



CURSO/GUÍA PRÁCTICA DE INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS





Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?	16
PRELIMINAR	17
La ingeniería del agua en 12 preguntas y respuestas.	17
1. ¿Qué es la ingeniería del agua?	17
a. La ingeniería del agua es un subconjunto de la ingeniería civil	17
b. La ingeniería del agua y la ingeniería de recursos hídricos	19
2. ¿Por qué es tan importante la ingeniería del agua?	19
a. La Directiva Marco del Agua	19
b. La ONU y la política global del agua.	20
3. ¿Qué hace un ingeniero de recursos hídricos (ingeniero del agua)?	22
a. ¿Qué hacen los ingenieros hidráulicos (ingenieros del agua)?	22
b. Ocupaciones profesionales de los ingenieros de recursos hídricos (ingenieros del agua)	23
c. Funciones de los ingenieros de recursos hídricos (ingenieros del agua)	23
4. ¿Cuáles son las funciones de un ingeniero civil en el sector de los recursos hídricos?	25
a. Planificar, diseñar, adquirir, construir, administrar y operar la infraestructura del agua.	25
b. Funciones del ingeniero de recursos hídricos (ingeniero del agua).	26
5. ¿Cómo se potabiliza el agua?	27
a. ¿De dónde proviene el agua que se utiliza para producir agua potable?	27
El agua subterránea	27
Aguas superficiales	28
b. ¿Cuáles son las diferentes etapas de la producción de agua potable?	28
Cribado	28
El tamizado	28
Floculación-coagulación (o sedimentación)	28
Filtración de arena	29
Ozonización	29
Cloración	29
c. Control de calidad y control sanitario	29
d. ¿Cuáles son los estándares de calidad y seguridad aplicados?	30
Límites de calidad	30
Referencias de calidad	30
e. ¿Cómo llega el agua potable a nuestros grifos?	30
f. ¿Qué pasa con el agua consumida?	31
6. ¿Qué es la desalinización?	31
a. Concepto de desalinización	31
b. Clases de desalinizadoras	32
La desalinización evaporativa	32
Desalinizadores de efecto múltiple	32
Desalinizadora multiflash	33
Desalinizadoras de recompresión	33
Desalinizadoras de permeación	33
Desalinización por intercambio iónico	34
Plantas combinadas	34
7. ¿Por qué son tan importantes para las desalinizadoras?	34
a. ¿Qué es la planta desalinizadora?	35
b. Proporciona agua dulce a las industrias	35
c. Mejora de la calidad del agua	35
d. Reducir los problemas de escasez de agua	36
e. Seguro de usar	36



8. ¿Cuáles son los procesos de desalinización?	36
a. Ósmosis inversa (RO) y nanofiltración (NF) -	36
b. Evaporación multiefecto (MED) y evaporación instantánea multietapa (MSF)	37
c. Plantas de ósmosis directa (FO)	37
d. Plantas de destilación de membranas (MD)	37
9. ¿Cómo funcionan las desalinizadoras de ósmosis inversa?	38
a. Funcionamiento de una desalinizadora de ósmosis inversa.	38
b. Ventajas de la ósmosis inversa para el tratamiento del agua de mar	39
10. ¿Cómo funcionan las unidades de destilación descentralizada?	40
11. ¿Cómo es el tratamiento de aguas residuales?	40
a. Tratamiento físico de aguas residuales	41
b. Tratamiento químico de aguas residuales	41
c. Tratamiento biológico de aguas residuales	41
12. ¿Cuáles son los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales?	41
a. El tratamiento de aguas residuales	41
b. La necesidad de reducir las cargas de sólidos orgánicos	42
c. Procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales	43
1. Tratamiento preliminar	43
2. Tratamiento primario	43
3. Tratamiento secundario	45
d. Lodo activado	46
e. Filtros de goteo o biofiltro	46
f. Contactores biológicos rotativos	47
g. Tratamiento terciario y / o avanzado	47
h. Desinfección	48
i. Almacenamiento de efluentes	48
PARTE PRIMERA	50
Ingeniería de infraestructuras del ciclo integral del agua y gestión de residuos	50
Capítulo 1. Ingeniería de infraestructuras del ciclo integral del agua y gestión de residuos	50
1. Ciclo Hidrológico y su Importancia en la Ingeniería Civil	50
2. Principios de Hidráulica e Hidrología Aplicada	51
3. Calidad del Agua y Parámetros de Diseño	53
Capítulo 2. Legislación y Normativa	55
1. Legislación Internacional y Comparativa	55
2. Normativas Nacionales y Regionales	56
3. Estándares de Diseño y Construcción	58
Principales Estándares y Directrices	58
Áreas Cubiertas por los Estándares	58
Importancia en Proyectos de Agua y Residuos	58
Capítulo 3. Captación y Aducción de Agua	60
1. Diseño de Embalses y Presas	60
Aspectos Clave en el Diseño de Embalses y Presas	60
Consideraciones de Seguridad y Estabilidad	60
Impacto Ambiental y Social	61
2. Sistemas de Bombeo y Estaciones de Elevación	61
3. Conducciones y Canalizaciones de Agua	63
Tipos de Conducciones y Canalizaciones	63
Diseño y Selección de Materiales	63



