

55. EXPLOTACIÓN, CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES (EDAR).

i. Consideraciones teóricas

55.1. Características de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR)

Una estación depuradora de aguas residuales consiste en la disposición, a la escala necesaria, de los distintos equipos necesarios para tal fin. Dichos elementos deben de funcionar en continuo de forma simultánea y estar convenientemente sincronizados ya que una disfunción en cualquier dispositivo va a perturbar las operaciones que se lleven a cabo aguas abajo en la línea de tratamiento y por lo tanto, afectar a la eficacia de depuración.

Al igual que en cualquier proceso industrial, la operación adecuada de una depuradora depende del correcto funcionamiento de todos sus elementos. Por ello, las labores de conservación, mantenimiento y explotación, sobre las que trata el presente capítulo, deberán ser las adecuadas si se quieren evitar problemas en la operación.

55.2. Conservación

La conservación hace referencia a la preservación y subsistencia de los diferentes elementos integrantes de la planta, independientemente de su funcionamiento. Se trata por tanto de reducir el envejecimiento de los elementos por la acción del medio (fenómenos atmosféricos, atmósferas corrosivas, humedad, depósito de suciedad...) y por otras agresiones físico-químicas que pudieran sufrir. Por lo tanto se habrá de cuidar el buen uso de todos los elementos (de proceso y auxiliares) que constituyen la instalación para evitar su deterioro y, consecuentemente, la realización de costosas reparaciones.

La conservación se ha de extender, tanto a los **elementos que están en uso** como a los **equipos o líneas que están en reserva** ante posibles fallos o exigencias de funcionamiento.

Las operaciones de conservación **comunes** a ambos tipos de elementos serían la limpieza de instalaciones y equipos, repintado de elementos, depósitos estructuras y otra obra civil y su revisión.

Para las **unidades** que están en **reserva** se deben realizar pruebas de funcionamiento programadas para verificar su disponibilidad así como revisión de estopadas y otros elementos de estanqueidad.

Para las **instalaciones** que están en **operación** habrá que revisar periódicamente el correcto accionamiento y las condiciones de limpieza de los elementos móviles de tipo mecánico, fundamentalmente válvulas.

Las operaciones de conservación deberán realizarse de acuerdo con una planificación predeterminada (ver Tablas 55.1 y 55.2) en función de datos existentes o de lo que dicte la experiencia o bien en función de las necesidades evidentes que se detecten.

Las labores de limpieza, por ejemplo, vana a depender mucho del estado de conservación de los equipos (menos fugas de aceites, por ejemplo) y de cómo se lleven a cabo las operaciones que entrañen riesgo de ensuciamiento para el entorno. Siguiendo la máxima de que “no es más limpio quien más limpia sino quien menos ensucia”, unos procedimientos de operación adecuados y conocidos por el personal permitirán reducir las operaciones de limpieza, permitiendo redirigir el esfuerzo de trabajo a otras áreas.

Tabla 55.1. Parte modelo de conservación de maquinaria.

EDAR "LA LIMPIA"													
PARTE DE CONSERVACIÓN. MAQUINARIA													Fecha:
MÁQUINA	Turno 1				Turno 2				Turno 3				Observaciones /firmas
	L	E	F	P	L	E	F	P	L	E	F	P	
Cuchara bivalva													
Desarenador (bomba)													
Desarenador (puente)													
Reja autolimpiante													
Cinta transportadora													
Arquímedes 1													
Arquímedes 2													
.....													
.....													

Símbolos: L, limpieza; E, engrase; F, reparación de fugas; P, pintura

Tabla 55.2. Parte modelo de limpieza.

EDAR "LA LIMPIA"													
PARTE DE LIMPIEZA													Fecha:
ZONA	Turno 1		Turno 2		Turno 3		Observaciones /firmas						
	O	E	O	E	O	E							
Viales de acceso													
Nave de desbaste													
Patio desarenadores													
Sala de soplantes													
.....													
.....													

Símbolos: O, ordinaria; E, extraordinaria.

