

ÍNDICE ANALÍTICO

DINAMICA DE PROCESOS, REACCIONES Y REACTORES **W. J. Weber, Jr., y R. P. Canale**

Dinámica de procesos, 1

Procesos de transporte y reacción, 1

Ecuaciones de balance material, 2

Mecánica del transporte de materia, 5

Procesos de transporte, 5

Transporte de materia por difusión, 6

Transporte de materia convectivo, 7

Reacciones y energía, 7

Equilibrio y energía, 8

Energía libre, 10

Constante de equilibrio, 13

Estequiometría, 15

Cinética y velocidades de reacción, 16

Ecuaciones de la ley de acción de masas, 17

Órdenes de reacción, 19

Tratamiento de los datos cinéticos, 20

Limitaciones de las ecuaciones de ley de acción de masas, 23

Aplicación de la ecuación de primer orden, 24

Reacciones de primer orden retardantes y autocatalíticas, 25

Reacciones consecutivas, 27

Reacciones simultáneas, 29

Reacciones reversibles, 31

Reacciones enzimáticas, 33

Temperatura y energía de activación, 36

Catálisis, 37

 Catálisis homogénea, 39

 Catálisis heterogénea, 40

Ingeniería de reactores y diseño de procesos, 41

Reactores discontinuos completamente agitados, 42

Reactores de flujo completamente agitado, 43

Reactores CMF en serie, 45

Determinación de los parámetros de velocidad en reactores CMF, 46

Reactores de flujo a tapón, 48

Flujo tapón con dispersión, 51

Problemas, 58

Referencias, 62

2. COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

C. R. O'Melia

Procesos de coagulación, 64

Coagulación y floculación, 66

La estabilidad de los coloides, 67

Potenciales de atracción y repulsión, 67

Solvatación, 70

Desestabilización de los coloides, 71

Compresión de la doble capa, 71

Adsorción y neutralización de la carga, 73

Inmersión en un precipitado, 75

Adsorción y enlace de puente interpartícula, 76

Desestabilización en el tratamiento del agua y del agua residual, 78

Desestabilización por Al(III) y Fe(III), 79

Polímeros orgánicos sintéticos, 85

Sílice activada, 89

Biofloculación, 90

Selección de un coagulante, 91

Unidades de mezclado rápido, 94

Transporte de las partículas coloidales, 95

Floculación pericinetica, 96

Floculación ortocinetica, 97

Ecuaciones para determinar el gradiente de velocidad medio, 99

Transporte de partícula en el tratamiento del agua y agua residual, 100

Unidades de floculación, 101

Recopilación, 104

Problemas, 106

Referencias, 112**1 SEDIMENTACIÓN**

R. P. Canale y J. A. Borchardt

Procesos de sedimentación, 115

Clarificación clase-1, 116

Clarificación clase-2, 122

Decantación zonal, 124

Compresión, 127

Canalización y modelos de dispersión, 128**Diseño del tanque de sedimentación, 131**

Funciones del diseño, 132

Configuración del clarificador, 133

Decantadores de tubos, 135

Estructuras de entrada y salida, 135

Factores de seguridad, 137

Problemas, 138**Referencias, 143****4 FILTRACIÓN**

J. L. Cleasby

Procesos de filtración, 145

Medio filtrante, 146

Mecanismos principales de la filtración, 147

Hidráulica del flujo a través de un medio poroso, 148

Desarrollo de la pérdida de carga en un filtro de gravedad, 150

Tratamiento previo del agua (pretratamiento), 151**Modelos de control de velocidad y métodos, 152**

