

OPS/CEPIS/PUB/05.113

Original: español

Tratamiento de agua para consumo humano

Plantas de filtración rápida

Manual IV: Operación, mantenimiento y control de calidad



**Organización
Panamericana
de la Salud**

Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud
**ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y
SALUD AMBIENTAL**



**Centro Panamericano de
Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente
CEPIS/OPS**

Lima, 2005

© Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) se reserva todos los derechos. El contenido de este documento puede ser reseñado, reproducido o traducido, total o parcialmente, sin autorización previa, a condición de que se especifique la fuente y de que no se use para fines comerciales.

El CEPIS/OPS es una agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).

Los Pinos 259, Urb. Camacho, Lima, Perú
Casilla de correo 4337, Lima 100, Perú
Teléfono: (511) 437 1077
Fax: (511) 437 8289
cepis@cepis.ops-oms.org
<http://www.cepis.ops-oms.org>

INTRODUCCIÓN

En este manual tratamos sobre la forma correcta de operación de los diferentes tipos de plantas:

- a) *Convencionales clásicas*: generalmente de funcionamiento hidráulico y mecánico.
- b) *Convencionales de tecnología apropiada*: de funcionamiento totalmente hidráulico.
- c) *Plantas de tecnología importada*: plantas de patente, plantas compactas, etcétera.

Si bien el principio de funcionamiento de los procesos es el mismo en todas ellas, dependiendo de las características de las unidades varían el comportamiento y la forma de operación. Es conocido que el mejor proyecto puede fracasar si la forma de operar la planta es incorrecta. Por eso es de primordial importancia establecer adecuadamente desde un inicio los procedimientos de operación del sistema.

La evaluación es un instrumento importantísimo en la operación (ver *Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada*), por lo que para establecer la forma correcta de operación de un sistema, se debe comenzar por evaluarlo, por identificar sus parámetros operacionales y ajustarlos a la calidad del agua e identificar defectos de diseño que estén creando problemas hidráulicos importantes para obtener la eficiencia deseada. En estos casos será necesario efectuar modificaciones para subsanar los problemas antes de establecer los procedimientos de operación correspondientes. En condiciones normales, la planta debe evaluarse apenas se ponga en marcha, para evitar que la operación se inicie con problemas.

En cada capítulo se tratarán los procedimientos específicos de operación para las unidades de tratamiento características de cada tipo de planta. Las unidades previas al ingreso a la planta, como los desarenadores y presedimentadores, solo se trataran en el primer capítulo.

RECONOCIMIENTO

Este manual ha sido elaborado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS), de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), y actualiza los textos publicados en 1993 con los títulos *Manual VI: Operación*, *Manual VII: Mantenimiento* y *Manual IX: Control de calidad*.

La preparación y actualización de este manual ha estado a cargo de la Ing. Lidia Canepa de Vargas, asesora en Tratamiento de Agua para Consumo Humano, bajo la dirección del Dr. Mauricio Pardón, director del Centro.

Se agradece la contribución del Ing. Víctor Maldonado Yactayo y del Ing. Claudio Osorio Urzúa en la revisión de las unidades. Asimismo, la colaboración del editor del CEPIS/OPS, Lic. Luis Andrade Ciudad, y de las Sras. Inés Barbieri e Irma Sánchez, del cuerpo de secretarías del Centro, quienes colaboraron en el procesamiento del texto.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	i
RECONOCIMIENTO	iii
 CAPÍTULO 1. CRITERIOS GENERALES DE OPERACIÓN	 1
1. Introducción	3
2. Operación de puesta en marcha	3
2.1 Inspección preliminar	3
2.2 Operaciones iniciales	4
2.3 Llenado de la planta	4
3. Operación normal	5
4. Operación especial o eventual	6
4.1 Parada o suspensión de la operación de la planta	6
4.2 Limpieza de un decantador o floculador	7
4.3 Lavado de canales y tanque de distribución	9
5. Operación de emergencia	10
5.1 Falla de energía de larga duración	10
5.2 Fallas en estructuras y equipos esenciales	11
5.3 Terremotos	11
5.4 Incendios	11
5.5 Inundaciones	12
5.6 Cambios bruscos de calidad del agua cruda	12
5.7 Escapes de cloro o de químicos peligrosos	12
6. Manual de operación y mantenimiento	13
6.1 Generalidades	13
6.2 Características del manual	13
6.2.1 Calibración de equipos	13
6.2.2 Redacción del manual	13
6.3 Contenido	14
 CAPÍTULO 2. OPERACIÓN DE PLANTAS CONVENCIONALES Y DE TECNOLOGÍA APROPIADA	 15
1. Introducción	17
2. Unidades de pretratamiento	17

	Página
2.1 Desarenadores	17
2.2 Presedimentadores	20
3. Unidades de tratamiento	21
3.1 Medidores de caudal	21
3.1.1 Tipos de medidores	21
3.1.2 Calibración de medidores de caudal	22
3.2 Coagulación	25
3.2.1 Sustancias químicas	25
3.2.2 Manejo de sustancias químicas	26
3.2.3 Dosificación	29
3.3 Mezcladores	44
3.3.1 Tipos de mezcladores	45
3.3.2 Parámetros de operación	45
3.3.3 Operación de los mezcladores	45
3.4 Floculadores	50
3.4.1 Parámetros de operación	50
3.4.2 Tipos de floculadores	50
3.5 Decantadores	55
3.5.1 Parámetros operacionales	55
3.5.2 Tipos de unidades	57
3.5.3 Operación de decantadores	58
3.5.4 Dispositivos de barrido de lodos	64
3.5.5 Dispositivos para la extracción de lodos	66
3.6 Filtros	68
3.6.1 Tipos de unidades de filtración rápida	68
3.6.2 Operación de unidades de filtración rápida	68
3.7 Desinfección	90
3.7.1 Parámetros de operación	90
3.7.2 Propiedades del cloro	91
3.7.3 Cloración	93
3.7.4 Operación normal de cloradores	97
3.7.5 Clorador de solución al vacío	100
Referencias	106
Bibliografía general	106