55.3. Mantenimiento

El mantenimiento se entiende como el conjunto de las acciones llevadas a cabo con el propósito de que todos los elementos (edificios, máquinas, instalaciones, aparatos y efectos) se encuentren en condiciones adecuadas de uso o funcionamiento según proceda. Todo ello con el propósito de conseguir una alta productividad y calidad de servicio de la forma más económica posible.

Las estaciones depuradoras funcionan de manera ininterrumpida durante años, día y noche, con muchos equipos a la intemperie y/o situados en entornos agresivos (humedad, corrosión, abrasión). Por lo tanto, el mantenimiento resulta vital para que la planta esté continuamente operativa.

Un correcto mantenimiento deberá:

- Reducir al máximo el envejecimiento ocasionado por el funcionamiento.
- Reducir o eliminar los riesgos de averías en elementos vitales.
- Reducir el tiempo de parada en las reparaciones y que éstas se realicen en las mejores condiciones.
- Minimizar la probabilidad de accidentes graves eliminando sus causas.
- Verificar la calidad de los materiales y su posterior montaje.
- Mejorar el estado general del material de la instalación.

- Detectar y/o evitar consumos excesivos.
- Mantener en correcto funcionamiento los servicios e la planta: agua, electricidad, aire comprimido, calefacción,...
- Evitar que se produzcan deterioros que entrañen costosas y difíciles reparaciones.
- Todo lo anterior redundará en una disminución de los costes.

El mantenimiento se puede clasificar en tres categorías: preventivo, predictivo y modificativo.

55.3.1. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo se ocupa de mantener las condiciones previstas para el buen funcionamiento de los equipos, por ejemplo, engrases, mantenimientos mecánicos y eléctricos.

- Engrase (nivel y calidad de aceites, vaciado, cambios de grasa y aceite).
- Mantenimiento mecánico: verificar anclajes, aprietes, holguras, alineaciones, desgastes; cambios de filtros; tensado de correas; verificación de estanqueidades; realizar pruebas y maniobras; cambio de pequeñas piezas; verificar funcionamiento y estado de sistemas de seguridad.
- Mantenimiento eléctrico: revisión de motores (aislamientos, rotores, escobillas, calentamiento, limitadores de esfuerzo, detectores de posición); pruebas de automatismos y sistemas de seguridad, revisión de conexiones, eliminación de polvo de armarios eléctricos

Este mantenimiento preventivo se ha de realizar con una planificación adecuada en función de las características de los equipos, requerimientos de los fabricantes y de las condiciones de uso mediante la utilización de fichas similares a la que se adjunta en la Tabla 55.3. El personal de mantenimiento ha de tener acceso a planos, especificaciones técnicas, fichas de mantenimiento y a todo el material y herramientas adecuadas.

Tabla 55.3. Parte modelo de mantenimiento para un elemento

EDAR “LA LIMPIA”			
FICHA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO		MOTOR PUENTE DECANTADOR 1	
Fecha	Operación	Operario	Observaciones
.....
.....
Frecuencia	Operación a realizar		
Diario	Comprobar la temperatura de la carcasa		
	Comprobar la existencia de ruidos y vibraciones anormales		
Mensual	Comprobar holguras		
	Comprobar el consumo eléctrico		
Anual	Comprobar el estado de los rodamientos		
	Inspección conexiones eléctricas		

El mantenimiento preventivo puede estructurarse asimismo bajo otras denominaciones:

- Mantenimiento de uso. Vigilancia e inspección diaria de equipos en servicio.
- Mantenimiento “hard time”. Revisión total de un elemento (componente, equipo completo) sin existencia de fallo pero que se hace a intervalos programados. Se utiliza para equipos cuyo buen funcionamiento es vital.

- Mantenimiento “on-condition”. Similar al anterior pero realizado a intervalos variables en función de distintos parámetros operativos.

55.3.2. Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo consiste en saber el estado y operatividad de un equipo por medio de ciertos parámetros que permiten inferirlos (presiones, temperaturas, velocidades, consumos, rendimientos de las operaciones,...). Evidentemente se ha de contar con la instrumentación y los registros adecuados de dichas variables así como contar con sistemas de alerta y operarios formados para el análisis de los valores dichas variables.

