

CAPÍTULO 4

OPERACIÓN EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Autor:

Ing. José Pérez Carrión, consultor OPS

Actualizado por:

Ing. Claudio Osorio Urzúa

Asesor en Mitigación de Desastres, CEPIS/OPS

1. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable involucra una serie de operaciones encaminadas a garantizar un servicio continuo de agua de calidad apropiada para el consumo humano.

Todos los sistemas de abastecimiento de agua sufren problemas comunes: ruptura de tuberías, interrupción del servicio, variaciones en la calidad de las fuentes, etcétera. También están sujetos a actos de vandalismo, terrorismo, huelgas, que pueden afectar el suministro. Adicionalmente, se presentan con relativa frecuencia desastres debidos a fenómenos naturales que afectan los componentes de los sistemas e interrumpen los servicios.

Constituye una acción de alta prioridad el abastecer de agua segura a las comunidades en forma continua, por lo cual los administradores de los servicios de abastecimiento de agua deben adoptar las medidas pertinentes para garantizar este servicio. Para cumplir con este objetivo, se necesita planificar y coordinar previamente todas las acciones.

En la figura 4-1 se esquematizan las etapas y acciones de análisis y planificación. A continuación se analizarán los principales componentes del programa.

2. LOS DESASTRES Y SUS EFECTOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA

Se puede definir un desastre como un evento natural o realizado por el hombre que se presenta en un tiempo y espacio limitados y que afecta los patrones cotidianos de vida.

Según su origen, los desastres pueden clasificarse en dos grandes tipos: naturales y provocados por el hombre. En la figura 4-2 se esquematizan los diferentes desastres y emergencias, clasificados por su origen.

Es de interés correlacionar la probabilidad de ocurrencia de los desastres con la duración y magnitud de los efectos causados por la interrupción del servicio, comparándola con la situación de emergencia casi cotidiana que vive la mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua en cuanto a la calidad de los servicios o del agua que abastecen a las localidades.

Los efectos que causan los desastres sobre las plantas de tratamiento y la calidad del agua pueden reducirse gruesamente a los siguientes:

a) Modificación de las fuentes

- contaminación;
- aumento de turbiedad;
- variación en el pH;
- modificación de caudales.

b) Daño estructural

- destrucción total o parcial de obras civiles;
- destrucción total o parcial de tuberías e instalaciones.

c) Transportes y comunicaciones

- interrupción de las vías de acceso a las plantas y otros componentes del sistema;
- interrupción de las comunicaciones telefónicas.

d) Energía

- interrupción total o parcial.

Todos estos efectos pueden causar interrupción total o parcial del tratamiento y abastecimiento de agua.

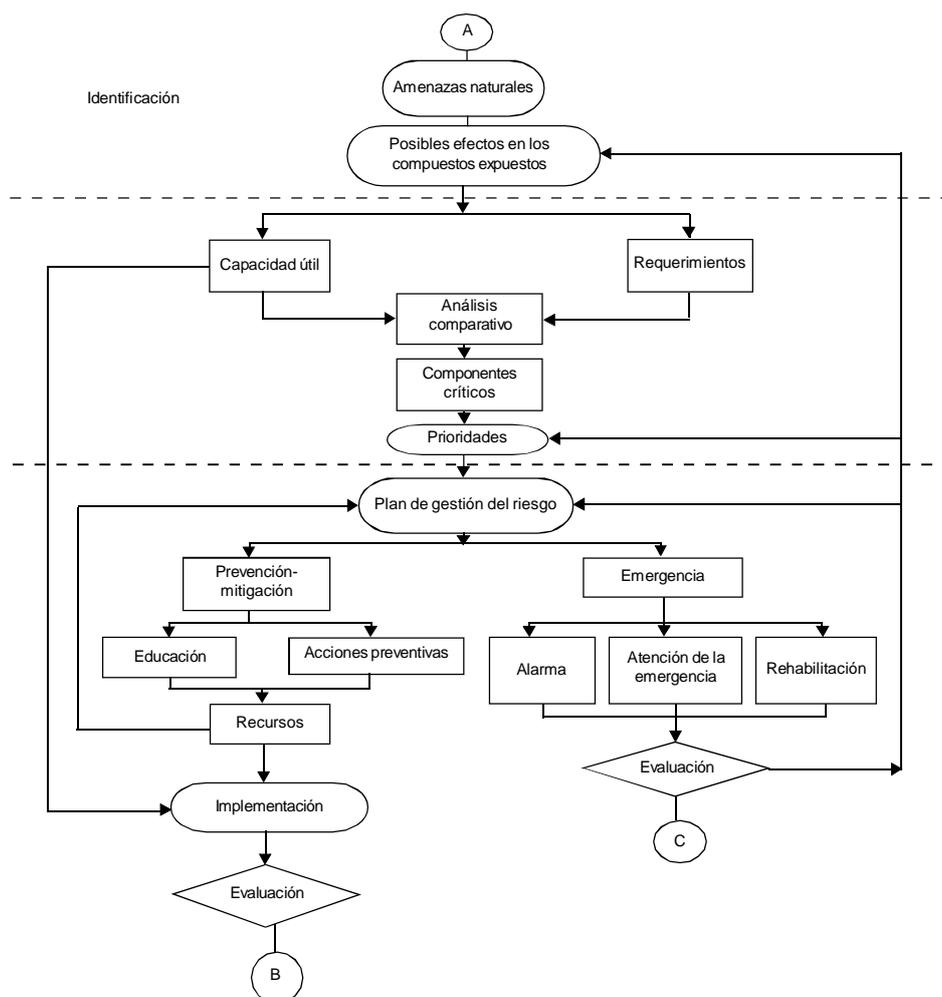


Figura 4-1. Aseguramiento del abastecimiento de agua durante situaciones de emergencia

