

UF1666: Depuración de aguas residuales

Elaborado por: Sergio Jesús López del Pino y Sonia Martín Calderón

Edición: 5.1

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16360-14-7 • Depósito legal: MA 23-2015

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

Presentación

Identificación de la unidad formativa

Bienvenido/a a la Unidad Formativa **UF1666: Depuración de aguas residuales**. Esta Unidad Formativa pertenece al Módulo Formativo **MF0073_2: Funcionamiento y operación de los procesos de depuración y tratamiento del agua**, que forma parte del Certificado de Profesionalidad **SEAG0210: Operación de estaciones de tratamiento de aguas**, de la familia profesional de Seguridad y Medio Ambiente.

Presentación de los contenidos

La finalidad de esta unidad formativa es saber poner en marcha, parar y verificar el funcionamiento de los procesos unitarios de una estación depuradora de aguas residuales. Para ello, se estudiarán en primer lugar las características de las aguas residuales, las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) y el pretratamiento del agua residual. Seguidamente se analizará el tratamiento primario, biológico y terciario o complementario de aguas residuales, la línea de lodos de una EDAR, la línea de aire en una EDAR y el reciclado de aguas depuradas.

Objetivos de la unidad formativa

Al finalizar esta unidad formativa podrás:

- Identificar los distintos procesos de tratamiento de las aguas residuales, las instalaciones básicas que se emplean y las condiciones normales de funcionamiento.
- Ajustar y operar equipos mecánicos, eléctricos o de medida de distintos parámetros para el control de procesos de depuración.
- Realizar y controlar las operaciones de tratamiento, almacenado, aprovechamiento y retirada de residuos y subproductos de depuración.

Índice

UD1. Las aguas residuales

1.1. Tipos y composición general de las aguas residuales	15
1.1.1. Urbanas	16
1.1.2. Industriales	20
1.1.3. Mixtas	22
1.1.4. Pluviales	23
1.1.5. Blancas	25
1.2. Normativa sobre vertido y aguas residuales	26
1.2.1. Administraciones actuantes	28
1.2.2. Límites de vertido	31
1.3. Indicadores químicos	33
1.3.1. Materias inhibidoras	34
1.3.2. DQO	36
1.3.3. DBO	37
1.3.4. Sólidos en suspensión	39
1.3.5. Nutrientes	41

UF1666: Depuración de aguas residuales

1.3.6. Compuestos nitrogenados	42
1.3.7. Compuestos de fósforo	45
1.4. Indicadores físico - químicos	47
1.4.1. Conductividad	48
1.4.2. pH	50
1.4.3. Aceites y grasas	51
1.5. Indicadores microbiológicos	53
1.5.1. Bacterias	55
1.5.2. Protozoos	56
1.5.3. Metazoos	58
1.5.4. Coliformes fecales y totales	59
1.5.5. Estreptotocos fecales	61
1.6. Contaminantes específicos y microorganismos patógenos	62
1.7. Problemas en una EDAR debidos a la composición de las aguas residuales	66
1.7.1. Separación de fases	67
1.7.2. Formación de espumas	69
1.7.3. Anoxia y producción de olores	70
1.7.4. Vertidos anómalos y choques tóxicos	72
1.8. Problemas en una EDAR debido a otros factores	73
1.8.1. Puntas y mínimos de caudal entrantes	74
1.8.2. Temperatura ambiente	75

UD2. Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)

2.1. Objetivos de la depuración	85
2.2. Procesos unitarios	95
2.3. Tipos de procesos	96
2.3.1. Fisicoquímicos	98
2.3.2. Biológicos	113

2.4. Procesos secundarios	119
2.4.1. Aerobiosis, anaerobiosis y anoxia	120
2.5. Esquema de la línea de agua de una estación depuradora de aguas residuales	133
2.6. Secuencia lógica de tratamientos y función de cada uno de ellos	135
2.7. Rendimientos de depuración	136

UD3. Pretratamiento del agua residual

3.1. Desbaste	147
3.1.1. Tipos.....	148
3.1.2. Grueso (cuchara bivalva).....	152
3.1.3. Fino (rejas finas, hidranet, roto pas).....	155
3.1.4. Sistemas de limpieza	157
3.1.5. Manual.....	158
3.1.6. Automático.....	161
3.1.7. Productos químicos.....	163
3.1.8. Retirada del desbaste	164
3.2. Desarenado	166
3.2.1. Tipos.....	167
3.2.2. Lavado.....	171
3.2.3. Retirada de arenas	173
3.3. Desengrasado	174
3.3.1. Tipos.....	177
3.3.2. Soplantes.....	181
3.3.3. Aeroflot	183
3.3.4. Reactores eliminación	184
3.3.5. Residuos de desengrasado	185
3.3.6. Correcta disposición final	187
3.4. Caracterización del residuo.....	191

