

CONTENIDO

Introducción	13
1. ENFOQUE GENERAL	15
<hr/>	
2. CARACTERIZACIÓN	23
<hr/>	
2.1 Parámetros básicos de caracterización	26
Acidez	27
Ácido sulfhídrico	27
Alcalinidad	28
Carbono orgánico total (COT)	29
Cloruros	29
Coliformes	29
Color	30
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	30
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	31
DBO nitrogenácea (DBON)	32
Demanda química de oxígeno (DQO)	32
Demanda teórica de oxígeno (DTO)	34
Ejemplo 2.1	34
Ejemplo 2.2	34
Ejemplo 2.3	35
Detergentes, SAAM	35
Dióxido de carbono	37
Fenoles	37
Fósforo	38
Grasas y aceites	38
Materia orgánica	39
Metales pesados	39
Metano	40
Nitrógeno	41

Olor	42
Oxígeno disuelto	43
Pesticidas	43
pH	44
Potencial de oxidación-reducción (POR)	45
Proteínas	46
Sólidos	46
Sulfatos	47
Sulfuros	47
Temperatura	48
Turbiedad	49
3. ALTERNATIVAS DE MANEJO	51
3.1 Reducción de polución	55
3.2 Pretratamiento	55
3.3 Biodegradabilidad del ARI	57
3.4 Procesos de tratamiento	57
4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	59
4.1 Sistema de alcantarillado	62
4.2 Proceso industrial	65
4.3 Balances de flujo hídrico y másico	66
4.4 Análisis de efluentes	70
5. NORMAS DE VERTIMIENTO	73
5.1 Prohibiciones	75
5.2 Estándares	76
Tasas retributivas	104
Clasificación de usuarios empresariales	105
Fórmula de cálculo de las UCH	106
6. PRETRATAMIENTO	111
7. TRATAMIENTO PRIMARIO	119
8. TRATAMIENTO SECUNDARIO	125
8.1 Criterios de tratamiento secundario	127
8.2 Sistemas de tratamiento secundario	129
8.3 Criterios de diseño	133

9. TRATAMIENTO Terciario	137
9.1 Procesos de tratamiento terciario	139
9.2 Remoción de fósforo	139
9.3 Remoción de amoníaco	141
9.4 Remoción de nitrato	142
9.5 Procesos de oxidación avanzada (POA)	142
9.6 Cloración	146
9.7 Filtración	147
9.8 Adsorción	150
9.9 Lagunas de evaporación	151
10. NEUTRALIZACIÓN	153
11. METALES PESADOS	159
11.1 Generalidades	161
11.2 Metales en aguas residuales industriales	162
11.3 Tecnologías de tratamiento	165
11.4 Precipitación química	166
11.5 Tratamiento físico-químico	173
Arsénico	173
Bario	174
Cadmio	174
Cianuro	174
Cobre	175
Cromo hexavalente	175
Cromo total	176
Fluoruros	177
Hierro	177
Manganeso	178
Mercurio	178
Níquel	179
Plata	180
Plomo	180
Selenio	180
Zinc	181
11.6 Estrategias de tratamiento	181
11.7 Aplicaciones de la coagulación en el tratamiento de ARI	182
11.8 Problemas	182

12. INDUSTRIA DE GALVANOPLASTIA	185
12.1 El proceso	187
1. Decapado	188
2. Limpieza	188
3. Deposición	190
12.2 Efluentes contaminantes	190
1. Efluentes de cochada	190
2. Aguas de enjuague	190
12.3 Tratamiento de los residuos del proceso de galvanoplastia	190
12.4 Tratamiento de cianuros	192
12.5 Tratamiento de cianuros mediante cloración alcalina	193
12.6 Tratamiento de cianuros mediante oxidación con KMnO_4	196
12.7 Tratamiento de aguas residuales con cromo	196
12.7.1 Tratamiento con dióxido de azufre	197
12.7.2 Tratamiento con sulfato ferroso	198
12.7.3 Tratamiento con bisulfito de sodio o metabisulfito de sodio	198
12.7.4 Precipitación del cromo trivalente con cal	199
12.8 Precipitación de metales con sulfuros	200
12.9 Remoción de otros metales, aceites y grasas	202
12.10 Ejemplo	203
13. INDUSTRIA DEL CURTIDO	207
13.1 El proceso	209
13.2 Caracterización de aguas residuales de la industria del curtido	215
13.3 Tratamiento de las aguas residuales	215
14. INDUSTRIA DEL PAPEL	221
14.1 El proceso	223
14.2 Caracterización de las AR de la industria del papel	227
14.3 Tratamiento de las AR de las fábricas de papel	228
15. INDUSTRIA TEXTIL	233
15.1 El proceso	235
15.2 Caracterización de aguas residuales de la industria textil	241
15.3 Tratamiento de aguas residuales de la industria textil	243