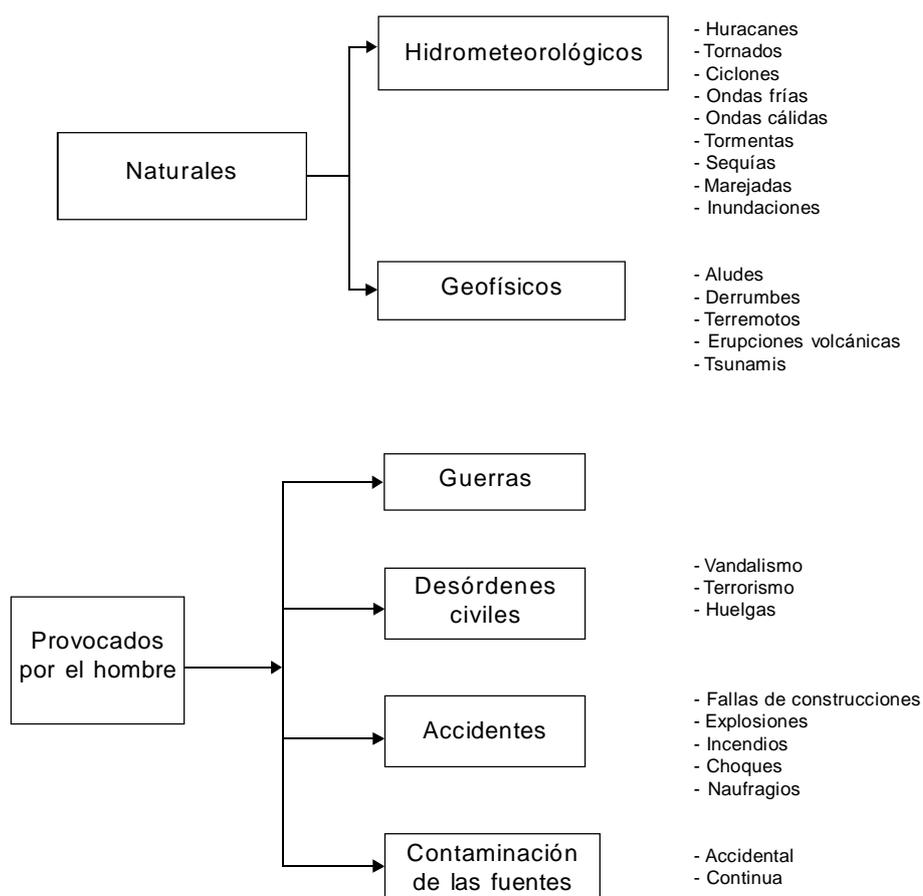


Figura 4-2. Clasificación de desastres por su origen

3. MEDIDAS PREVIAS AL DESASTRE

El mayor número de desastres que afectan el tratamiento y abastecimiento de agua ocurren súbitamente. La tecnología actual solo puede pronosticar la ocurrencia de un desastre natural momentos antes o, en el mejor de los casos, tan solo unos días antes de que se presente. En consecuencia, la única manera significativa por la que pueden contrarrestarse los efectos de un desastre natural es implementando medidas de prevención y preparativos para aquellos componentes con un alto riesgo de verse afectados.

El objetivo de las medidas de prevención es reducir o eliminar posibles daños en el área afectada una vez ocurrido el desastre. Para lograr este objetivo, se deberán tomar las siguientes medidas:

- Identificar las amenazas presentes en la zona.
- Desarrollar un plan de operaciones para emergencias.
- Desarrollar un programa de emergencias que abarque educación e información al personal y público por igual.
- Adoptar medidas preventivas y de mitigación.

Las acciones mencionadas se ampliarán a continuación.



C. Osorio, 1998.

Figura 4-1. Planta de tratamiento ubicada en las riberas del cauce del río Chone, que se desborda cada año que se presenta el fenómeno de El Niño. Chone, Ecuador.

3.1 Identificar amenazas presentes en la zona

A partir de la información disponible en instituciones especializadas en el estudio y caracterización de amenazas naturales —tales como institutos meteorológicos, geofísicos, vulcanológicos, etcétera—, así como en las oficinas de protección o defensa civil, debemos identificar las amenazas a las cuales se encuentran expuestos los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua.

No solo bastará conocer sobre la presencia de una determinada amenaza; también será fundamental conocer los periodos de recurrencia en los cuales se presentarán eventos de magnitud que pongan en riesgo la infraestructura.

Además de la información científica disponible en instituciones especializadas y universidades, será valioso considerar las experiencias de los funcionarios o de la población sobre los fenómenos que se han presentado en el pasado y que han afectado a los diferentes componentes de los sistemas de abastecimiento.

Solo una vez conocidas y caracterizadas la amenazas, el personal de la planta de tratamiento sabrá a ciencia cierta frente a qué fenómeno hay que prepararse y de qué magnitud es.

3.2 Plan de operación de emergencia de plantas de tratamiento y sistemas de abastecimiento de agua

A partir de las amenazas identificadas, el personal que opera la planta deberá definir las acciones que se deben seguir en el caso de que se produzca una emergencia que afecte directamente la planta u otro componente del sistema. Dichas acciones deberán quedar plasmadas en un plan operativo.

Este plan deberá definir de manera clara *quién hace qué y cuándo* después de un desastre natural considerando los recursos locales existentes. Este plan deberá ser sencillo, asertivo y breve, y deberá establecer pautas y prioridades. Esto no quiere decir que la descripción de organización de funciones y responsabilidades sea menos importante, sino más bien que tales descripciones generalmente tomarán la manera en que mejor puedan usarse los recursos existentes conforme a las circunstancias singulares de cada desastre natural.

El plan de operaciones deberá ser, en principio, una guía para coordinar las acciones que tomarán los servicios de administración de sistemas de abasteci-

miento de agua, tan pronto como un desastre sea pronosticado u ocurra. El plan deberá incluir los siguientes puntos:

- Realizar un estudio de vulnerabilidad para definir los daños esperados a consecuencia del desastre.
- Estimar la capacidad disponible de los recursos que quedan después del desastre.
- Estimar las necesidades de la comunidad; por ejemplo, en temas como cantidad y calidad de agua.
- Decir cómo adaptar la capacidad de la planta a las necesidades existentes.
- Especificar prioridades para diferentes líneas de acción.
- Asignar tareas específicas al personal sanitario disponible.

Los últimos tres pasos se darán después del desastre y completarán el Plan de Acción para Operaciones de Emergencia. Es preciso hacer hincapié en que el plan se elabora solamente *después* de determinar las vulnerabilidades de la planta y los posibles daños que esta puede sufrir.

Según se ha indicado, la prioridad de la emergencia debe ser el abastecimiento de por lo menos las cantidades mínimas de agua segura, lo que debería ser previamente definido por las autoridades competentes.

3.3 Educación e información del personal y público en general

Al desarrollar un estado de preparación en un área propensa a los desastres, la educación adecuada del personal ha de ser una de las consideraciones fundamentales.

Es esencial que cada organismo encargado del tratamiento y abastecimiento de agua desarrolle programas adecuados de entrenamiento para operaciones de emergencia. Un programa de entrenamiento semejante puede ofrecer un curso de orientación a todo el personal sobre medidas de emergencia que estén relacionadas con los desastres naturales. El curso deberá ser de carácter general y brindar información sobre qué puede suceder, qué se puede hacer ante ello, quién lo puede hacer y cómo. Este curso deberá repetirse cuando menos una vez por

año como un medio para instruir al personal nuevo, sobre cómo se modifica el funcionamiento de la planta y algunos de sus procesos frente a diferentes situaciones de emergencia o desastres.

El curso deberá complementarse con otro más específico, preparado para “personal esencial de emergencia”, aquellos empleados de todos los niveles seleccionados para recibir entrenamiento en la ejecución de ciertas tareas en situaciones de emergencia.

Los ejercicios de entrenamiento (simulaciones y/o simulacros) son un ingrediente necesario del programa. Es importante hacer ejercicios periódicos de manera que el personal pueda practicar medidas eficaces de emergencia.

El programa de entrenamiento puede reforzarse con cursos especiales relacionados con situaciones de emergencia o por medio de conferencias, seminarios y la difusión de material impreso que trate sobre desastres naturales y provocados por el hombre.