55.3.3. Mantenimiento modificativo.

Se actúa sobre los equipos para introducir mejoras en la fiabilidad y/o el rendimiento de los equipos.

Este mantenimiento consiste en realizar un conjunto de acciones sobre los equipos tales como: **renovaciones** totales o parciales; búsqueda de la mejora adecuada de los equipos (mantenimiento de proyecto); **reacondicionamiento** sistemático, que permite poner a punto equipos deteriorados por su uso; **mantenimiento selectivo**, que permite focalizar este mantenimiento en los equipos menos fiables.

Para la renovación de equipos se han de tener en cuenta tres factores principales: El coste del equipo, la probabilidad de fallo y el coste económico que implica el fallo del equipo en cuestión. Ver Problemas 55.1 y 55.2.

Actualmente se habla también de una variante del mantenimiento modificativo que puede constituir una clase aparte, el **mantenimiento energético y ambiental**, que computa los gastos correspondientes a elementos o cambios que minimicen pérdidas energéticas y reduzcan el impacto ambiental de la instalación.

55.3.4. Mantenimiento correctivo.

No se trata de un mantenimiento propiamente dicho ya que consiste en la resolución de averías que impiden el correcto funcionamiento. El mantenimiento correctivo puede ser una intervención rápida, no programada, para restablecer la operación o bien venir indicada por las verificaciones llevadas a cabo por el mantenimiento preventivo o una señal de alarma. Consiste fundamentalmente en: desmontaje de equipos; cambio de piezas; ajuste de los diferentes elementos que así lo requieran debido al fallo o a las actuaciones llevadas a cabo. En la escala del mantenimiento, el correctivo es el último escalón y debería ser mínimo comparado con los mantenimientos preventivo y predictivo.

El mantenimiento correctivo se ha de efectuar de acuerdo a las reglas más elementales que dicta el sentido común. No se trata sólo de devolver los parámetros de operación a sus valores normales sino a hacerlo de manera que no se ponga en peligro la ulterior operación de la planta o no se expongan los equipos a solicitaciones que puedan provocar daños mayores. Ver Problemas 55.3 y 55.4.

55.4. Costes de conservación y mantenimiento

Los costes anuales de mantenimiento y conservación de una EDAR varían, lógicamente, en función del tamaño de la planta según se indica en la Figura 55.1. El coste deberá estar comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo cuya ratio está en el intervalo 1,83-1,90. La representación gráfica de estos costes se visualiza en la Figura 55.1.

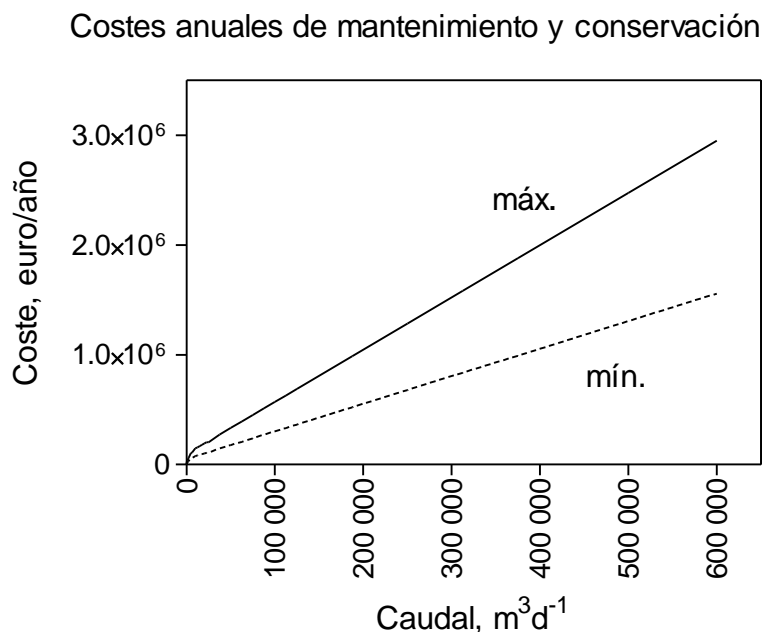


Figura 55.1. Intervalo de costes de mantenimiento y conservación en función del tamaño de la EDAR. Elaborada a partir de datos de HdosO Ingeniería (2014).