Filtración a presión constante, 153

Filtración a velocidad constante, 154

Filtración con velocidad decreciente, 155

Modelos de pérdida de carga a velocidad constante, 157

Modelo de calidad para el efluente del filtro, 160

Filtros de precapa, 161

Filtros granulares profundos, 161

Modelos matemáticos para filtros granulares profundos, 161

Modelo de superficie específica para partículas esféricas, 164

Modelo de superficie específica para capilares cilíndricos, 165

Velocidad intersticial, 166

Filtración lenta con arena, 170

Operación de un filtro lento de arena, 170

Rendimiento de los filtros de arena lentos, 171

Filtración rápida con arena, 171

Velocidad de filtración, 172

Tendencias actuales de la filtración rápida con arena, 172

Detalles de un filtro de gravedad, 173

Detalle de un filtro de arena rápido a presión, 176

Variables de diseño y operación para filtros granulares profundos, 176

Medio filtrante, 176

Lavado de los filtros, 179

Fluidificación y expansión del lecho durante el lavado, 180

Agitación auxiliar durante el lavado, 183

Sistemas de desagüe inferior, 186

Diseño del canal de recogida para el agua de lavado, 187

Problemas de operación, 190

Filtración de precapa, 191

El ciclo del filtro, 192

Tipos de filtros, 193

Modelo matemático para la filtración de precapa, 193

Condiciones óptimas de trabajo, 199

Problemas, 200

Referencias, 207

5. ADSORCIÓN

W. J. Weber, Jr.

Procesos de adsorción, 210

Relación entre la tensión superficial y la adsorción, 211

Causas y tipos de adsorción, 215

Equilibrio de adsorción e isoterma de adsorción, 217

Ecuaciones de Langmuir y BET, 218

La ecuación de Freundlich, 221

Velocidades de adsorción, 222

Etapas limitadoras de la velocidad, 223

Cinética de sorción para reactores discontinuos, 225

Ecuación de conservación de la masa que se difunde, 228

Cinética de sorción en reactores de flujo continuo, 231

Ecuaciones de balance-material, 232

Método de cinética de segundo orden, 233

Mecanismo y velocidad de transferencia molecular, 235

Reacción superficial, 236

Difusión externa, 236

Difusión interna, 237

Difusión externa e interna combinadas, 238

Factores que influyen la adsorción, 241

Área superficial, 241

Naturaleza del adsorbato, 242

pH, 246

Temperatura, 248

Adsorción de solutos mixtos, 249

Naturaleza del adsorbente, 251

Sistemas de contacto y modos de operación, 255

Sistemas discontinuos y de flujo continuo, 255

Curva de saturación, 356

Diseño de un adsorbedor de lecho fijo, 258

Problemas, 263

Referencias, 269

INTERCAMBIO IÓNICO

W. J. Weber, Jr.

Procesos de intercambio, 274

Materiales de intercambio, 274

Resinas sintéticas, 275

Métodos de preparación, 277

Reacciones de intercambio, 278

Equilibrios, 279

Isotermas de intercambio, 287

Selectividad iónica, 287

Cinética de intercambio, 291

Procedimientos de trabajo, 293

Método para el diseño de la columna, 294

Aplicaciones, 295

Ablandamiento del agua (desendurecimiento), 295

Desmineralización del agua, 300

Tratamiento de aguas industriales residuales, 301

Tratamiento de aguas residuales municipales, 302

Sistemas de intercambio, 303

Equipo y detalles de operación, 309

Consideraciones económicas, 310

Ensayo de las resinas, 310

Problemas, 311

Referencias, 317

7. PROCESOS DE MEMBRANA

J. E. Cruver

Procesos de separación, 319

Ósmosis inversa, 322

Ósmosis y presión osmótica, 324

Difusión de agua y soluto, 326

Propiedades de las membranas de acetato de celulosa, 329

Temperatura y pH de la alimentación, 331

Rechazo del soluto, 332

Otros sistemas de membranas, 334

Capa límite, 335

Diseño del sistema, 337

Pretratamiento y mantenimiento del flujo por unidad de superficie, 341

Aplicaciones, 343

Economía, 343

Ultrafiltración, 344

Ecuaciones matemáticas, 344

Propiedades de la membrana, 346

Polarización por concentración, 346

Diseño, 349

Aplicaciones, 350

Electrodialísis, 350

Energía requerida mínima, 353

Transporte iónico selectivo, 353

Propiedades de las membranas y preparación, 356

Polarización por concentración, 357

Potencia y energía necesaria, 357

Eficacia de la corriente, 358

Voltaje, 360

Diseño, 361

Método de cálculo, 362

Configuración de celda y pila (paquetes de celdas), 364

Aplicaciones, 367

Economía, 368

Problemas, 368

Referencias, 376

8. OXIDACIÓN QUÍMICA

H. S. Posselt y W. J. Weber, Jr.

Procesos de oxidación, 379

Limitaciones de los procesos de oxidación y los agentes oxidantes en el tratamiento de aguas y aguas residuales, 381

Principios y teorías de la oxidación química, 382

Conceptos y definiciones, 382

Degradación oxidativa versus sustitución, 385
Igualación de las ecuaciones de oxidación-reducción, 386
Consideraciones termodinámicas, 387
Consideraciones cinéticas, 390
Efectos de los catalizadores sobre las oxidaciones químicas, 391
Papel del pH en las oxidaciones químicas, 392
Naturaleza de los reactivos, 394

Oxígeno, 395

Propiedades físicas y químicas del oxígeno, 395
Aplicaciones específicas, 396

Ozono, 397

Propiedades físicas y químicas del ozono, 398
Métodos analíticos, 400
Generación de ozono, 400
Sistemas de contacto para el ozono, 401
Aplicaciones específicas, 401

Permanganato, 403

Propiedades físicas y químicas del permanganato, 404
Oxidaciones con permanganato en el tratamiento del agua, 405
Métodos analíticos, 410
Cómo se aplica el permanganato, 411

Cloro, 412

Consideraciones prácticas, 413

Dióxido de cloro, 414

Generación del dióxido de cloro, 414
Propiedades físicas y químicas del dióxido de cloro, 415
Reacciones del dióxido de cloro, 416
Métodos analíticos, 417

Problemas, 417

Referencias, 425

DESINFECCIÓN

W. J. Weber, Jr., y H. S. Posselt

Procesos de desinfección, 429

Historia de la desinfección, 430
Métodos de desinfección, 431
Velocidades de desinfección, 432
Concentración del desinfectante, 436
Temperatura, 437
Efecto del pH, 438
Materia orgánica, 439

