

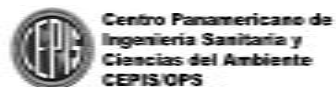
OPS/CEPIS/PUB/04.111

Original: español

Tratamiento de agua para consumo humano

Plantas de filtración rápida

Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada



Lima, 2006

© Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004

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 *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada* se han plasmado los avances y la experiencia acumulada en este terreno por el CEPIS/OPS durante los últimos 12 años, posteriores a la publicación de *Manual V: Diseño*, la versión anterior de este documento.

La delicada situación económica de los países y de las empresas de agua en América Latina y el Caribe ha favorecido una mayor acogida de esta tecnología, por su bajo costo inicial, su menor costo de producción y su comprobada eficiencia en relación con los demás tipos de sistemas.

Sin embargo, en la práctica, se están observando dificultades en la aplicación de esta tecnología. A través de múltiples evaluaciones, hemos detectado problemas de diseño que se repiten, por lo que hemos creído conveniente que este manual se circunscriba a proyectos de este tipo.

Se hacía necesario, entonces, detallar al máximo cómo se deben determinar los parámetros de proyecto, dimensionar, compactar y empalmar las diversas unidades, para que el resultado sea óptimo, y señalar qué se debe evitar para que el profesional que recién se inicia en proyectos de plantas de tratamiento no cometa los errores identificados.

Los criterios y procedimientos de diseño de las unidades de mezcla rápida, floculación, decantación, filtración y desinfección —procesos básicos de una planta de filtración rápida— se revisan en los capítulos 1 al 6.

Uno de los mayores problemas que se observan es que los proyectistas no adjuntan al proyecto un instructivo para la puesta en marcha y operación de la planta. Esto trae como consecuencia que el personal de operación, generalmente

sin capacitación previa ni específica, actúe simplemente por intuición, lo que afecta mucho la eficiencia del sistema. El mejor diseño puede fracasar si la operación no se realiza correctamente.

Para contribuir a superar este problema, esta edición incluye un capítulo especial (el 7) sobre este tema. En él se detalla el contenido del instructivo que debe acompañar a cada proyecto de esta naturaleza.

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 el texto publicado en 1992 con el título *Manual V: Diseño*.

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 en la revisión de las unidades. Asimismo, la colaboración del editor del CEPIS/OPS, Lic. Luis Andrade, y de las Sras. Inés Barbieri e Irma Sánchez, del cuerpo de secretarías del Centro, quienes colaboraron en el procesamiento del texto, así como la contribución del Sr. Washington Macutela, responsable de la impresión.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	i
AGRADECIMIENTOS	iii
 CAPÍTULO 1. CASA DE QUÍMICA	 1
1. Almacenamiento de las sustancias químicas	3
1.1 Productos secos	3
1.1.1 Criterios de diseño	3
1.2 Productos en solución	9
1.2.1 Proceso de cálculo	10
2. Dosificación	11
2.1 Tipos de dosificadores	11
2.1.1 Equipos de dosificación en seco	12
2.1.2 Equipos de dosificación en solución	15
2.2 Dimensionamiento de los sistemas de dosificación	19
2.2.1 Sistemas de dosificación en seco	19
2.2.2 Dosificación en solución	23
2.2.3 Saturadores de cal	27
2.3 Recomendaciones para el proyecto	28
3. Defectos de diseño más comunes	32
4. Laboratorio de control de procesos	34
Referencias	36
Bibliografía general	36
Anexo A: Datos sobre las sustancias químicas más empleadas en el tratamiento de agua	 37
 CAPÍTULO 2. MEZCLADORES	 45
1. Introducción	47
2. Parámetros generales de diseño	47
2.1 Unidades hidráulicas	48
2.1.1 Mezcladores de resalto hidráulico	49
2.1.2 Canaleta Parshall	58
2.1.3 Vertedero rectangular	67
2.1.4 Vertedero triangular	68

	Página
2.1.5 Difusores	71
2.1.6 Inyectores	77
2.3 Unidades mecánicas	82
2.3.1 Parámetros de diseño	82
2.3.2 Criterios para el dimensionamiento	82
Referencias	87
CAPÍTULO 3. FLOCULADORES	89
1. Introducción	91
2. Parámetros y recomendaciones generales de diseño	91
3. Unidades de pantallas	92
3.1 Unidades de flujo horizontal	93
3.1.1 Parámetros y recomendaciones de diseño	93
3.1.2 Criterios para el dimensionamiento	96
3.1.3 Aplicación	97
3.1.4 Recomendaciones para el proyecto y problemas de diseño más comunes	101
3.2 Unidades de flujo vertical	103
3.2.1 Parámetros y recomendaciones de diseño	103
3.2.2 Criterios para el dimensionamiento	105
3.2.3 Aplicación	106
3.2.4 Recomendaciones de diseño y defectos más comunes	110
3.2.5 Ventajas y desventajas de las unidades de pantallas	112
4. Floculadores del tipo Alabama o Cox	113
5. Floculadores de medios porosos	115
5.1 Parámetros y recomendaciones de diseño	115
5.2 Criterios de dimensionamiento	116
6. Floculadores de mallas o telas	120
6.1 Parámetros de diseño	120
6.2 Criterios de dimensionamiento	120
6.3 Aplicación y recomendaciones	122
Referencias	126
Anexo A. Viscosidad del agua	129
CAPÍTULO 4. DECANTADORES LAMINARES	133
1. Introducción	135
2. Decantadores de placas	135
2.1 Parámetros y recomendaciones generales de diseño	136
3. Decantadores de flujo ascendente	138

