrio de boca ancha de más de 1 litro			
Frasco de vidrio de 1.5 litro			
Frasco de plástico de boca ancha 5 litros			
Frasco de plástico de 3 litro			
Frasco de plástico de 2 litros			
Frasco de plástico de 1 litro			
Vaso de precipitado de plástico de 500 mL			
Probeta calibrada de 1 litro			
Probeta calibrada de 10 mL			
Pizetas con agua destilada o desionizada			
Garrafón con agua destilada o desionizada			
Garrafón con agua de la llave			
Embudos			
Pipetas Pasteur de plástico			
Hieleras			
Cubetas			
Frasco con ácido clorhídrico concentrado			
Frasco con ácido nítrico concentrado			
Frasco con ácido sulfúrico concentrado			
Frasco con hidróxido de sodio 12N			
Solución Buffer pH 4, pH 7 y pH 10 (caducidad vigente)			
Solución de referencia para conductividad (caducidad vigente)			
Papel pH (0 a 14)			
Jabón antibacteriano			
Hielo			
Refrigerantes			
Termómetro calibrado y con certificado de -1 a 101 °C			
Termómetro calibrado y con certificado de -35 a 50 °C			
Termómetro calibrado y con certificado de -5 a 10 °C			
Potenciómetro			
Sonda multiparámetros			
Molinete			
Medidor ultrasónico			
Flexómetro			
Vertedores portátiles			
Detector de gases o explosímetro			
Geoposicionador			
Muestreadores			
Botella Van Dorn			
Cronómetro			



COMISION NACIONAL
DEL AGUA

GERENCIA _____
ACTA DE VISITA No. _____
FOJA _____ DE _____

FORMATO CADENA DE CUSTODIA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN DE MUESTRAS

IDENTIFICACIÓN DE LA DESCARGA					
NOMBRE DEL QUE ENTREGA			CARGO		
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRAS			HORA DE ENTREGA DE MUESTRAS		
NOMBRE DEL QUE RECIBE			CARGO		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS			HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS		
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS					
TIPO DE MUESTRA	ANÁLISIS SOLICITADOS	NÚMERO DE FRASCOS	DESCRIPCIÓN DEL FRASCO	VOLUMEN APROXIMADO DE LA MUESTRA	PRESERVADOR EMPLEADO
OBSERVACIONES:					
FIRMA DE QUIEN ENTREGA			FIRMA DE QUIEN RECIBE		

SERIE NARANJA

ISBN	TÍTULO	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