Aspectos Hidráulicos en el Diseño _____	63
Consideraciones de Instalación y Mantenimiento _____	63
Capítulo 4. Desalación de Agua Marítima y Salobre _____	65
1. La Desalinización como la Gran Industria del Futuro _____	65
2. ¿Qué es una Planta Desaladora? Tecnologías y Procesos _____	66
Descripción General de una Planta Desaladora _____	66
Tecnologías de Desalinización Principales _____	67
Proceso de Desalinización _____	67
Gestión de la Salmuera _____	67
3. Diseño y Operación de Plantas Desaladoras _____	68
Aspectos Clave en el Diseño de Plantas Desaladoras _____	68
Operación Eficiente de Plantas Desaladoras _____	68
Sostenibilidad y Consideraciones Ambientales _____	68
4. Casos Prácticos y Desarrollos Futuros en Desalinización _____	69
Capítulo 5. Plantas Potabilizadoras _____	71
1. Procesos y Tecnologías de Potabilización _____	71
2. Diseño de Plantas Potabilizadoras _____	72
Consideraciones Iniciales en el Diseño _____	72
Proceso de Tratamiento en Plantas Potabilizadoras _____	73
Aspectos de Sostenibilidad y Eficiencia _____	73
3. Operación y Mantenimiento de Instalaciones Potabilizadoras _____	74
Aspectos Clave en la Operación de Plantas Potabilizadoras _____	74
Mantenimiento Preventivo y Correctivo _____	74
Gestión de Residuos y Subproductos _____	74
Capacitación y Seguridad del Personal _____	74
Capítulo 6. Saneamiento de Aguas Residuales Urbanas _____	76
1. Fundamentos y Procesos de Tratamiento Urbano _____	76
Características de las Aguas Residuales Urbanas _____	76
Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas _____	76
Gestión de Lodos y Residuos del Proceso _____	77
Aspectos Clave en la Operación y Mantenimiento _____	77
2. Diseño de Sistemas de Saneamiento Urbano _____	77
Aspectos Clave en el Diseño del Saneamiento Urbano _____	78
Tecnologías y Componentes del Sistema _____	78
Consideraciones Ambientales y de Sostenibilidad _____	78
Aspectos Socioeconómicos y Regulatorios _____	78
3. Estrategias y Tecnologías para el Saneamiento Avanzado _____	79
Innovaciones en el Tratamiento de Aguas Residuales _____	79
Gestión de Nutrientes y Recuperación de Recursos _____	79
Sistemas de Saneamiento Basados en la Naturaleza _____	79
Integración de Sistemas Inteligentes y Automatización _____	80
Capítulo 7. Sistema Completo de Reutilización de Aguas Residuales _____	81
1. Principios de la Reutilización y Reciclaje de Aguas _____	81
Conceptos Básicos de Reutilización y Reciclaje _____	81
Tecnologías de Tratamiento Avanzado para la Reutilización _____	81
Aspectos Regulatorios y de Salud Pública _____	82
Sostenibilidad y Beneficios Ambientales _____	82
2. Tecnologías y Sistemas para la Reutilización de Aguas Residuales _____	82
Tecnologías de Tratamiento para la Reutilización _____	83
Sistemas de Recolección y Distribución _____	83