Si el gasto en mantenimiento está por debajo del mínimo es de esperar que se produzcan pérdidas de eficacia y disponibilidad de equipos, acortamiento de la vida útil de los mismos y mayores consumos energéticos, entre otros. Si por el contrario, el gasto supera el máximo estimado, procedería verificar si el beneficio obtenido por incremento de la vida de los equipos, la mayor disponibilidad y el menor consumo energético compensa el gasto realizado. Ver problema 55.5.

55.5. Explotación

La explotación de una instalación consiste en obtener el máximo rendimiento de la misma, es decir, obtener las eficacias de depuración fijadas por la legislación o por los contratos suscritos. Al mismo tiempo las condiciones de trabajo, de tipo social, administrativo, técnico y medioambiental han de ser las mejores posibles. Se trata de un problema de optimización, maximizando la eficacia (en un sentido amplio, como se ha indicado) y minimizando el coste. Las operaciones de explotación se pueden dividir en operaciones de control de proceso y operaciones de control de planta.

55.5.1. Control de proceso.

Consiste en seguir y supervisar las diferentes operaciones que se llevan a cabo por lo que es preciso conocer las características el agua que fluye hacia y desde cada una de las fases del tratamiento. Evidentemente se ha de contar con unas instalaciones (laboratorio) que permitan llevar a cabo los análisis de acuerdo a una planificación determinada o bien para cubrir posibles contingencias. En la Tabla 55.4 se adjunta un formulario tipo para la planificación del control.

55.5.2. Control de planta.

El proceso sólo funcionará correctamente si todos los elementos que configuran la planta llevan a cabo su cometido de acuerdo con el programa establecido en función de las características del agua y del resto de parámetros del proceso. Es decir, la planta tiene que

estar al servicio del proceso. En la Tabla 55.5 se adjunta un modelo de formulario de control de planta.

Tabla 55.4. Tabla modelo de control de proceso.

EDAR "LA LIMPIA"											
CONTROL DE PROCESO									Mes: Año:		
Fecha	INFLUENTE				EFLUENTE				LODO		Observaciones
	Q	pH	DBO	SS	Q	pH	DBO	SS	Q	MS	
1											
2											
...											
...											
30											
31											
Máximo											
Mínimo											
Medio											

Tabla 55.5. Plantilla modelo de control y supervisión de planta.

EDAR "LA LIMPIA"							
CONTROL DE PLANTA						Fecha:	
MÁQUINA/EQUIPO	Turno 1		Turno 2		Turno 3		Observaciones
	H	A	H	A	H	A	
Bomba arenas 1							
Decantador primario							
Turbina aeración 1							
...							
...							
Bomba digestor 1							
Cinta transportadora							

Símbolos: H, hora; A, amperios.

ii. Cálculos

55.1. Substitución planificada de equipos considerando su probabilidad de vida

La única bomba de recirculación de lodos del decantador secundario al tanque de lodos activos resulta un elemento crítico para la correcta operación de una planta depuradora. Si sobreviene un fallo imprevisto de la misma, el tiempo mínimo estimado para su reemplazo es de cuatro días y su coste de unos 20.000 euros. En caso de no funcionamiento de la planta, por cada día que exceda de uno, la autoridad municipal puede penalizar a la empresa explotadora con 10.000 euros. Sabiendo que el tiempo medio de vida de la bomba es de 5 años y que su distribución es normal, con una desviación típica de 6 meses, calcular con qué antigüedad de la bomba se debe proceder a su sustitución planificada.

Si acontece el fallo, el coste en que se incurre será el de sustitución más la penalización impuesta. El momento de reemplazar la bomba será cuando el coste del reemplazo (20.000 euros) equivalga a la probabilidad de fallo hasta ese momento multiplicada por el coste de la

penalización, que en nuestro caso será de 30.000 euros (3 días a razón de 10.000 euros por día) más el correspondiente a la sustitución (total, 50.000 euros).