La educación del público es de suma importancia en situaciones de emergencia. Un programa de educación dirigido al público en general deberá impulsar a los pobladores a prepararse para los desastres en las áreas propensas a ellos. El conocimiento de las medidas de emergencia que se tomarán y lo que puede esperarse del público serán un gran paso para reducir problemas operacionales. Buena parte de esta educación pública puede realizarse utilizando las mismas facturas o boletas que las empresas utilizan para el cobro del servicio.

3.4 Medidas de prevención y mitigación

El análisis de los efectos que ocasionan los diversos desastres conduce a determinar los siguientes posibles problemas en el tratamiento de agua:

- contaminación del sistema o de las fuentes;
- daño estructural en la planta, instalaciones y accesorios;
- deficiencias o paralización del transporte;
- paralización del suministro de energía.

A continuación se analizarán las medidas preventivas en cada caso.

3.4.1 Contaminación de los abastecimientos de agua

Uno de los mayores peligros para la salud pública que se asocian generalmente con los desastres naturales es el riesgo de contaminación de los abastecimientos de agua. La contaminación puede producirse en diferentes puntos: en la fuente, durante la transmisión, en la planta de tratamiento, durante el almacenamiento o en cualquier punto de la red de distribución. Los daños causados a las estructuras de obras de ingeniería civil son la causa fundamental de la contaminación, así como el derrame de sustancias químicas.

Asimismo, los desastres muchas veces deterioran la calidad del agua cruda. El aumento de la turbiedad y las variaciones drásticas en el pH están entre las razones que obligan a las plantas de tratamiento a optimizar o modificar su propio funcionamiento después de ocurrido un desastre.

En casos de emergencia, la contaminación microbiológica deberá ser la primera preocupación de la persona que tiene a su cargo la operación de plantas de tratamiento de agua. Se requiere realizar las siguientes medidas preventivas:

- a) Identificación de los posibles contaminantes y de los métodos de eliminación.
- b) Monitoreo, detección e identificación de fuentes potenciales de contaminación.
- c) Tratamiento oportuno y adecuado.
- d) Identificación de fuentes alternas de abastecimiento de agua, así como las respectivas obras de captación.
- e) Interconexión con otros sistemas de agua.
- f) Incremento de los periodos de retención en tanques de almacenamiento.
- g) Protección de los tanques de almacenamiento con cubiertas adecuadas.
- h) Provisión de desagües de gran capacidad a todas las unidades de la planta y tanques de almacenamiento.
- i) Acciones preventivas contra la contaminación potencial de las cuencas y fuentes de abastecimiento de agua.

3.4.2 Daño estructural en obras de ingeniería

Todos los tipos de desastres tienen la posibilidad de destruir o dañar gravemente las estructuras de obras de ingeniería de las plantas de tratamiento de agua. Estas comprenden edificios, estructuras hidráulicas, reactores, interconexiones, instalaciones, tuberías, estaciones de bombeo, estructuras de toma, represas, muros de contención, postes para líneas eléctricas, caminos, plataformas, etcétera. Cuando estas estructuras sufren daños, pueden causar accidentes a aquellos que trabajan en ellas o cerca de ellas, o bien interrumpir en forma parcial o total los servicios de agua en calidad y cantidad adecuada.

Estos problemas pueden reducirse o eliminarse si se consideran desde el inicio de su diseño medidas de prevención de desastres en la construcción de nuevas plantas, si se efectúan modificaciones en las instalaciones existentes y si se mejoran las normas de diseño, las que deben reflejar la experiencia ganada.

Las medidas preventivas para las estructuras de obras de ingeniería incluyen las siguientes:

- a) Modificaciones e implementación de obras de mitigación de las instalaciones existentes, a partir de los resultados de los estudios de vulnerabilidad y el impacto de los daños en el caudal, las variaciones de calidad y tiempo de rehabilitación de los daños:



Figura 4-2. Rotura de placas de sedimentadores de la planta de tratamiento de Moquegua, Perú, debido a un sismo de mediana intensidad ocurrido en el año 2001

- Reforzar las estructuras para que soporten los efectos del desastre.
- Disponer de instalaciones o facilidades para conexiones directas; es decir, evitando el paso del agua cruda por la planta, llevándola directamente al

lugar de cloración donde el agua pueda ser, cuando menos, clorada en caso de que la planta, su equipo o sus procesos fallaran.

- Hacer una interconexión entre los distintos procesos de la planta de tratamiento.
- Mejorar el anclaje y apoyo de maquinaria, equipo esencial y tanques de almacenamiento para que resistan los efectos del desastre.
- Rediseñar o reubicar las unidades o instalaciones potencialmente inseguras.



Figura 4-3. Planchas de asbesto-cemento rotas a consecuencia de un sismo

- Adoptar reglas y procedimientos estándar de operación para contar con el máximo estado de preparación en caso de un desastre natural.
- b) Planificación para el diseño y construcción de la nueva infraestructura:
- Hacer estudios técnicos ad hoc (meteorológicos, topográficos, hidrológicos, geológicos y de suelos) en las nuevas ubicaciones para eliminar las áreas vulnerables.
 - Preparar, actualizar y usar métodos de diseño específicos para proteger estructuras, equipos y suministros contra el impacto de un desastre. Se deberán adoptar diseños específicos en la medida posible para incrementar la capacidad del sistema en situaciones de emergencia.
 - Para el caso de plantas de tratamiento, contar con plantas convencionales de alta tasa, de manera que dependan lo menos posible de electricidad (ya que este es uno de los servicios que primero se interrumpen en situaciones de desastres).
 - Depender lo menos posible del suministro eléctrico y, cuando esto sea inevitable, contar con generadores que abastezcan a los componentes críticos.

- Actualizar los criterios de diseño y las especificaciones de los materiales utilizados en la construcción, a partir del comportamiento observado.

3.4.3 Fallas en el transporte

El transporte es crítico en la secuela de un desastre. A menudo, las fallas en el transporte obedecen a los siguientes factores:

- a) la destrucción u obstrucción de los caminos;
- b) la destrucción o falta de vehículos apropiados;
- c) la carencia del combustible necesario.

Los daños en los sistemas de transporte pueden obstaculizar el acceso a la planta de tratamiento y dificultar el ingreso del personal, así como paralizar la operación del servicio de “suministros vitales”, en especial, el tratamiento y distribución de agua. Las medidas preventivas que pueden adoptarse para reducir o eliminar los problemas originados por las fallas en el transporte son las siguientes:

- Preparación de una lista delineando la prioridad de los medios de transporte disponibles en la secuela de un desastre.



C. Osorio, 1999.

Figura 4-4. El almacenamiento de productos químicos estratégicos durante erupciones volcánicas en el Ecuador fue una de las medidas adoptadas frente a esta emergencia, que requirió la modificación en los procesos de tratamiento durante la caída de cenizas.

- Abastecimiento de materiales básicos tales como productos químicos y piezas de repuesto. Se recomienda, siempre que sea posible, hacer arreglos con los distribuidores locales de productos químicos, combustibles y repuestos, para que mantengan un pequeño porcentaje de existencias de artículos esenciales que podrán ser puestos a disposición durante periodos de emergencia.