Aplicaciones de las Aguas Residuales Recicladas _____	83
Aspectos Regulatorios y de Calidad del Agua _____	83
3. Integración de Sistemas de Reutilización en la Gestión del Agua _____	84
Capítulo 8. Gestión de Residuos Sólidos _____	86
1. Caracterización y Clasificación de Residuos _____	86
Principios de Caracterización de Residuos _____	86
Sistemas de Clasificación de Residuos _____	86
Importancia en la Gestión de Residuos _____	87
2. Diseño de Sistemas de Recolección y Transporte _____	87
3. Tecnologías de Tratamiento y Disposición Final _____	89
Capítulo 9. Recuperación y Reciclaje de Recursos _____	91
1. Economía Circular en la Gestión de Residuos _____	91
2. Técnicas de Reciclaje y Valorización de Residuos _____	92
3. Casos de Éxito en la Recuperación de Recursos _____	94
Capítulo 10. Aspectos Económicos y Financieros _____	96
1. Costes de Inversión y Operación _____	96
Costes de Inversión en Proyectos de Agua y Residuos _____	96
Costes Operativos y de Mantenimiento _____	96
Estrategias para la Gestión de Costes _____	97
2. Modelos de Financiación y Viabilidad Económica _____	97
3. Gestión de Proyectos y Control de Costes _____	99
Planificación y Gestión de Proyectos _____	99
Control de Costes Durante el Proyecto _____	99
Herramientas y Técnicas para la Gestión de Proyectos _____	99
Evaluación Post-Proyecto _____	99
Capítulo 11. Sostenibilidad y Medio Ambiente _____	101
1. Evaluación de Impacto Ambiental en Proyectos de Agua y Residuos _____	101
Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental _____	101
Consideraciones Clave en la EIA _____	101
Participación Pública y Comunicación _____	102
Seguimiento y Evaluación Post-Proyecto _____	102
2. Estrategias de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático _____	102
Estrategias de Mitigación en la Gestión del Agua y Residuos _____	103
Estrategias de Adaptación al Cambio Climático _____	103
Participación y Concienciación Comunitaria _____	103
Monitoreo y Evaluación Continua _____	103
3. Integración de Energías Renovables en Proyectos de Infraestructura _____	104
Capítulo 12. Gestión y Operación de Infraestructuras _____	106
1. Mantenimiento y Vida Útil de Infraestructuras _____	106
2. Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Gestión del Agua _____	107
3. Automatización y Control de Procesos _____	109
Aplicaciones de la Automatización en la Gestión del Agua y Residuos _____	109
Beneficios de la Automatización _____	109
Tecnologías de Control de Procesos _____	109
Integración de Datos y Análisis _____	110
Desafíos y Consideraciones _____	110
Capítulo 13. Seguridad y Salud Ocupacional _____	111



1. Normas de Seguridad en la Construcción y Operación de Infraestructuras	111
2. Gestión de Riesgos Laborales y Ambientales	112
3. Programas de Salud Ocupacional y Vigilancia	114
Capítulo 14. Innovación y Futuro de la Ingeniería del Agua y Residuos	116
1. Tendencias Emergentes y Tecnologías Disruptivas	116
Innovaciones en la Gestión del Agua	116
Avances en la Gestión de Residuos	116
Impacto Ambiental y Sostenibilidad:	117
Desafíos y Oportunidades	117
2. Desafíos Futuros y la Ingeniería de Resiliencia	117
3. Casos de Estudio y Lecciones Aprendidas	119
PARTE SEGUNDA.	121
Desalación de agua marina y salobre.	121
Capítulo 15. Mercado Internacional del agua. Desequilibrios internacionales.	121
1. Desequilibrios internacionales de disponibilidad del agua.	121
2. El ejemplo de la ingeniería del agua en España.	122
3. El problema económico: los costes de la desalinización.	123
4. La desalinización y el medioambiente.	124
Mejoras en la eficiencia energética	124
Tratamiento previo y membranas avanzadas	125
Gestión de las salmueras	125
Energía renovable	125
Capítulo 16. La desalinización como la gran industria del futuro.	126
1. 250 millones de personas en todo el mundo dependen de la desalinización para su abastecimiento de agua	126
Desarrollo de tecnologías eficientes	126
Membranas de alto rendimiento	126
Procesos de pre-tratamiento	127
Integración de energía renovable	127
Impacto ambiental	127
Colaboración internacional	127
2. Las tecnologías futuras	127
La Desalinización de Adsorción (DA)	128
La Desalinización por Membrana (DM)	128
Los procesos de Ósmosis Progresiva (OP)	128
Capítulo 17. Desalación.	130
1. ¿Qué es la desalación del agua?	130
2. ¿Qué es una planta desaladora?	131
3. Procedimientos de desalación.	132
Ósmosis Inversa	132
Destilación	132
Congelación	132
Evaporación Relámpago	132
Formación de Hidratos	132
4. Caso Práctico: Optimización de una Planta Desaladora	133
Capítulo 18. Etapas de la ósmosis inversa.	135