CAPÍTULO 3. OPERACIÓN DE PLANTAS DE TECNOLOGÍA IMPORTADA

109

1. Introducción	111
1.1 Objetivo	111

	Página
1.2 Justificación	111
2. Descripción de los procesos de tratamiento de agua en plantas patentadas	111
2.1 Decantadores de manto de lodos	112
2.2 Filtros	113
2.3 Desinfección	113
3. Operación	114
3.1 Captación	114
3.1.1 Operación del sistema de rejas	114
3.2 Desarenador. Precloración	116
3.2.1 Operación del desarenador	116
3.3 Sustancias químicas. Equipos dosificadores y unidades de mezcla rápida	118
3.3.1 Operación de los equipos dosificadores de sustancias químicas	118
3.4 Operación de las unidades de mezcla rápida	122
3.4.1 Operación de las unidades de mezcla rápida hidráulicas ..	123
3.5 Decantadores de manto de lodos	124
3.5.1 Decantadores de manto de lodos pulsantes	124
3.5.2 Decantadores de separación dinámica	131
3.5.3 Decantadores de agitación simple	135
3.6 Unidad de filtración	137
3.6.1 Operación de filtración	144
3.6.2 Operación de lavado	145
Referencias	148
CAPÍTULO 4. OPERACIÓN EN SITUACIONES DE EMERGENCIA	149
1. Introducción	151
2. Los desastres y sus efectos en el tratamiento de agua	151
3. Medidas previas al desastre	155
3.1 Identificar amenazas presentes en la zona	156
3.2 Plan de operación de emergencia de plantas de tratamiento y sistemas de abastecimiento de agua	156
3.3 Educación e información del personal y público en general	157
3.4 Medidas de prevención y mitigación	158
3.4.1 Contaminación de los abastecimientos de agua	159
3.4.2 Daño estructural en obras de ingeniería	160
3.4.3 Fallas en el transporte	162
3.4.4 Paralizaciones del suministro de energía	163

	Página
4. Tratamiento y abastecimiento de agua después de desastres	164
4.1 Periodo de alerta	165
4.2 Periodo de respuesta	165
4.3 Periodo de rehabilitación y reconstrucción	165
Referencias	172
Anexo A: Normas para el uso de desinfectantes en situaciones de emergencia	173
Anexo B: Métodos de tratamiento y remoción de sustancias químicas	177
CAPÍTULO 5. MANTENIMIENTO	191
1. Introducción	193
2. Mantenimiento, generalidades y definiciones	193
2.1 Objetivo básico	194
2.2 Definiciones generales	194
2.2.1 Mantenimiento preventivo	194
2.2.2 Mantenimiento correctivo	194
2.3 Definición de términos	195
2.4 Estrategias	196
2.4.1 Mantenimiento programado	196
2.4.2 Mantenimiento predictivo	196
2.4.3 Operar hasta la falla	196
2.4.4 Mantenimiento de oportunidad	196
2.4.5 Rediseño por obsolescencia	197
2.5 Técnicas de monitoreo de condiciones	197
2.5.1 Los sentidos humanos	197
2.5.2 Técnicas ópticas	197
2.5.3 Técnicas térmicas	198
2.6 Técnicas de vibraciones	199
2.6.1 Medición global	200
2.6.2 Detección de fallas en rodamientos	200
2.6.3 Análisis de espectro	201
2.6.4 Monitoreo de corriente	202
2.6.5 Monitoreo de lubricantes	202
2.6.6 Monitoreo de la corrosión	202
2.7 El plan o programa	202
2.8 Planificación	206
3. Departamento de mantenimiento de la empresa de agua	207
4. Programa de mantenimiento	211
4.1 Confección de historiales	211
4.1.1 Inventario técnico	211
4.1.2 Normas de mantenimiento	216

	Página
4.1.3 Análisis de tendencias	217
4.2 Diseño	218
4.3 Puesta en marcha	218
4.4 Supervisión	218
4.5 Evaluación	219
5. Ejemplo de selección de la estrategia	219
Bibliografía general	223
Anexo A: Instrumentación de plantas de tratamiento de aguas	224
Anexo B: Instrumentos de control	245
CAPÍTULO 6. CONTROL DE CALIDAD	247
1. Introducción	249
2. Control de procesos	250
2.1 Generalidades	250
2.1.1 Descripción de pruebas típicas de control de procesos ...	251
2.1.2 Turbiedad	252
2.1.3 Color	252
2.1.4 Alcalinidad	253
2.1.5 Temperatura	253
2.1.6 pH	254
2.2 Puntos de recolección de muestras	254
2.3 Tratamiento de datos	255
3. Control de calidad	255
3.1 Introducción	255
3.2 Puntos de recolección de muestras	257
3.2.1 Control de calidad físicoquímica	257
3.2.2 Control de calidad bacteriológica	258
3.3 Tratamiento de los datos	260
3.4 Normas	268
4. Vigilancia de la calidad del agua	269
Referencias	271
Bibliografía general	271
Anexo A: Equipo básico de laboratorio para efectuar control de procesos en una planta de potabilización	272
Anexo B: Cuadros de control de procesos en plantas de tratamiento	275
Anexo C: Ejemplos de exámenes de control de calidad	279