UD4. Tratamiento primario de aguas residuales

4.1. Precipitación química.....	201
4.1.1. Coagulación.....	203
4.1.2. Principales coagulantes y ayudantes de coagulación	209
4.1.3. Floculación.....	216
4.2. Decantación física	222
4.2.1. Equipos mecánicos asociados (rasquetas, puentes, agitadores)	231
4.3. Principales coagulantes y ayudantes de coagulación	232
4.3.1. Condiciones de empleo	233
4.4. Preparación y dosificación de reactivos	236
4.5. Características de los lodos primarios	238
4.6. Sistemas de purga de lodos	239
4.7. Tratamiento de sobrenadantes	240

UD5. Tratamiento biológico de aguas residuales

5.1. Fundamento de los procesos de fangos activos y lechos bacterianos	251
5.2. Incorporación de aire al sistema	265
5.3. Agitación.....	269
5.4. Recirculación de fangos	271
5.5. Purga de fangos en exceso	273
5.6. Equipos empleados.....	275
5.7. Problemas de funcionamiento de los sistemas de fangos activos ..	279
5.8. Tipos de tratamientos biológicos	285
5.8.1. Sistemas de lecho fijo	286
5.8.2. Tecnologías blandas	289
5.8.3. Reactores rueda completa	292
5.8.4. USBR	294
5.8.5. Filtros percoladores	295

UD6. Tratamiento terciario o complementario de aguas residuales

6.1. Decantación.....	307
6.1.1. Física	308
6.1.2. Físico química	317
6.2. Filtros.....	330
6.3. Desinfección	337
6.3.1. Criterios para una adecuada desinfección	342
6.3.2. Desinfección con cloro o derivados	347
6.3.3. Desinfección con radiación ultravioleta.....	351
6.3.4. Ozonización	354

UD7. Línea de lodos de una EDAR

7.1. Lodos primarios, secundarios y lodos mixtos.....	365
7.2. Procesos de espesado por gravedad y flotación.....	368
7.3. Tamizado de lodos. Ventajas y equipos empleados.....	371
7.4. Procesos de estabilización (digestión anaerobia y estabilización aerobia)	373
7.5. Línea de gas de una EDAR	383
7.5.1. Origen y composición del gas de digestión.....	385
7.5.2. Calentamiento y agitación de los digestores con gas de digestión	386
7.5.3. Intercambiadores de calor	392
7.5.4. Aprovechamiento del gas de digestión para producción de energía eléctrica	393
7.6. Deshidratación de lodos (filtros banda, centrífugas, filtros prensa) ..	395
7.7. Evacuación de residuos (cintas transportadoras, tolvas)	402
7.7.1. Transporte y tratamiento de lodos	406
7.7.2. Secado térmico	409
7.7.3. Compostaje	412
7.7.4. Otros usos	419

UD8. Línea de aire de una EDAR

8.1. Medida y control de olores en una EDAR	431
8.2. Alternativas	436
8.3. Extracción y tratamiento de olores.....	439
8.3.1. Equipos.....	439
8.3.2. Biológicos	441
8.3.3. Físico químico	442
8.3.4. Reactivos empleados	443

UD9. Reciclaje de aguas depuradas

9.1. Tratamientos empleados.....	453
9.2. Normativa sobre aguas depuradas.....	465
9.2.1. Calidad exigida por administración actuante en función del uso.....	468
9.3. Parámetros de control de su calidad	476
9.4. Reutilización de biosólidos	487
9.5. Valorización energética	493
 Glosario	507
 Soluciones.....	511

Área: seguridad y medioambiente

UD1

Las aguas residuales

UF1666: Depuración de aguas residuales

- 1.1. Tipos y composición general de las aguas residuales
 - 1.1.1. Urbanas
 - 1.1.2. Industriales
 - 1.1.3. Mixtas
 - 1.1.4. Pluviales
 - 1.1.5. Blancas
- 1.2. Normativa sobre vertido y aguas residuales
 - 1.2.1. Administraciones actuantes
 - 1.2.2. Límites de vertido
- 1.3. Indicadores químicos
 - 1.3.1. Materias inhibidoras
 - 1.3.2. DQO
 - 1.3.3. DBO
 - 1.3.4. Sólidos en suspensión
 - 1.3.5. Nutrientes
 - 1.3.6. Compuestos nitrogenados
 - 1.3.7. Compuestos de fósforo
- 1.4. Indicadores físico - químicos
 - 1.4.1. Conductividad
 - 1.4.2. pH
 - 1.4.3. Aceites y grasas
- 1.5. Indicadores microbiológicos
 - 1.5.1. Bacterias
 - 1.5.2. Protozoos
 - 1.5.3. Metazoos
 - 1.5.4. Coliformes fecales y totales
 - 1.5.5. Estreptococos fecales
- 1.6. Contaminantes específicos y microorganismos patógenos
- 1.7. Problemas en una EDAR debidos a la composición de las aguas residuales
 - 1.7.1. Separación de fases
 - 1.7.2. Formación de espumas
 - 1.7.3. Anoxia y producción de olores
 - 1.7.4. Vertidos anómalos y choques tóxicos
- 1.8. Problemas en una EDAR debido a otros factores
 - 1.8.1. Puntas y mínimos de caudal entrantes
 - 1.8.2. Temperatura ambiente

1.1. Tipos y composición general de las aguas residuales

Las aguas residuales son aquellos líquidos procedentes de las actividades desarrolladas por el ser humano, caracterizadas por presentar una fracción de agua y un elevado porcentaje de residuos contaminantes.