Por ejemplo, en Barbados se ha celebrado un convenio con los distribuidores locales de víveres para que mantengan en existencia ciertos artículos alimenticios para un periodo no menor de cinco días. Esto no solo garantiza la disponibilidad de artículos alimenticios esenciales durante las emergencias sino que, además, elimina los costos y el mantenimiento para almacenar alimentos por periodos prolongados.

Un punto final al que se tiene que dar consideración es la protección del personal de emergencias. Dentro de un plan de emergencias se deben adoptar medidas preventivas para el personal. A todos los trabajadores se les debe garantizar un alojamiento apropiado, las vacunas necesarias, los equipos de protección personal (vestimenta e instalaciones sanitarias y alimentos) e instrucciones para el manejo adecuado de equipo y suministros.

3.4.4 Paralizaciones del suministro de energía

Las paralizaciones del suministro de energía son comunes durante la mayoría de los desastres y ello se debe, mayormente, a daños en las líneas de transmisión, estructuras de ingeniería civil y fallas del equipo. Las interrupciones del suministro de energía aumentan los problemas mayormente en los servicios de “suministros vitales” y algunos de estos efectos son:

- a) Interrupción de las operaciones de las estaciones de bombeo y plantas de tratamiento de agua.
- b) Interrupción de las operaciones de dosificación.
- c) Descalibración de equipos.
- d) Interrupción de comunicaciones.

Estos efectos pueden reducirse o eliminarse adoptando las siguientes medidas preventivas:

- Uso de UPS en equipos y sistemas donde el flujo eléctrico no debiera interrumpirse.
- Uso de generadores alternos fijos en las plantas de tratamiento de agua y estaciones de bombeo.
- Adquisición de generadores portátiles.
- Empleo de abastecimiento de agua a gravedad para mantener una distribución limitada.
- Modificar la forma de lavado de filtros de tal manera que se produzca el lavado de un filtro con el flujo de otras unidades.
- Provisión de redes de energía eléctrica alternativas o auxiliares a las instalaciones de operación crítica (estaciones de bombeo, plantas de procesamiento y tratamiento, hospitales).¹

4. TRATAMIENTO Y ABASTECIMIENTO DE AGUA DESPUÉS DE DESASTRES

Los preparativos y las medidas de atención de la emergencia deberán ponerse en práctica tan pronto como se advierta la ocurrencia inminente de un fenómeno natural que pueda afectar los patrones normales de calidad y suministro.

Se pueden identificar al menos tres momentos en la preparación y atención de un desastre:

- El periodo de alerta (pocas horas o días antes de que ocurra el desastre).
- El periodo de respuesta al desastre (variable según el tipo de amenaza natural).

¹ El combustible para las redes auxiliares de energía eléctrica deberá almacenarse en cantidades que permitan las operaciones por un lapso de tres a cinco días.

- El periodo de rehabilitación/reconstrucción posterior al desastre (variable; normalmente de una semana a un mes).

El objetivo fundamental de estas acciones será proteger a la población contra los posibles peligros y asegurar la disponibilidad de agua, alimentos, refugio y ropa en el área amenazada. Estas medidas sanitarias ambientales comprenden:

4.1 Periodo de alerta

- 1) Declarar la alerta en la empresa de agua. Esto podrá hacerse cuando las autoridades locales y nacionales lo hagan o bien como una declaratoria interna de la empresa.
- 2) Obtener inventarios del personal disponible y recomendable, de los equipos y suministros necesarios para aplicarlos a los problemas y necesidades que se prevén en el área amenazada.
- 3) Proteger los elementos clave del abastecimiento de agua y especialmente de la planta de tratamiento de agua.
- 4) Examinar y difundir entre la población afectada los criterios para el uso de agua segura.

4.2 Periodo de respuesta

Hacer una evaluación inmediata de los daños y preparar una lista estableciendo la prioridad de las medidas para atender las necesidades y problemas identificados, con el fin de restablecer el servicio a la brevedad posible y asegurar el abastecimiento de agua a la población.

4.3 Periodo de rehabilitación y reconstrucción

Tan pronto como el impacto del desastre disminuya hasta el grado en que pueda iniciarse la labor de operación de plantas de tratamiento de agua y abastecimiento de agua de emergencia, los objetivos básicos serán los siguientes:

- Abastecer de agua potable —o por lo menos segura— en una cantidad de por lo menos 30 litros por habitante por día a la población en general y a usuarios especiales: hospitales, clínicas y al personal de equipos de socorro y rescate.

- Proteger las fuentes y componentes del sistema y, especialmente, la planta de tratamiento de agua.

Para cumplir con estos objetivos, es necesario lo siguiente:

- Realizar un reconocimiento para evaluar los daños sufridos en los diferentes componentes del sistema y de la planta.
- Hacer un inventario de los recursos disponibles de personal esencial, logístico, de equipo y de suministros. Este inventario puede usarse para satisfacer las necesidades inmediatas creadas por el desastre natural.
- Obtener información sobre el movimiento de población dentro o cerca del área afectada, tal como lugares de asentamiento de refugiados, áreas evacuadas parcial o totalmente e instalaciones del personal de socorro. Esta información deberá determinar las áreas a las que se habrá de dar consideración prioritaria por su densidad poblacional y por su alto riesgo de enfermedades.

Las medidas generales de emergencia recomendadas para el abastecimiento de agua son las siguientes:

- 1) Producción y tratamiento de agua en cantidad adecuada

El agua debe distribuirse en cantidades que satisfagan al menos las necesidades fisiológicas básicas de aquellos que se encuentran en el área afectada por el desastre.

En el cuadro 4-1 se muestran algunos rangos de la dotación de agua usados por distintas instituciones de cooperación internacional.

Una vez atendidas las necesidades básicas en forma satisfactoria, la disponibilidad de agua deberá ser considerada para otros usos domésticos como la limpieza, el baño y el lavado. En una situación de emergencia originada por un desastre natural existen necesidades críticas de agua en los albergues e instalaciones del personal de los equipos de socorro y para los usuarios especiales, como hospitales y centros de tratamiento. Es a estos usuarios a quienes deberá darse una especial consideración. Después de que sus necesidades hayan sido satisfechas, el agua se pondrá a disposición de aquellos que viven en las áreas periféricas de centros urbanos densamente poblados y en áreas rurales concentradas y diseminadas.

Cuadro 4-1. Rangos de dotación de agua de algunas entidades internacionales

			 OFDA		
Individual	15-20 L/p/d	15-20 L/p/d	15-20 L/p/d	20 L/p/d	>15 L/p/d
Centros de salud	40-60 L/p/d	40-60 L/p/d	0-60 L/p/d	100-200 L/p/d	40-60 L/p/d 5 L/p/d
Centros de alimentación	20-30 L/p/d	20-30 L/p/d	20-30 L/p/d	20-30 L/p/d	15-30 L/p/d
Centros de lavado	35 L/p/d	-	-	-	-

Fuentes: OPS/OMS, “Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales”, 1982; Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Refugiados, *Manual para situaciones de emergencia*, 1988; OFDA/USAID, “Field Operations Guide for Disaster Assessment and Response”; Dr. Pierre Perrin, Comité Internacional de la Cruz Roja; El Proyecto de la Esfera, “Carta Humanitaria y normas mínimas de respuesta humanitaria en casos de desastres”, 2000 (www.sphereproject.org).

