

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.

## UF1666: Depuración de aguas residuales

### 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

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

- 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. Streptococos 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 desarrollados 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:

## UF1666: Depuración de aguas residuales

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 ( $\text{NH}_3$ ).

La formación de productos como la cisteína (produce  $\text{SH}_2$ ), 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	PO <sub>4</sub>	Ácido úrico
Mg	SO <sub>4</sub>	Alcoholes
NH <sub>4</sub>		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 adecuadas 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. Babbitt 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.