Técnicamente, es definida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como:



"Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales".

Las aguas residuales son vertidas a cursos de agua o a masas de agua continentales o marinas, con o sin tratamiento previo.

Presentan una composición química u otra dependiendo de su origen. Una composición media es la siguiente:

Aguas residuales:

- Agua (99,9%).
- Sólidos (0,1%):
 - Orgánicos (70%):
 - › Proteínas.
 - › Carbohidratos.
 - › Grasas.
 - Inorgánicos (30%):
 - › Arenas.
 - › Sales.
 - › Metales.

En el presente apartado vamos a estudiar los tipos de aguas residuales así como su composición general. Para ello vamos a dividirlo en 5 epígrafes:

- Urbanas.
- Industriales.
- Mixtas.
- Pluviales.
- Blancas.

1.1.1. Urbanas

Las aguas residuales urbanas son aquellas derivadas de las actividades humanas desarrolladas en el ámbito doméstico, principalmente.

Distinguimos dos fuentes principales:

Excreciones

Son los residuos que forman las deposiciones, sólidas y líquidas, humanas.

– Deposiciones sólidas:

Las heces están compuestas de: agua (en torno un 65%), bacterias, grasas, materia inorgánica, proteínas, fibra no digerida y componentes de los jugos digestivos.

Tras su expulsión, las proteínas de las heces sufren un proceso de putrefacción. Además, sus aminoácidos sufren:

- Descarboxilación, dando lugar a lesina, aminas, tirosinas, etc.
- Desaminaciones, se desprende el grupo amino (NH3).

La formación de productos como la cisteína (produce SH2), el fenol o el indol provocan la aparición de un olor desagradable.

– Deposiciones líquidas

La orina, con un pH de 6 (ligeramente ácido) está formada por:

Cationes	Aniones	Compuestos orgánicos
NA		Ácidos grasos
K	Cl	Ácido hipúrico
Ca	PO4	Ácido úrico
Mg	SO4	Alcoholes
NH4		Aminoácidos
		Bases púricas
		Creatinina
		Glúcidos
		Urea



El ser humano elimina, diariamente, 1,3 litros de orina.

Las excreciones son una fuente importante de contaminación. Por ello, se deben construir instalaciones adecuados para su circulación desde las casas hasta la red urbana de evacuación. Esta red urbana llevará el agua residual hasta las estaciones depuradoras, donde será sometida a tratamiento.

Residuos domésticos

Los residuos domésticos son definidos por la **Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados** como:



“Residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias.

Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

Tendrán la consideración de residuos domésticos los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados”.

La características de las aguas residuales urbanas aparecen recogidas en la siguiente tabla:

Parámetros (mg/l)	Contaminación alta	Contaminación media	Contaminación ligera
Sólidos totales	1000	500	200
Sólidos Volátiles	700	350	120
Sólidos Fijos	300	150	80
Sólidos en suspensión totales	500	300	100
Sólidos en suspensión Volátiles	400	250	70
Sólidos en suspensión Fijos	100	50	30
Sólidos disueltos totales	500	200	100
Sólidos disueltos Volátiles	300	100	50
Sólidos disueltos Fijos	200	100	50
DBO5 a 20°C	300	200	100
Oxígeno consumido	150	75	30
Oxígeno disuelto	0	50	0
Nitrógeno total	86	50	25
Nitrógeno orgánico	35	20	10
Amoniaco libre	50	30	15
Nitritos	0.10	0.05	0
Nitratos	0.40	0.2	0.1
Cloruros	175	100	15
Alcalinidad	200	100	50
Grasas	40	20	0
pH	6-9	6-9	6-9

Fuente: Harold E. Babbit y E. Robert Baumann

1.1.2. Industriales

Las aguas residuales industriales son las que proceden de las actividades desarrolladas en las industrias tanto en la producción de bienes como en la refrigeración.

La composición de las aguas residuales industriales se caracteriza por su alto contenido en sustancias contaminantes tales:

- Microbios patógenos.
- Metales pesados (mercurio y plomo principalmente).
- Materia orgánica persistente.
- Pesticidas y fertilizantes.
- Sedimento en suspensión.



Las aguas residuales industriales incrementan la temperatura de la cuenca receptora, provocando importantes efectos ambientales.

Vamos a representar ahora las principales características de una serie de industrias:

- Papelera:
 - Color.
 - Materia en suspensión y decantable.
 - Materia orgánica.
 - pH en algunos casos.
- Ganadería:
 - Materia orgánica e inorgánica.