1. Etapas de la ósmosis inversa	135
2. La captación de agua de mar	136
3. El pretratamiento de una instalación de desalinización.	137
a. Pretratamientos para los procesos de desalación por membranas.	138
b. Pretratamientos físico-químicos (decantación, filtración, etc.)	139
c. Pretratamiento mediante membranas	140
Microfiltración (MF)	141
Ultrafiltración (UF)	141
Nanofiltración (NF)	141
d. Pretratamientos para procesos de destilación.	142
Eliminación de incrustaciones	142
Desgasificación y descarbonatación	142
Eliminación de espumas y antiespumantes	142
4. Recuperación de energía. Bombeo de alta presión	143
Turbinas de contrapresión	143
Turbinas tipo Pelton	143
Cámaras intercambiadoras de presión	143
5. Proceso de ósmosis inversa.	144
Calidad del agua desalada	144
Recuperación de energía	144
Diseño de sistemas	144
Avances en membranas	144
Sostenibilidad	145
6. Postratamiento.	145
Remineralización	145
Ajuste del pH	145
Desgasificación	146
Control de la calidad	146
7. Vertido de salmuera	146
Impacto Ambiental Local	146
Dilución Controlada	147
Disposición en Zonas Específicas	147
Impacto en la Vida Marina	147
8. Caso Práctico: Etapas de la ósmosis inversa. Eficiencia en Planta de Desalinización por Ósmosis Inversa	147
9. Caso Práctico: Optimización del Consumo de Energía en la Desalación Marina mediante Ósmosis Inversa	149
Implementación de Membranas de Ósmosis Inversa de Alta Eficiencia	149
Uso de Recuperadores de Energía Isobáricos	149
Optimización de los Sistemas de Bombeo y Motores	150
Monitoreo y Control Automatizado del Proceso	150
10. Caso Práctico: Mitigación del Impacto Ambiental de la Salmuera en la Desalación Marina	151
Predilución de la Salmuera con Agua de Mar	151
Uso de Cámaras Isobáricas en el Proceso de Desalación	151
Integración de Membranas de Baja Presión	151
Mejoras en la Arquitectura de las Centrales de Desalación	152
Capítulo 19. Consultoría y asistencia técnica de supervisión, ambiental en las plantas desaladoras.	153
1. Vertidos	153
2. Efectos negativos de la salmuera	155
3. Estrategia de vertido.	155



4. Metodología _____	156
5. Caso Práctico: Consultoría y asistencia técnica de supervisión ambiental en las plantas desaladoras. Caso Práctico: Supervisión Ambiental en Plantas Desaladoras _____	158
Capítulo 20. Técnicas de desalación. Ósmosis inversa. _____	160
1. Las tecnologías de membrana. Membrana semipermeable. _____	160
2. Densidad de empaquetado de membrana. _____	161
3. Membrana en tubo de PVC. Fibras. _____	162
4. Las fórmulas de la ósmosis inversa _____	163
5. La capacidad de una planta desaladora por ósmosis inversa. _____	164
6. Nanofiltración _____	165
7. Electrodiálisis. _____	166
8. Espaciadores. Láminas de polietileno. _____	167
9. Caso Práctico: Técnicas de desalación. Ósmosis inversa. Avances en Técnicas de Desalación por Ósmosis Inversa _____	168
10. Caso Práctico: Proyecto básico de la estación de desalación de agua de mar mediante ósmosis inversa. Desarrollo de una Estación de Desalación por Ósmosis Inversa _____	170
1. Justificación Económica del Proyecto _____	170
2. Contenido del Proyecto _____	170
3. Capacidad de la Instalación _____	170
4. Características del Agua del Mar y Concentraciones de las Sales Disueltas _____	170
5. Calidad del Agua Desalada: Valores Paramétricos para el Agua Potable _____	170
6. Obras e Instalaciones Necesarias para la Ejecución de las Distintas Fases del Proceso _	171
7. Instalaciones _____	171
8. Almacenamiento de Agua Tratada y Tuberías _____	172
9. Medición y Control _____	172
10. Captación Agua de Mar, Impulsión y Tubería de Restitución de Salmuera _____	172
11. Edificio de Proceso _____	172
12. Depósito de Agua Tratada _____	172
13. Control Técnico y Puesta a Punto _____	172
Capítulo 21. Tecnología de la desalación. _____	173
1. Técnicas de destilación _____	173
2. Procesos de evaporación. _____	174
Proceso de Evaporación Multietapa (MSF) _____	174
Proceso de Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales (HTME) _____	174
Proceso de Compresión de Vapor (Mecánica y Térmica) _____	175
3. Caso Práctico: Tecnología de la desalación. Implementación de Tecnologías de Destilación en Desalación _____	175
Capítulo 22. Postratamiento del agua desalada. Calidad del agua. _____	177
1. Postratamiento del agua desalada. Calidad del agua. _____	177
Eliminación de CO2 o descarbonatación _____	177
Intercambio Iónico _____	177
Intercambio catiónico _____	178
Acondicionamiento químico _____	178
Desinfección _____	178
2. Caso Práctico: Optimización del Postratamiento en Planta Desaladora _____	179
3. Caso Práctico: Implementación de un Manual de Operación y Mantenimiento en _____	