Nota: L/p/d = litros por persona por día.

- 2) Es preferible que el agua sea obtenida de una red de distribución en funcionamiento. Sin embargo, también deberá verse la posibilidad de buscar agua de fuentes alternativas (plantas de fuerza, fábricas de cerveza u otros establecimientos similares), manantiales, pozos o arcas de agua pluvial que no hayan sufrido daños, o estructuras hidráulicas recientemente construidas tales como pozos hincados. Dondequiera que se encuentren las fuentes de abastecimiento de agua, su calidad deberá evaluarse cuidadosamente para eliminar riesgos de infección y envenenamiento transmitidos por el recurso hídrico.
- 3) No se deberá permitir que los abastecimientos disponibles de agua se vuelvan una fuente infecciosa. Cuando se sospeche de la contaminación del agua por desechos humanos o químicos, su uso deberá descartarse. Las fuentes de agua que se encuentren en las inmediaciones de salida de desagües, plantas químicas, campos de eliminación de desechos sólidos, minas abandonadas y otros lugares peligrosos deberán tenerse por sospechosas.

- 4) El agua distribuida entre la población afectada por el desastre debe mantenerse segura hasta ser consumida. Su pureza deberá garantizarse desinfectando el agua en los puntos de distribución, particularmente el agua proveniente de fuentes superficiales y estructuras inundadas (pozos, reservorios y arcas de agua pluvial). No es necesaria la desinfección sistemática de todos los abastecimientos ni de aquellos que no han sido afectados. Las medidas propias de una educación sanitaria adecuada deberán bastar para reducir el riesgo de usar fuentes de agua peligrosas para el consumo humano.
- 5) Debe considerarse la cantidad de agua desperdiciada debido a daños y rupturas de redes de distribución, tanques de almacenamiento, instalaciones defectuosas y necesidad de combatir incendios en forma muy especial luego de sismos.
- 6) Para garantizar la pureza del agua potable, se necesitará hacer lo siguiente:
 - Aumentar la concentración de cloro residual en la red de distribución de agua. Esto ayudará a reducir los riesgos de contaminación en la red por infiltración de agua contaminada. Igualmente, ello contribuirá a reducir riesgos con el agua que es captada y almacenada en forma no higiénica.
 - Para la desinfección de tuberías, se sugiere realizarla con una solución de 50 mg/L de cloro por 24 horas de contacto ó 100 mg/L por una hora de contacto.²

En la tabla que se presenta a continuación se presentan algunos límites recomendados sobre la calidad del agua distribuida a la población durante situaciones de emergencia, por distintas instituciones de cooperación internacional.

- Aumentar la presión de agua para mantener la contaminación fuera del sistema de distribución y para compensar la pérdida de presión debido a brechas en la tubería principal, sobre todo si se sospecha de la posibilidad de contaminación de las redes de agua con redes cloacales o de otro origen.

² OPS/OMS. "Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales", 1982.

Cuadro 4-2. Límites de calidad de agua recomendados para situaciones de emergencia

			
Cloro residual	05-1,0 mg/L	0,2 mg/L	0,2-0,5 mg/L
Bacteriológico Coliformes fecales	-	0-10 coli. Fecal/100 mL	< 10 coli. fecal/100 mL
Turbiedad	5 UNT	-	< 5 UNT
Sólidos en disolución (TSD)	600-1.200 mg/L	-	< 1.000 mg/L

Fuentes: OPS/OMS, “Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales”, 1982; Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Refugiados, *Manual para situaciones de emergencia*, 1988; El Proyecto de la Esfera, “Carta Humanitaria y normas mínimas de respuesta humanitaria en casos de desastres”, 2000 (www.sphereproject.org).

- Asegurarse de que los tanques utilizados para transportar y almacenar agua potable estén libres de contaminación y protegidos contra ella. Los tanques que deberán usarse son aquellos disponibles localmente, de compañías comercializadoras de agua, granjas lecheras, fábricas de cerveza o establecimientos similares, que hayan sido lavados y desinfectados antes de ponerlos en uso. Como regla general, se evitará la adaptación de camiones tanque o de contenedores de gasolina, productos químicos o aguas cloacales como un medio de transportar o almacenar agua potable.
- Por lo general, las plantas móviles de purificación de agua son útiles en situaciones de emergencia creadas por desastres naturales. Sin embargo, en la mayoría de los casos, no son de carácter esencial, pues solo tienen capacidad para producir cantidades limitadas de agua potable y requieren personal adiestrado para operarlas.
- En el caso de que se disponga localmente de unidades móviles de purificación de agua, deberá dárseles buen uso donde sean necesarias (hospitales, centros de salud, albergues), aunque se les debiera asignar una prioridad baja al momento de pedir ayuda. Estas son unidades costosas y cuyos be-

neficios son relativamente bajos. Además, ocupan valioso espacio de embarque que debiera servir para otros artículos prioritarios.

- Desinfectar grandes volúmenes de agua que será acarreada a campamentos o a otros usuarios en el área afectada. La desinfección puede hacerse con un compuesto de cloro (hipoclorito de calcio o sodio) según las dosis y periodos de contacto recomendados.
- Cuando se sabe que el agua consumida por la población afectada no está siendo clorada, se tendrán que dar los pasos que aseguren la desinfección de pequeñas cantidades de agua. Se deberá considerar el factor de ebullición o desinfección (en forma de tabletas, polvos o solución).

Se podrán encontrar métodos de desinfección de emergencia para cantidades pequeñas de agua, según lo sugiere la Organización Panamericana de la Salud.

- La experiencia ha demostrado que debe tenerse gran cuidado de no clorar excesivamente el agua potable, manteniendo un cloro libre residual de 0,5-1,0 mg/L.
- Para eliminar concentraciones excesivas de cloro en el agua desinfectada, se recomienda utilizar 0,88 gramos de tiosulfato sódico cada 1.000 mg de cloro.
- El control de la calidad del agua deberá iniciarse o restablecerse inmediatamente. En la fase de emergencia, el control podrá limitarse a determinar diariamente el cloro libre residual en los abastecimientos públicos de agua. Tan pronto como sea posible, el agua deberá ser sometida a las pruebas normales de:
 - calidad bacteriológica, conteo total de NMP;
 - concentración de nitratos y amoníaco;
 - *Escherichia coli*.

Las altas concentraciones de nitratos se consideran extremadamente peligrosas y en especial el amoníaco.

La reparación y el restablecimiento del suministro público de agua en su totalidad deberán emprenderse de inmediato, e iniciarse con el aislamiento de elementos afectados, la reparación de tuberías, reservorios, pozos, y especialmente las unidades de tratamiento de agua, dando énfasis a la ejecución de obras de rehabilitación para evitar que los componentes del sistema se dañen nuevamente frente a fenómenos similares.