16. INDUSTRIA LÁCTEA	247
16.1 El proceso	249
16.2 Características de las AR de la industria láctea	255
16.3 Tratamiento de las AR de la industria láctea	256
17. INDUSTRIA CERVECERA	261
17.1 El proceso	263
17.2 Características de las AR de la industria cervecera	264
17.3 Tratamiento de AR de la industria cervecera	267
18. INDUSTRIA AZUCARERA	273
18.1 El proceso	275
18.2 Características de las AR de la industria azucarera	276
18.3 Tratamiento de aguas residuales de la industria azucarera	278
19. INDUSTRIA CÁRNICA	281
19.1 El proceso	283
19.2 Caracterización de la AR de la industria cárnica	289
19.3 Tratamiento de AR de la industria cárnica	292
19.3.1 Caso de la PTAR de matadero en Denison (Iowa)	294
19.3.2 Caso de la PTAR de procesadora de aves en Oakland (Maryland)	296
19.3.3 Caso de la PTAR de matadero en Pachuca (México)	297
19.3.4 Caso de la PTAR del matadero de aves Ideal Ltda.	298
20. INDUSTRIA DE GASEOSAS	301
20.1 El proceso	303
20.2 Caracterización de AR de una industria de gaseosas	306
20.3 Tratamiento de AR de la industria de gaseosas	308
21. LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS	311
21.1 Producción	313
21.2 Caracterización de lixiviados de rellenos sanitarios	314
21.3 Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios	315
21.3.1 Caso de relleno sanitario en Tullytown (Pensilvania)	317
21.3.2 Caso del relleno sanitario Doña Juana en Bogotá (Colombia)	319
21.3.3 Caso de relleno sanitario en Noruega	321

22. INDUSTRIA DE ACEITE CRUDO DE PALMA	323
22.1 El proceso	325
22.2 Caracterización de AR de la industria de aceite crudo de palma	326
22.3 Tratamiento de AR de la industria de aceite crudo de palma	328
23. INDUSTRIA DE FRUTAS Y VEGETALES	331
23.1 El proceso	334
23.2 Caracterización de AR de la industria de frutas y vegetales	340
23.3 Tratamiento de AR de la industria de frutas y vegetales	344
23.3.1 Caso de planta de alcachofas	349
23.3.2 Caso de AR de industria procesadora de tomate, maíz, guayaba y durazno	349
24. INDUSTRIA DEL CAFÉ	351
24.1 El proceso	353
24.2 Caracterización de AR de la industria del café	355
24.3 Tratamiento de AR de la industria del café	356
24.3.1 Sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA)	357
24.3.2 Otras alternativas de tratamiento	357
24.3.3 Sistema experimental realizado para la CRQ	358
25. INDUSTRIA VINÍCOLA	359
25.1 El proceso	361
25.2 Caracterización de AR de la industria vinícola	365
25.3 Tratamiento de AR de la industria vinícola	366
25.3.1 Caso de PTAR en Trento (Italia)	367
25.3.2 Caso de vinería en Goult Lumières (Francia)	367
26. LAVANDERÍA	369
26.1 El proceso	371
26.2 Caracterización de AR de una lavandería	372
26.3 Tratamiento de AR de lavanderías	373
26.3.1 Caso de planta piloto de la lavandería industrial Berendsen	375

27. ACEITES Y GRASAS VEGETALES PARA MESA Y COCINA	377
27.1 El proceso	379
27.2 Caracterización de AR de la industria de aceites y grasas vegetales	382
27.3 Tratamiento de AR de la industria de aceites y grasas vegetales	384
28. GRANJA PORCINA	387
28.1 El proceso	389
28.2 Caracterización de AR porcinas	390
28.3 Tratamiento de AR de granja porcina	390
28.3.1 Caso de PTAR de Santa Ana Pacueco	393
28.3.2 Caso de PTAR de una granja porcina de la Universidad de San Carlos de Guatemala	394
REFERENCIAS	397
APÉNDICES	411
Apéndice A. Glosario	413
Apéndice B. Criterios de calidad para reúso de AR tratadas	419
ÍNDICES	421
Índice de tablas	423
Índice de figuras	427
Índice temático	431