una Planta de Desalación _____	180
PARTE TERCERA _____	183
Plantas potabilizadoras. _____	183
Capítulo 23. Plantas potabilizadoras _____	183
1. Plantas potabilizadoras _____	183
2. Funcionamiento. _____	184
2. Caso Práctico: Eficiencia y Sostenibilidad en Plantas Potabilizadoras _____	185
3. Caso Práctico: Implementación de Plantas Potabilizadoras Estandarizadas con Módulos de Potabilización _____	187
4. Caso Práctico: Despliegue de Plantas Potabilizadoras Móviles Prefabricadas _____	189
PARTE CUARTA _____	191
Saneamiento de aguas residuales urbanas. _____	191
Capítulo 24. El origen del saneamiento de Aguas residuales urbanas. _____	191
1. Evolución histórica del saneamiento de las aguas residuales. _____	191
2. La gestión privada del servicio público de gestión de aguas residuales. _____	193
Capítulo 25. Tratamiento de Aguas residuales urbanas. Reutilización. _____	195
1. Tratamiento de aguas residuales _____	195
2. Tipos de tratamiento de aguas residuales urbanas. _____	196
3. Caso Práctico: Innovaciones en el Tratamiento y Reutilización de Aguas Residuales Urbanas _____	197
PARTE QUINTA. _____	200
Conducciones y canalizaciones de agua. _____	200
Capítulo 26. Conducciones y canalizaciones de agua. _____	200
1. Sistemas de conducción de agua. _____	200
2. El problema de la corrosión de canalizaciones metálicas y de hormigón. _____	201
3. Tuberías de materiales plásticos y poliéster reforzado con fibra de vidrio. _____	202
Tuberías de PRFV _____	202
Tuberías de Materiales Plásticos _____	203
4. Caso Práctico: Modernización de Conducciones y Canalizaciones de Agua _____	203
5. Caso Práctico: Optimización de Conductos Prefabricados de Hormigón en Redes de Saneamiento _____	205
Resistencia a Sales Solubles y Ataque por Sulfatos _____	205
Resistencia a la Carbonatación _____	205
Resistencia a Ácidos y Lixiviación por Aguas Puras _____	205
Resistencia a la Reacción Árido-Álcali y a la Corrosión de la Armadura _____	206
6. Caso Práctico: Implementación de Tubos de Materiales Termoplásticos en una Red de Distribución de Agua _____	207
Selección de Diámetro Nominal (DN) Apropriado _____	207
Aplicación de Tubos de Pared Estructurada _____	207
Instalación y Conexión de Tubos Termoplásticos _____	207
Consideración de Factores Ambientales _____	207
Capítulo 27. Régimen de presión hidráulica en el sistema de distribución del agua. _____	209