	Página
4. Zona de entrada	139
4.1 Criterios de diseño	139
5. Zona de sedimentación	150
5.1 Criterios específicos	150
5.2 Criterios para el dimensionamiento	153
5.3 Aplicación	154
6. Zona de salida	158
6.1 Criterios generales	158
6.2 Criterios para el dimensionamiento	159
7. Zona de lodos	162
7.1 Tolvas separadas y colector múltiple	164
7.1.1 Criterios de diseño	164
7.1.2 Criterios de dimensionamiento	166
7.1.3 Aplicación	167
7.2 Canal central con sifones y tolvas continuas	169
7.2.1 Criterios de diseño	169
7.2.2 Criterios de dimensionamiento	169
7.2.3 Aplicación	171
7.3 Otros sistemas de descarga de lodos	171
7.3.1 Descarga mecánica automática	171
8. Defectos de diseño más comunes	173
Referencias	178
 CAPÍTULO 5. BATERÍA DE FILTROS DE TASA DECLINANTE Y LAVADO MUTUO	 181
1. Introducción	183
2. Ventajas de las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo	183
3. Descripción de una batería de tasa declinante y lavado mutuo	186
4. Criterios generales de diseño	188
4.1 Geometría de la batería	188
4.1.1 Área de cada filtro y número de filtros	188
4.1.2 Tasas de filtración	189
4.1.3 Drenaje, capa soporte de grava y falso fondo	190
4.1.4 Lecho filtrante	192
4.1.5 Canal de distribución de agua decantada, coagulada o prefloculada	194
4.1.6 Canal de aislamiento	195
4.1.7 Canal de interconexión	195
4.1.8 Válvula de entrada de agua decantada	195
4.1.9 Válvula de salida de agua de retrolavado	196

	Página
4.1.10 Válvula de desagüe de fondos	196
4.1.11 Compuerta de aislamiento o de salida de agua filtrada	196
4.2 Hidráulica del lavado	197
4.2.1 Canaletas de recolección de agua de lavado	197
4.2.2 Ubicación del vertedero de salida	199
4.2.3 Expansión del medio filtrante durante la operación de lavado	199
4.2.4 Pérdida de carga en el lecho filtrante expandido	201
4.2.5 Pérdida de carga en las canaletas	202
4.2.6 Pérdida de carga en el drenaje de viguetas prefabricadas	202
4.2.7 Pérdida de carga en canales y orificios de compuertas	202
4.2.8 Cálculo del nivel del vertedero	203
4.3 Hidráulica del proceso de filtración	203
4.3.1 Compuerta de entrada	204
4.3.2 Drenaje	207
4.3.3 Medio filtrante: arena y/o antracita	207
4.3.4 Vertedero de salida	207
5. Aplicación	208
6. Criterios para el diseño de plantas de filtración directa	220
6.1 Parámetros de diseño	220
6.2 Dosificación	221
6.3 Características del medio filtrante	223
6.4 Tasa de filtración	223
6.5 Control de calidad	225
7. Funcionamiento de la batería de filtros de tasa declinante	225
8. Defectos de diseño más comunes	228
Referencias	232
CAPÍTULO 6. SALA DE CLORACIÓN	235
1. Introducción	237
2. Criterios generales de diseño	237
3. Almacenamiento	242
3.1 Criterios para el dimensionamiento	242
3.2 Recomendaciones para el proyecto	245
4. Equipos de medición y control	247
4.1 Equipos para aplicar hipoclorito en solución	248
4.2 Hipoclorador de orificio de carga constante	248
4.3 Equipos para aplicar cloro gaseoso	249
4.3.1 Cloradores de aplicación directa	249
4.3.2 Cloradores de aplicación al vacío	252

	Página
4.4 Evaporadores	260
4.5 Sistemas de control	261
4.5.1 Sistemas automáticos	261
5. Punto de aplicación	263
6. Cámara de contacto	265
6.1 Tiempo de contacto para la reducción de bacterias	265
6.2 Tiempo de contacto para la reducción de parásitos	265
7. Ventilación y equipos de protección	268
7.1 Sistemas de alarma	269
7.2 Equipo de protección para los operadores	270
8. Recomendaciones para el proyecto	271
9. Problemas más comunes	272
Referencias	276
Anexo A: Valores TC para la inactivación de <i>Giardia</i> y virus mediante Cl ₂ libre y otros desinfectantes	277
CAPÍTULO 7. INSTRUCTIVO DE PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN NORMAL	285
1. Introducción	287
2. Recomendaciones para la operación de puesta en marcha	287
2.1 Inspección preliminar	288
2.2 Operaciones iniciales	289
2.2.1 Preparación de soluciones y dosificación de productos químicos	289
2.3 Llenado de la planta	296
2.3.1 Procedimiento	296
2.4 Lavado de filtros	298
2.4.1 Procedimiento para el lavado	298
2.5 Instalación de la tasa declinante	299
2.5.1 Procedimiento	299
2.6 Medición de caudal	300
2.7 Mezcla rápida	301
3. Operación normal	302
3.1 Operación normal del sistema de filtración	302
3.2 Filtración directa	303
4. Operación especial	304
5. Control de calidad	305
6. Operación estacional	306
7. Aspectos varios	306
8. Limitaciones del sistema	307

	Página
Referencias	309
Anexo A: Toma de muestras en planta	310
Anexo B: Consumo anual de reactivos	310
Anexo C: Anotaciones diarias de la planta de tratamiento	311
Anexo D: Formulario resumen mensual de control de procesos en la planta X	313