REFERENCIAS

- (1) ACNUR. *Manual para situaciones de emergencia*. 1988.
- (2) American Water Works Association. *Emergency planning for water utility management*. AWWA, 1973, pub. M-19.
- (3) American Water Works Association. *Hazardous materials spills. Emergency handbook*. AWWA, 1975.
- (4) Anton, W. “La preparación de una empresa de servicio público para un sismo de gran intensidad”. Lima, OPS/CEPIS (traducción).
- (5) ASSAR, M. *Guía de saneamiento en desastres naturales*. Ginebra, OMS, 1971.
- (6) El Proyecto de la Esfera, “Carta Humanitaria y normas mínimas de respuesta humanitaria en casos de desastres”, 2000.
- (7) Kutchins, K. “El planeamiento anticipado para hacer frente a emergencias”. Lima, OPS/CEPIS (traducción).
- (8) OFDA/USAID. *Field operations guide for disaster assessment and response*.
- (9) OMS. *Environmental health in emergencies and disasters*. Versión preliminar, 2002.
- (10) OPS/OMS. *Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales*. 1982
- (11) Pierre, R. “Administración de actividades sanitarias ambientales de emergencia a raíz de catástrofes naturales”; segundo borrador. OPS, 3 de marzo de 1980.
- (12) OPS/OMS. *Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz*.

Anexo A***Normas para el uso de desinfectantes en situaciones de emergencia**

La provisión de tabletas, polvos o líquidos desinfectantes a usuarios individuales solo deberá considerarse cuando pueda hacerse unida a las siguientes acciones:

- Una fuerte campaña educativa sanitaria que instruya a la población sobre el uso de estos productos.
- Una actividad paralela de distribución de envases para almacenar agua.
- La asistencia del sector de salud pública o personal auxiliar que pueda realizar la campaña educativa necesaria para asegurar el uso apropiado y continuo de estos productos.
- Una red de distribución que pueda garantizar suministros adicionales, según sean necesarios, a través de la fase de emergencia y en la etapa inicial de la rehabilitación.

De preferencia se proporcionarán aquellos productos de desinfección que sean familiares para las comunidades afectadas.

En general, el uso de estos desinfectantes en una situación de emergencia deberá considerarse para pequeñas cantidades de agua potable por parte de grupos limitados y controlados de la población en forma individual por un período limitado. Se deberá dedicar todo el esfuerzo posible para restablecer las instalaciones normales de cloración o para asegurar la protección de la fuente de agua por medio de medidas físicas; es decir, la defensa de pozos y cisternas individuales, la operación continua de cloradores, etcétera.

MÉTODOS DISPONIBLES

Cuando se considere la desinfección de emergencia en las circunstancias anteriormente expuestas, se tendrá que prestar especial atención a la condición

* Adaptado de "The Pan American Health Organization Interoffice Memorandum: Provisional Guidelines on the Use of Water Disinfection Tablets Following Natural Disasters", noviembre de 1979.

inicial del agua. La turbiedad y el color deberán reducirse tanto como sea posible, permitiendo la sedimentación o efectuando colados a través de capas de paño. Una vez desinfectada, el agua deberá almacenarse en contenedores transparentes, cubiertos y anticorrosivos.

Antes de que cualquier forma de desinfectante sea distribuida para el tratamiento de emergencia por usuarios individuales, *el personal idóneo debe estar seguro de que las fuentes disponibles de agua que serán usadas no están cloradas*. Se sugiere efectuar la determinación de cloro residual antes de distribuir cualquier desinfectante a usuarios individuales.

Los agentes más comunes que pueden utilizarse para desinfectar pequeñas cantidades de agua potable bajo condiciones de emergencia son:

- cloro;
- yodo;
- permanganato de potasio.

1. Compuestos de cloro

a) Hipoclorito de sodio

El blanqueador doméstico común contiene un compuesto de cloro que puede usarse para desinfectar el agua en situaciones de emergencia. Para usarlo, determinar el contenido del blanqueador (usualmente entre 3% y 10%) y aplicar el cuadro siguiente.

Cuadro A.1. Uso de blanqueador doméstico como desinfectante

Cloro aprovechable ^a (%)	Gotas/L de agua cristalina ^b
1	10
4 – 6	2
7 – 10	1

^a Si se desconoce la potencia, usar 10 gotas.

^b Duplicar la cantidad para agua turbia o de color intenso.

El agua tratada deberá mezclarse y dejarse en reposo 30 minutos. Deberá tener un ligero olor a cloro. Si no fuera así, repetir la dosificación y dejar reposar 15 minutos.

b) *Hipoclorito de calcio*

Este polvo seco, llamado también HTH o Perclorón, contiene de 60% a 70% de cloro aprovechable. Se mantiene bastante estable cuando es almacenado en su envase completamente sellado en un lugar oscuro, seco y fresco.

Se tendrá especial cuidado de no contaminarlo con aceites o sustancias orgánicas combustibles, pues se pueden originar incendios y/o explosiones. Una vez que el envase ha sido abierto, este producto pierde 5% del cloro disponible inicial en 40 días.

Para usar el producto, añadir y disolver una cucharadita colmada de HTH (alrededor de 1/4 de onza ó 7 gramos) por cada dos galones (8 litros) de agua. Esto producirá una solución madre de 500 mg/L. Añadir la solución madre al agua que será desinfectada: una parte de solución/100 partes de agua. Dejar reposar por espacio de 30 minutos. Si el sabor a cloro es muy fuerte, airear permitiendo que repose unas cuantas horas o verter el contenido de un envase limpio a otro varias veces. La solución madre deberá usarse en el plazo de dos semanas después de su preparación.

c) *Tabletas*

El compuesto más comúnmente usado es conocido como tableta de Halazona. Usualmente, las instrucciones para usarlo vienen impresas en el envase. Si no fuera así, usar una tableta (4 mg) por cada litro (un cuarto de galón, aproximadamente) de agua. Agitar y dejar reposar durante 10 minutos antes de consumir. Duplicar la dosis para agua turbia o de color intenso.

Una vez que el sello de cera del envase haya sido retirado, las tabletas perderán su grado de potencia rápidamente. En consecuencia, las tabletas tendrán que usarse tan pronto como sea posible. El envase deberá mantenerse tapado mientras no se use el producto.

Existe Halazona con mayor grado de potencia (160 mg) en tabletas de mayor tamaño. Estas tabletas pueden usarse para desinfectar 40 litros de agua cristalina ó 20 litros de agua turbia o de color intenso.

Se tendrá cuidado de evitar usar tabletas de Halazona de 160 mg en la misma proporción tableta/agua que con la Halazona de 4 mg. El personal de distri-

bución deberá ser alertado acerca de la diferencia para que, a su vez, pueda comunicar esta información a los usuarios.

2. Yodo

Las formas de yodo en tabletas más convenientes y confiables son aquellas que contienen aproximadamente 20 mg de tetraglicinato de hidroperiodina, 90 mg de pirofosfato disódico y 5 mg de talco. Estas tabletas se disolverán en menos de un minuto a unos 20 °C, liberando 8 mg de yodo elemental por tableta. Esta cantidad será adecuada para tratar un litro de la mayoría de aguas naturales en el transcurso de 10 minutos.