1. Régimen de presión hidráulica en el sistema de distribución del agua. _____	209
2. Marcado y trazabilidad de las tuberías. _____	210
3. Caso Práctico: Gestión Eficiente del Régimen de Presión Hidráulica en Sistemas de Distribución de Agua _____	212
4. Caso Práctico: Implementación de Tuberías de PVC en Sistema Municipal de Abastecimiento y Saneamiento _____	213
Selección de Tuberías para Diversas Aplicaciones _____	213
Adecuación a las Condiciones de Presión y Carga _____	213
Instalación y Conexión de Tuberías: _____	214
Manejo del Drenaje y Reutilización de Aguas Residuales _____	214
5. Caso Práctico: Implementación de Tuberías de Polietileno en Sistema Municipal de Abastecimiento, Saneamiento y Riego _____	215
Selección y Clasificación de Tuberías para Diversas Aplicaciones _____	215
Instalación y Conexión de Tuberías _____	215
Aplicaciones Específicas como Microirrigación y Drenaje Profundo _____	215
Rehabilitación de Conducciones Existentes y Conducciones sin Apertura de Zanja _____	216
6. Caso Práctico: Implementación de Tuberías de PRFV en Sistema Municipal de Abastecimiento y Saneamiento _____	216
Selección de Tuberías para Diversas Aplicaciones _____	217
Adaptación a Condiciones de Presión y Carga _____	217
Instalación y Conexión de Tuberías _____	217
Aplicaciones Específicas como Aprovechamientos Hidroeléctricos y Emisarios Submarinos _____	217
PARTE SEXTA _____	219
Casos prácticos de Ingeniería de infraestructuras del ciclo integral del agua y gestión de residuos _____	219
Capítulo 28. Casos prácticos de Ingeniería de infraestructuras del ciclo integral del agua y gestión de residuos _____	219
Caso Práctico 1: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Optimización de una Red de Distribución de Agua Urbana _____	219
Causa del Problema _____	219
Soluciones Propuestas _____	220
Reemplazo de Tuberías Antiguas _____	220
Implementación de un Sistema de Gestión de Presión Avanzado _____	220
Sistema de Detección de Fugas _____	220
Consecuencias Previstas _____	220
Resultados de las Medidas Adoptadas _____	220
Lecciones Aprendidas _____	220
Caso Práctico 2: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Implementación de un Sistema de Reutilización de Aguas Residuales Urbanas _____	222
Causa del Problema _____	222
Soluciones Propuestas _____	222
Establecimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con Capacidad de Reutilización _____	222
Tecnologías de Tratamiento Avanzado _____	222
Sistema de Distribución para Agua Reutilizada _____	222
Consecuencias Previstas _____	222
Resultados de las Medidas Adoptadas _____	223
Lecciones Aprendidas _____	223
Caso Práctico 3: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Desarrollo de un Sistema Integrado de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos _____	224



Causa del Problema	224
Soluciones Propuestas	224
Implementación de un Sistema de Recolección Selectiva	224
Creación de Plantas de Tratamiento y Reciclaje	224
Programa de Sensibilización Ciudadana	224
Desarrollo de un Vertedero Sanitario con Recuperación de Energía	224
Consecuencias Previstas	225
Resultados de las Medidas Adoptadas	225
Lecciones Aprendidas	225

Caso Práctico 4: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Implementación de un Sistema de Aguas Pluviales Sostenible en un Entorno Urbano **226**

Causa del Problema	226
Soluciones Propuestas	226
Creación de Infraestructuras de Drenaje Sostenible (SuDS)	226
Integración de Sistemas de Recolección y Reutilización de Aguas Pluviales	226
Mejoras en el Sistema de Alcantarillado	226
Consecuencias Previstas	226
Resultados de las Medidas Adoptadas	227
Lecciones Aprendidas	227

Caso Práctico 5: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Modernización de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Tecnologías Avanzadas **228**

Causa del Problema	228
Soluciones Propuestas	228
Integración de Procesos de Tratamiento Biológico Avanzado	228
Sistemas de Membranas para Tratamiento Terciario	228
Automatización y Monitoreo en Tiempo Real	228
Generación de Energía a partir de Residuos	228
Consecuencias Previstas	228
Resultados de las Medidas Adoptadas	229
Lecciones Aprendidas	229

Caso Práctico 6: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Implementación de un Sistema de Drenaje Urbano Sostenible **230**

Causa del Problema	230
Soluciones Propuestas	230
Construcción de Infraestructura Verde	230
Sistemas de Almacenamiento y Reutilización de Aguas Pluviales	230
Renovación de la Red de Alcantarillado	230
Educación y Participación Ciudadana	230
Consecuencias Previstas	230
Resultados de las Medidas Adoptadas	231
Lecciones Aprendidas	231

Caso Práctico 7: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Modernización de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales **232**

Causa del Problema	232
Soluciones Propuestas	232
Actualización Tecnológica	232
Automatización y Control Remoto	232
Gestión Mejorada de Lodos	232
Capacitación del Personal y Concienciación Comunitaria	232
Consecuencias Previstas	232
Resultados de las Medidas Adoptadas	233
Lecciones Aprendidas	233

Caso Práctico 8: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL



AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Instalación de Plantas Potabilizadoras Estandarizadas	234
Causa del Problema	234
Soluciones Propuestas Detalladas	234
Instalación de Plantas Potabilizadoras Estandarizadas	234
Uso de Módulos de Potabilización Prefabricados	234
Sistemas de Filtración Avanzada y Desinfección	234
Control Automatizado del Proceso de Potabilización	235
Consecuencias Previstas	235
Resultados de las Medidas Adoptadas	235
Lecciones Aprendidas	235

