

Ing. Guy Sela

Los fundamentos de **TRATAMIENTO DE AGUAS**



Índice

Capítulo 1	8
LOS RECURSOS DE AGUA Y CRITERIOS DE CALIDAD	8
LOS RECURSOS DEL AGUA Y SU USO	9
¿Cuáles son los usos del agua?	9
¿Cuánta agua consumimos?	10
Los recursos hídricos disponibles	10
El ciclo hidrológico	11
Aguas superficiales y subterráneas	11
Fuentes de agua alternativas	13
PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA	15
¿Cómo se determina la calidad del agua?	15
Parámetros e índices	16
LAS PROPIEDADES DE DIFERENTES FUENTES DE AGUA	26
Propiedades de las aguas subterráneas	26
Propiedades de las aguas superficiales	27
Fuentes de contaminación del agua	27
Propiedades de las aguas residuales	29
CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA	31
¿Cómo se determinan los criterios de calidad del agua?	31
Los criterios de calidad del agua potable	32
Normas secundarias	33
Términos utilizados en los criterios de calidad del agua	33
Criterios de calidad del agua de riego	34
Criterios para la reutilización de aguas residuales	37
INTRODUCCIÓN AL TRATAMIENTO DE AGUA	38
El enfoque de barrera múltiple	38
Procesos básicos en el tratamiento de aguas	39
Capítulo 2	41
FILTRACIÓN	41
LOS MECANISMOS DE FILTRACIÓN	42
Cernido	43
Sedimentación	43
Impactación inercial	44
Interceptación	44

Adsorción y adhesión.....	45
Eliminación biológica	45
TIPOS DE FILTROS	46
Filtración lenta de arena	46
Filtración rápida de arena	54
La filtración lenta de arena contra la filtración rápida de arena.....	59
Capítulo 3.....	61
COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.....	61
INTRODUCCIÓN.....	62
La estabilidad del sistema coloidal.....	64
Los mecanismos de coagulación	65
Coagulantes.....	69
¿Cómo elegir un coagulante?.....	70
La prueba de jarra.....	71
La mezcla rápida.....	71
Floculación.....	74
Mezcla lenta.....	75
Consideraciones de diseño.....	75
Capítulo 4.....	78
ABLANDAMIENTO DEL AGUA.....	78
¿Por qué eliminar la dureza?	79
PRECIPITACIÓN QUÍMICA.....	80
Tipos de cal.....	80
La química del ablandamiento con cal.....	81
Recarbonación.....	83
Configuraciones del tratamiento	83
Ventajas	86
Desventajas	86
INTERCAMBIO IÓNICO	87
Aplicaciones.....	87
Ventajas	87
Principios del intercambio iónico.....	87
La resina	89
El coeficiente de selectividad	92
La capacidad de intercambio	92

Eliminación de dureza.....	93
Parámetros de diseño	93
Regeneración.....	95
Estabilización	96
Ensuciamiento y desglose	96
Capítulo 5.....	97
PROCESOS DE MEMBRANA.....	97
Tipos de procesos de membrana.....	98
Tipos de flujo.....	99
Configuraciones de flujo	102
Las membranas	102
Módulos de membranas	103
Ensuciamiento de membranas.....	107
ÓSMOSIS INVERSA.....	109
Configuración.....	110
Membranas de ósmosis inversa	111
Índice de densidad de sedimentos (SDI)	113
Parámetros de rendimiento.....	114
Problemas potenciales.....	118
Pretratamiento	119
Operación y mantenimiento	120
Capítulo 6.....	122
DESINFECCIÓN DEL AGUA	122
Los principios de desinfección del agua	123
Ley de Chick y el modelo de Chick-Watson.....	124
El concepto C·t.....	125
Desinfección primaria y secundaria	128
Subproductos de desinfección (SPD)	128
Subproductos de desinfección regulados	130
Desinfección con cloro.....	131
Hipoclorito de sodio - NaOCl.....	131
Hipoclorito de calcio – Ca(OCl) ₂	132
Cloro gaseoso Cl ₂	132
Las reacciones del cloro en el agua.....	133
Cloración de ruptura	135

Formación de cloraminas (cloro combinado)	135
Desinfección primaria con cloraminas	136
Decloración	136
Desinfección con dióxido de cloro.....	137
Opciones in situ para la generación de dióxido de cloro:.....	137
La desinfección UV (Ultravioleta)	138
Lámparas UV	141
Lámparas de baja presión en comparación a lámparas de media presión	141
Capítulo 7	144
CARBÓN ACTIVADO	144
Principios	145
Aplicaciones.....	145
Factores que afectan la adsorción	146
Propiedades del carbón activado.....	146
Propiedades del adsorbato	150
Condiciones del proceso.....	151
Activación	151
Formas de carbón activado.....	152
Parámetros de diseño.....	154
La tasa de carga hidráulica	154
Tiempo de contacto de la lecho vacío (EBCT).....	154
La zona de transferencia de masa (ZTM).....	155
Funcionamiento de los filtros de CAG	155
Isotermos de absorción.....	155
Adsorción competitiva	159
Planta piloto	159
Decloración con carbón activado.....	160
Capítulo 8.....	161
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	161
El tratamiento de aguas residuales	162
Tratamiento preliminar	162
Cribado	163
Trituración y molienda.....	163
Eliminación de arenas.....	164
Desnatadores.....	169

El tratamiento primario	170
El tanque de sedimentación primaria (Clarificador)	170
El tratamiento secundario	171
Lodos activados	172
Configuraciones de lodos activados	172
Términos y parámetros de diseño.....	173
Biorreactores de membrana (MBR)	177
Configuraciones de MBR	179
Ensuciamiento de membranas en MBR.....	180
Eliminación de nitrógeno.....	181
Capítulo 9	182
NUEVAS TECNOLOGÍAS POTENCIALES.....	182
El grafeno y su potencial en el tratamiento de aguas.....	183
Las propiedades del grafeno.....	183
El uso potencial del grafeno en membranas	184
Generación de poros en el grafeno.....	185
Óxido de grafeno (GO)	185
Mecanismos de filtración de membranas de óxido de grafeno	186
Hinchazón del óxido de grafeno.....	186
Sistemas bioelectroquímicos.....	187
Celdas de combustible biológica.....	187
Celdas de desalinización microbiana (MDC)	188
Índice de figuras.....	189
Índice de tablas	192