La tintura de yodo doméstica común de un botiquín casero o de primeros auxilios (2% de tintura de yodo) puede usarse para desinfectar agua. Cinco gotas de tintura de yodo bastarán para desinfectar un litro de agua cristalina (para aguas turbias, añadir 10 gotas). Deje reposar el agua cuando menos 30 minutos.

3. Permanganato de potasio (KMnO₄)

Este producto químico es poco usado debido a su prolongado periodo de contacto. Por lo general, se utiliza como desinfectante para grandes cantidades de agua en pozos, manantiales o tanques de almacenamiento.

Para usar este producto químico, preparar una solución disolviendo 40 mg de KMnO₄ en un litro de agua tibia. Esto desinfectará aproximadamente 1 m³ de agua después de un periodo de contacto de 24 horas. El permanganato de potasio es de dudosa eficacia contra organismos patógenos, con la posible excepción del *Vibrio cholerae*.

ANEXO B

Métodos de tratamiento y remoción de sustancias químicas

Los métodos y procedimientos para la remoción de sustancias químicas originadas por derrame, detallados a continuación, constituyen solo una guía y orientación general.

a) *Aeración (AE)*

Muchas sustancias químicas se caracterizan por requerir una alta demanda química o bioquímica de oxígeno y pueden reducirse por medio de aeración o por cualquier otro método de abastecimiento de oxígeno.

b) *Arcillas iónicas (AI)*

Para lograr una alta remoción de sustancias químicas, se usan con éxito arcillas iónicas, las cuales flocculan fácilmente con la presencia de partículas de carga opuesta (cationes), especialmente si son iones polivalentes. El proceso está limitado por muchas variables:

- concentración de la sustancia química (bajas suspensiones o diluciones son muy fácilmente removidas);
- necesidad de utilizar coagulantes adicionales, especialmente sulfato de aluminio;
- presencia de alta turbiedad y/o materia en estado coloidal, que obstaculiza el proceso y causa dispersión en lugar de coagulación.

c) *Biodegradación acelerada (BDA)*

La mayoría de las sustancias químicas pueden ser totalmente removidas con el proceso de biodegradación acelerada, el cual debe ser utilizado solo como última alternativa de tratamiento.

d) *Carbón activado (CA)*

Este procedimiento es el más usual para remover sustancias químicas no iónicas, tales como la mayoría de los compuestos orgánicos y pesticidas.

Los métodos de aplicación son extremadamente variables, dependiendo principalmente de las condiciones de presentación de las sustancias químicas.

e) *Flotación (FL)*

Es uno de los métodos físicos más usuales para remover sustancias químicas peligrosas de baja densidad. Se utiliza generalmente una gran variedad de materiales insolubles de muy baja densidad para ayudar al proceso de flotación.

f) *Incineración (IC)*

Es un proceso adecuado para eliminar material combustible, especialmente en áreas abiertas.

g) *Intercambio iónico (IO)*

Se puede lograr una buena remoción de materias iónicas utilizando resinas poliméricas de origen orgánico o inorgánico en intercambiadores iónicos.

h) *Neutralización-precipitación (NP)*

Este proceso permite la normalización del pH y la conversión de compuestos iónicos o tóxicos en especies menos peligrosas, mediante la adición de reactivos químicos para oxidar, reducir o producir alteración fisicoquímica de los productos originales.

i) *Materiales oleofílicos (MO)*

El uso de materiales altamente absorbentes, tales como paja, perlita, talco, materiales poliméricos y espumantes rígidos constituye un procedimiento muy efectivo de remoción de materiales oleaginosos.

j) *Succión al vacío (SV)*

Es quizás el procedimiento más efectivo para la remoción de sustancias densas y/o insolubles. Antes del uso de este procedimiento, debe determinarse si los efectos producidos por las sustancias contaminantes son peores que los del procedimiento utilizado.

A continuación se brinda un listado de sustancias químicas y se detallan los métodos adecuados de remoción. Los procedimientos recomendados en la primera alternativa son apropiados para tratar materiales no diluidos o altamente concentrados; la segunda alternativa debe utilizarse cuando el material está diluido o disuelto; y la última alternativa en casos extremos.

Cuadro B-1. Materiales nocivos o peligrosos en el agua para uso humano y métodos de remoción y tratamiento

Sustancias	Métodos de remoción		
	1. ^a alternativa	2. ^a alternativa	3. ^a alternativa
Acetaldehído	CA		IC
Acetaldehído	CA		IC
Acetamidas	CA-IO	AE	
Acetanilida	SV	CA	
Acetato butílico	FL/MO	CA	
Acetato de amilo	FL/MO	CA	IC
Acetato de amonio	IO		AI
Acetato de metilo	CA	AE	IC
Acetato de plomo	NP/IO		
Acetato de talio	IO		
Acetato de vinilo	FL/MO	CA	
Acetileno	CA		
Ácido acético	NP/IO	AE	
Ácido acrílico	NP/IO		CA
Ácido benzoico	SV	IO	
Acido bórico	IO/NP		
Ácido cianhídrico	NP/IO		
Acido ciano-acético	NP		
Acido cítrico	NP/IO	AE	
Ácido clorhídrico	NP		
Ácido cloro-acético	NP		
Ácido cloro-platínico	IO/NP		

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1.ª alternativa	2.ª alternativa	3.ª alternativa
Ácido cloro-sulfónico	NP		
Ácido fluorhídrico	NP/IO		
Acido fosfórico	NP		
Acido fumárico	SV	CA/IO	
Acido glucónico	CA/IO		AE
Ácido hipocloroso	NP		
Ácido láctico	CA/IO		
Acido naptálico	SV	CA/IO	
Acido nítrico	NP		
Ácido oleico	FL/MO	N-P	
Acido oxálico	FL/MO		
Ácido propanoico	NP/IO	CA/AE	
Ácido salicílico	NP	CA	
Ácido tánico	NP/IO		
Acrilato butílico	FL/MO	CA	
Acrilato etílico	FL/MO	CA	
Alcohol butílico	AE		
Alcohol etílico	AE		IC
Alcohol furfurílico	NP		AE
Amoniaco	IO		AI
Anilinas	CA		BDA
Arsenato de plomo	SV	NP/IO	
Arsenato de sodio	NP/IO		

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1.ª alternativa	2.ª alternativa	3.ª alternativa
Bencilamina	CA		IO
Bencina	FL/MO	CA	
Bicromato de amonio	IO		AI
Bi-fenilos policlorados	SV	CA	
Binitro-benceno	SV	CA	
Binitro-fenol	SV	CA	
Bisulfato de metilo	SV	CA	
Bisulfito de carbono	SV	CA	IC
Bisulfito de sodio	NP/IO	AE	
Boro	NP/IO		
Bromo	SV	NP/CA	
Butilamina	CA		
Carbonato de amonio	IO		AI
Cianato de calcio	NP	IO	
Cianato de sodio	NP/IO		
Cianuro	CA		NP
Cianuro de bario	SV	NP/IO	
Cianuro de bromo	NP	CA	
Cianuro de cloro	NP	CA	
Cianuro de potasio	NP/IO		
Cianuro férrico de amonio	IO		AI
Cianuro ferroso de amonio	IO		AI
Ciclohexano	FL/MO	CA	IC