Caso Práctico 9: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS - Optimización del Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas	236
Causa del Problema	236
Soluciones Propuestas	236
Ampliación de la capacidad de tratamiento	236
Mejora tecnológica	236
Gestión de lodos	236
Programas de concientización y educación	236
Consecuencias Previstas	236
Resultados de las Medidas Adoptadas	237
Lecciones Aprendidas	237

Caso Práctico 10: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Rehabilitación y Modernización de Sistemas de Conducción de Agua	238
Causa del Problema	238
Soluciones Propuestas	238
Sustitución de Tuberías Antiguas	238
Implementación de Tecnologías de Detección de Fugas	238
Mejoras en la Gestión de la Red	238
Consecuencias Previstas	238
Resultados de las Medidas Adoptadas	239
Lecciones Aprendidas	239

Caso Práctico 11: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Implementación de Sistemas de Telegestión en la Red de Distribución de Agua	240
Causa del Problema	240
Soluciones Propuestas	240
Instalación de un Sistema de Telegestión	240
Automatización del Control de la Red	240
Capacitación del Personal y Actualización de Protocolos	240
Consecuencias Previstas	240
Resultados de las Medidas Adoptadas	241
Lecciones Aprendidas	241

Caso Práctico 12: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Rehabilitación de Estaciones de Bombeo Antiguas	242
Causa del Problema	242
Soluciones Propuestas	242
Modernización de Equipos	242
Sistemas de Control Automatizados	242
Mejoras en la Infraestructura	242
Consecuencias Previstas	242
Resultados de las Medidas Adoptadas	243
Lecciones Aprendidas	243

Caso Práctico 13: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL	
--	--



AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Implementación de Tecnologías IoT para la Gestión de Residuos	244
Causa del Problema	244
Soluciones Propuestas	244
Sensores IoT en Contenedores	244
Optimización de Rutas de Recolección	244
Aplicación Móvil para Ciudadanos	244
Consecuencias Previstas	244
Resultados de las Medidas Adoptadas	244
Lecciones Aprendidas	245

Caso Práctico 14: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Modernización de Plantas de Tratamiento de Aguas con Tecnología de Membranas **246**

Causa del Problema	246
Soluciones Propuestas	246
Implementación de Tecnología de Membranas	246
Capacitación del Personal	246
Actualización de Infraestructura	246
Consecuencias Previstas	246
Resultados de las Medidas Adoptadas	246
Lecciones Aprendidas	247

Caso Práctico 15: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y Recuperación de Energía **248**

Causa del Problema	248
Soluciones Propuestas	248
Implementación de una Planta de Valorización Energética	248
Programas de Reciclaje y Compostaje	248
Sensibilización Ciudadana	248
Consecuencias Previstas	248
Resultados de las Medidas Adoptadas	248
Lecciones Aprendidas	249

Caso Práctico 16: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Modernización de la Infraestructura de Alcantarillado para la Prevención de Inundaciones **250**

Causa del Problema	250
Soluciones Propuestas	250
Renovación del Sistema de Alcantarillado	250
Instalación de Sistemas de Retención y Almacenamiento Temporal de Aguas Pluviales	250
Incorporación de Infraestructura Verde	250
Consecuencias Previstas	250
Resultados de las Medidas Adoptadas	251
Lecciones Aprendidas	251

Caso Práctico 17: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Optimización de la Recolección y Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos **252**

Causa del Problema	252
Soluciones Propuestas	252
Mejora en la Recolección de Residuos	252
Promoción de la Separación en Origen	252
Actualización de las Instalaciones de Tratamiento	252
Consecuencias Previstas	252
Resultados de las Medidas Adoptadas	252
Lecciones Aprendidas	253

Caso Práctico 18: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Implementación de Sistemas de Drenaje Sostenible en Áreas Urbanas **254**



Causa del Problema	254
Soluciones Propuestas	254
Desarrollo de Infraestructura de Drenaje Verde	254
Renovación del Sistema de Drenaje Existente	254
Implementación de Tecnologías Inteligentes	254
Consecuencias Previstas	254
Resultados de las Medidas Adoptadas	255
Lecciones Aprendidas	255

Caso Práctico 19: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Gestión de Residuos Peligrosos en la Industria Química

Química	256
Causa del Problema	256
Soluciones Propuestas	256
Implementación de Procesos de Producción Más Limpios	256
Sistemas de Tratamiento en Sitio	256
Gestión de Residuos a través de Terceros Especializados	256
Consecuencias Previstas	256
Resultados de las Medidas Adoptadas	257
Lecciones Aprendidas	257