Métodos no químicos de desinfección, 439

Métodos térmicos, 439

Radiación ultravioleta, 440
Radiaciones gamma y X, 441

Desinfectantes químicos, 442

Cloro y sus derivados, 443
Propiedades del cloro, 443
Alimentación de cloro, 444
Manejo seguro del cloro, 444
Química del cloro acuoso, 445
Cloraminas, 447
Cloración de ruptura, 451
Cloración residual-libre, 453
Cloración residual-combinada, 453
Cloración del agua residual, 454
Efectividad vírica, 455
Decloración, 456
Cloro disponible, 457
Hipoclorito sódico, 458
Cal clorada, 458
Hipoclorito cálcico, 458
Dióxido de cloro, 459

Halógenos distintos del cloro, 459

Flúor, 460
Bromo, 460
Iodo, 461

Agentes oxidantes distintos de los halógenos, 464

Ozono, 464
Peróxido de hidrógeno, 46
Permanganato, 467

Reactivos varios, 467

Metales pesados, 467
Ácidos y bases, 469
Tensoactivos, 469

Problemas, 469

Referencias, 472

10. CORROSIÓN Y CONTROL DE LA CORROSION

F. M. Donahue

Procesos de corrosión, 475

Corrosión en los sistemas de calidad del agua, 475
Naturaleza electroquímica de la corrosión, 476

Termodinámica electroquímica, 477

Potencial de electrodo, 477

Diagramas de Pourbaix, 479

Electrosorción, 480

Química electroquímica, 481

Ley de Faraday, 481

La ecuación de Butler, 482

Control del transporte de materia, 484

Potenciales mixtos, 487

Propiedades metalúrgicas, 493

Homogeneidad, 493

Propiedades de los metales en medios corrosivos, 494

Corrosión general, 494

Corrosión galvánica, 495

Pasividad, 499

Corrosión en holguras muy finas, 503

Corrosión debida al gas hidrógeno, 504

Corrosión por picado, 504

Agrietamiento por corrosión bajo tensión, 505

Corrosión bacteriana, 506

Corrientes vagabundas, 507

Métodos para controlar la corrosión, 508

Control de la corrosión por diseño, 508

Control de la corrosión por modificación del entorno, 509

Control de la corrosión por técnicas electroquímicas, 510

Ensayo de corrosión, 512

Ensayos de planta, 512

Ensayo de laboratorio, 514

Problemas, 517

Referencias, 520

AIREACIÓN Y TRANSFERENCIA DE GAS

R. P. Canale y W. J. Weber, Jr.

Procesos de transferencia de gas, 522

Pasos de transporte, 523

Ecuaciones de transferencia de gas, 524

Factores que afectan a la solubilidad del gas, 527

Velocidad de transferencia de gas, 529

Transferencia de película, 529

Acumulación en la fase líquida, 531

Reacción heterogénea, 533

Transporte en la fase líquida, 534

Sistemas de aireación y transferencia de gas, 537

Sistemas de aire comprimido, 537

Sistemas de aspiración, 539
Sistemas mecánicos, 539

Factores que influyen sobre las velocidades de aireación y transferencia de oxígeno, 540

Velocidad y tamaño de las burbujas, 542
Efectos de la composición de la disolución, 543

Correlaciones de transferencia, 545

Correlaciones de transferencia para aireadores, 545
Correlaciones de transferencia para corrientes, 547

Problemas, 548

Referencias, 551

12. TRATAMIENTO DEL FANGO

R. J. Dick

Fangos y procesos de tratamiento, 553

Alternativas en la manipulación de los fangos, 555

Características de los fangos, 557

Concentración, 557
Peso específico, 559
Propiedades reológicas, 559
Propiedades de sedimentación, 562
Propiedades deshidratantes, 562
Poder calorífico, 564
Propiedades químicas, 566
Propiedades biológicas, 567

Acondicionamiento del fango, 568

Métodos de acondicionamiento químicos, 569
Métodos de acondicionamiento físicos, 571
 Acondicionamiento con calor, 571
 Acondicionamiento por congelación, 571
 Uso de aditivos, 572

Espesamiento, 572

Espesamiento por gravedad, 573
 Medición de las propiedades de decantación, 575
 Diseño de los espesadores por gravedad, 577
Flotación, 580
 Sistema de flotación, 581
 Flotación por aire disuelto a presión, 582

Desidratación del fango, 585

Filtración a vacío, 585
Otros métodos de filtración, 593

Filtro prensa, 593
 Filtros de gravedad rotatorios, 594
 Centrifugación, 594
 Eras de secado de fango, 597
 Lagunas de fango, 599

Secado, 600

Procesos de conversión, 601

Digestión anaerobia, 601

Digestión aerobia, 602

Combustión, 602

Hornos de bandejas superpuestas, 603

Reactores de lecho fluidificado, 603

Combustión en cámara de pulverización, 605

Incineración (Flash Drying), 605

Combustión húmeda, 605

Aprovechamiento del fango, 607

Vertido final, 608

Vertido al aire, 608

Vertido al agua, 608

Vertido en tierra, 609

Problemas, 612

Referencias, 612

Apéndice A. Símbolos, 621

Apéndice B. Factores de conversión, 631

Índice alfabético, 645