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1. ^a alternativa	2. ^a alternativa	3. ^a alternativa
Cloraminas	IO		CA
Clorhidrato de quinacrina	SV	NP	CA
Cloro	NP		CA
Clorobenceno	SV	CA	
Cloroformo	SV	CA	
Cloruro de amonio	IO		AI
Cloruro de amonio y níquel	NP/IO		
Cloruro de bario	SV	NP/IO	
Cloruro de benzoilo	SV	IO	NP
Cloruro de berilo	IO/NP		
Cloruro de cadmio	NP	IO	
Cloruro de cobalto	NP/IO		
Cloruro de litio	NP/IO		
Cloruro de plomo	SV	NP/IO	
Cloruro de titanio	IO/NP		
Cloruro de vinilo	CA		
Cloruro de zinc	NP/IO		
Cloruro estañoso	IO/NP		
Cloruro férrico	IO/NP		
Cloruro sulfuroso	NP		
Cresol	SV	CA	
Cromato de amonio	IO		
Cromato de potasio	NP/IO		

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1.ª alternativa	2.ª alternativa	3.ª alternativa
Cromato de sodio	NP/IO		
Diacetato glicol-etileno	CA	AE	
Diamilamina	FL/MO	CA	
Diaminoetano	FL/MO	CA	IO
Diclorobenceno	SV	CA	
Dicloroetano	SV	CA	
Diclorofenol	SV	CA	
Diclorometano	SV	CA	
Dicloropropano	SV	CA	
Dicromato de potasio	NP/IO		
Dicromato de sodio	NP/IO		
Dietonolamina	CA		IO
Disopropanolamina	IO		CA
Estearato de sodio	CA		NP
Etanolamina	IO		CA
Etilamina	IO		CA
Etil-benceno	FL/MO		
Etilenglicol	AE		IC
Etileno	CA		IC
Fenobarbital	SV	CA	AE
Ferrocianuro de sodio	NP/IO		
Flúor	NP		
Flúor-silicato de sodio	SV/IO		

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1.ª alternativa	2.ª alternativa	3.ª alternativa
Fluoruro de aluminio	NP/IO		
Fluoruro de sodio	NP		
Formaldehído	NP		AE
Fosfato de amonio	IO/NP		AI
Fosfato de calcio	NP		
Fosfato de sodio	NP		
Fósforo	NP		
Furfural	SV	CA	AE
Glicerol	CA		
Glucosa	AE		
Heptanol	FE	CA	IC
Hexanol	FE	CA	IC
Hidracina	AE		
Hidróxido de bario	SV	NP/IO	
Hidróxido de potasio	NP/IO		
Hidróxido de sodio	NP		
Hidróxido férrico	IO/NP		
Hidróxido ferroso	IO/NP		
Hidroxilamina	IO/CA		AE
Hipoclorito de calcio	NP		
Indol	SV	CA	
Isopreno	FL/MO	CA	
Lodos digeridos (aguas servidas)	SV		NP

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1. ^a alternativa	2. ^a alternativa	3. ^a alternativa
Lodos no digeridos (aguas servidas)	SV		NP
Maltosa	AE		
Melazas	AC	CA	
Mercaptano butílico	FL	CA	
Mercurio	NP/IO		
Metanol	AE		IC
Metilamina	CA/IO	AE	
Monóxido de carbono	NP		CA
Mostaza en gas	SV	CA	
Naptilamina	SV	CA/IO	IC
Naptol	SV	CA/IO	
Nitrato de amonio	IO		AI
Nitrato de amonio y níquel	NP/IO		
Nitrato de bario	SV	NP/IO	
Nitrato de berilo	IO/NP		
Nitrato de cadmio	NP	IO	
Nitrato de cobalto	NP/IO		
Nitrato de cobre	IO/NP		
Nitrato de estroncio	IO/NP		
Nitrato de plata	NP/IO		
Nitrato de plomo	NP/IO		
Nitrato de titanio	IO/NP		
Nitrato de zinc	NP/IO		

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1.ª alternativa	2.ª alternativa	3.ª alternativa
Nitrito de sodio	IO		NP
Nitrobenceno	SV	CA	
Nitro-clorobenceno	SV	CA	
Nitro-cresol	SV	CA	
Nitro-fenol	SV	CA	
Nitro-propano	FL/MO	CA	SV
Nitro-xileno	SV	CA	
Oleato de sodio	CA		NP
Oxicloruro de fósforo	NP		
Óxido propileno	CA		IC
Óxido tálico	VS	IO	
Palmitato de sodio	CA		NP
Pentano	FL/MO	CA	IC
Pentanol	FL/MO	CA	
Pentasulfato de fósforo	NP	AE	
Perclorato de amonio	IO		AI
Permanganato de potasio	NP/IO		
Peroxidisulfato de amonio	IO/NP		AI
Peróxido de hidrógeno	NP		
Picrato de amonio	SV	IO/CA	AI
Piridina	CA/IO		
Pirogalol	CA		
Propanol	FL/MO	CA	AE

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1.ª alternativa	2.ª alternativa	3.ª alternativa
Propanolamina	IO/CA		
Propilamina	IO/CA		
Quinina	SV	CA	
Quinolina	SV	CA	FL
Residuos y lodos químicos	Todos los métodos según el contenido		
Resorcinol	CA		
Selenio	SV	NP/IO	
Selenito de sodio	IO/NP		
Silicato de sodio	NP		
Sodio	NP		
Sulfato de aluminio	NP/IO		
Sulfato de amonio	IO/NP		AI
Sulfato de amonio y níquel	NP/IO		
Sulfato de berilo	IO/NP		
Sulfato de cadmio	NP	IO	
Sulfato de cobalto	NP/IO		
Sulfato de cobre	IO/NP		
Sulfato de plomo	SV	NP/IO	
Sulfato de titanio	IO/NP		
Sulfato de zinc	NP/IO		
Sulfato de zirconio	NP/IO		
Sulfato férrico	IO/NP		
Sulfato ferroso	IO/NP		

continúa

continuación

Sustancias	Métodos de remoción		
	1.ª alternativa	2.ª alternativa	3.ª alternativa
Sulfito de amonio	IO		AI
Sulfito de sodio	NP	AE	
Sulfito ferroso	IO/NP		
Sulfonato de sodio	CA/IO		
Superfosfato	NP/IO		
Tetracloruro de carbono	SV	CA	
Tetra-etilo de plomo	SV	CA	
Tetra-metilo de plomo	SV	CA	
Tiocianato de amonio	IO		AI
Tolueno	FL/MO	CA	
Triclorofenol	SV	CA	
Tricloruro de antimonio	NP/IO		
Tricloruro de fósforo	NP		
Trifluoruro de antimonio	NP/IO		
Tri-metilamina	IO/CA		
Trióxido de antimonio	SV	NP/IO	
Tritanolamina	IO		
Tungstanato de sodio	IO		
Xileno	FL/MO	CA	
Xilenol	FL/MO	CA	SV