Caso Práctico 20: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Rehabilitación de Vertederos Incontrolados

Rehabilitación de Vertederos Incontrolados	258
Causa del Problema	258
Soluciones Propuestas	258
Evaluación Ambiental Detallada	258
Confinamiento y Sellado del Vertedero	258
Recuperación y Tratamiento de Suelos y Aguas Contaminadas	258
Consecuencias Previstas	258
Resultados de las Medidas Adoptadas	258
Lecciones Aprendidas	259

Caso Práctico 21: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Implementación de Sistemas de Aguas Grises en Zonas Urbanas

Implementación de Sistemas de Aguas Grises en Zonas Urbanas	260
Causa del Problema	260
Soluciones Propuestas	260
Instalación de Sistemas de Recolección de Aguas Grises	260
Tratamiento y Reutilización de Aguas Grises	260
Campañas de Concienciación	260
Consecuencias Previstas	260
Resultados de las Medidas Adoptadas	261
Lecciones Aprendidas	261

Caso Práctico 22: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Optimización de la Gestión de Residuos Sólidos en Áreas Metropolitanas

Optimización de la Gestión de Residuos Sólidos en Áreas Metropolitanas	262
Causa del Problema	262
Soluciones Propuestas	262
Implementación de Programas de Reciclaje y Compostaje	262
Innovaciones en la Recolección de Residuos	262
Concienciación y Participación Ciudadana	262
Consecuencias Previstas	262
Resultados de las Medidas Adoptadas	263
Lecciones Aprendidas	263

Caso Práctico 23: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Modernización de Sistemas de Alcantarillado para Prevenir Inundaciones Urbanas

Modernización de Sistemas de Alcantarillado para Prevenir Inundaciones Urbanas	264
Causa del Problema	264
Soluciones Propuestas	264
Rediseño y Ampliación del Sistema de Alcantarillado	264



Creación de Infraestructuras Verdes _____	264
Sistemas de Alerta Temprana y Planificación de Emergencias _____	264
Consecuencias Previstas _____	264
Resultados de las Medidas Adoptadas _____	265
Lecciones Aprendidas _____	265

Caso Práctico 24: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Implementación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Grises en Edificios Urbanos _____ 266

Causa del Problema _____	266
Soluciones Propuestas _____	266
Instalación de Sistemas de Recolección y Tratamiento de Aguas Grises _____	266
Capacitación y Concienciación _____	266
Incentivos y Subvenciones _____	266
Consecuencias Previstas _____	266
Resultados de las Medidas Adoptadas _____	267
Lecciones Aprendidas _____	267

Caso Práctico 25: INGENIERÍA DE INFRAESTRUCTURAS DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA Y GESTIÓN DE RESIDUOS. Desarrollo de un Parque Tecnológico de Reciclaje y Energía Sostenible _____ 268

Causa del Problema _____	268
Soluciones Propuestas _____	268
Creación de un Parque Tecnológico de Reciclaje y Energía Sostenible _____	268
Colaboración con Universidades y Centros de Investigación _____	268
Integración de la Comunidad Local en Procesos de Reciclaje _____	268
Consecuencias Previstas _____	268
Resultados de las Medidas Adoptadas _____	269
Lecciones Aprendidas _____	269



¿QUÉ APRENDERÁ?



- Comprensión completa del ciclo integral del agua, desde la captación hasta la distribución y tratamiento.
- Técnicas avanzadas de tratamiento de aguas residuales y su reutilización.
- Gestión eficiente de los sistemas de drenaje urbano para prevenir inundaciones.
- Implementación y mantenimiento de infraestructuras verdes en la gestión del agua.
- Estrategias para la optimización del consumo y suministro de agua potable.
- Tecnologías innovadoras en la gestión de residuos sólidos urbanos y su reciclaje.
- Metodologías para la rehabilitación y modernización de sistemas de alcantarillado.
- Aplicación de soluciones basadas en IoT para la mejora de los sistemas de agua y residuos.
- Desarrollo y gestión de proyectos sostenibles en el ámbito de la ingeniería ambiental.
- Implementación de prácticas de economía circular en la gestión de residuos y recursos hídricos.
- Cuestiones relevantes en la gestión del agua y residuos.
- Impacto del cambio climático en la gestión del agua y cómo adaptarse a estos desafíos.



PRELIMINAR

La ingeniería del agua en 12 preguntas y respuestas.



1. ¿Qué es la ingeniería del agua?

a. La ingeniería del agua es un subconjunto de la ingeniería civil