La distribución normal de probabilidad viene dada por la curva de Gauss que se indica a continuación

$$f(t) = \frac{d(\text{Probabilidad})}{dt} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

donde μ es el tiempo medio de vida de la bomba y σ es la desviación típica de la distribución de tiempos de vida. En nuestro caso estaríamos hablando de probabilidad de fallo por unidad de tiempo $f(t)$. La integral de $f(t)$ entre dos tiempos cualesquiera nos dará la probabilidad de que se produzca el fallo en ese intervalo temporal. Si integramos entre cero y un determinado tiempo, el resultado será la probabilidad (acumulada) de que se produzca un fallo antes de dicho tiempo, $f(t)$ y su integral se visualizan en la Figura 55.2.

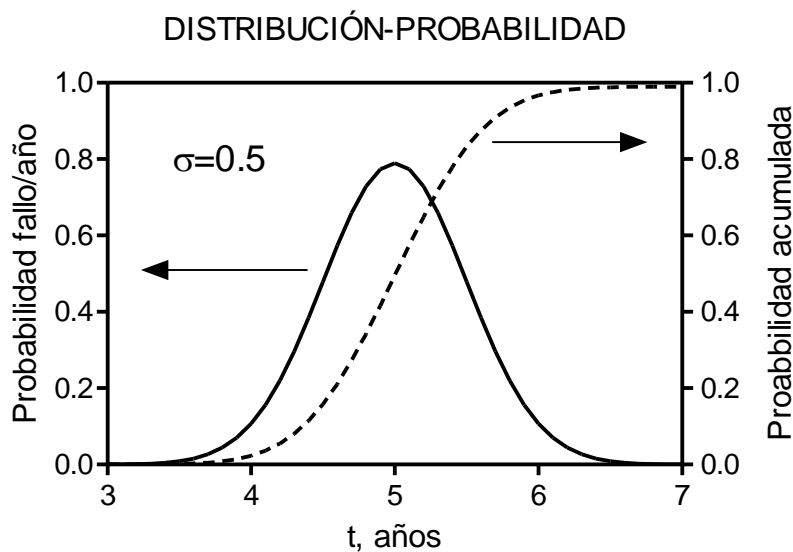


Figura 55.2. Distribución de probabilidad y su integral ($\sigma=0,5$ años).

Por lo tanto $20.000 = 50.000 \cdot \text{probabilidad de fallo} \rightarrow \text{probabilidad de fallo} = 2/5$

Probabilidad acumulada que se alcanza a los 4,83 años. Es decir el replazo deberá producirse a los cuatro años y 10 meses de funcionamiento.

55.2. Substitución planificada de equipos con distribución más amplia de su vida media.
Complementar los resultados del anterior problema suponiendo la misma vida media de la bomba, una desviación típica de la misma de 1 año y penalizaciones totales de 10.000, 20.000, 26.660, 30.000, 40.000 y 80.000 euros. Hacer una tabla con los resultados de este problema y del anterior con todas las penalizaciones consideradas en éste.

En este caso ($\sigma=1$, ver Figura 55.3) las probabilidades respectivas serán: $2/3$, $1/2$, $0,429$, $2/5$, $1/3$, y $1/5$.

En el primer caso (10.000 € penalización, total 30.000 €), la probabilidad de fallo que se puede asumir es de $2/3$ que corresponde a un tiempo de reemplazo de 5,40 años.

En el segundo caso (20.000 €, total 40.000 €), 4,96 años.

En el tercer caso (26.660 €, total 46.600 €), 4,78 años.

En el cuarto caso (30.000 €, total 50.000 €), 4,71 años.

En el quinto caso (40.000 €, total 60.000 €), 4,53 años.

En el último caso (80.000 €, total 100.000 €), 4,12 años.

Como se ve, hacen falta grandes cambios en la penalización para que las variaciones de tiempo sean apreciables y más aún cuando la desviación es más reducida

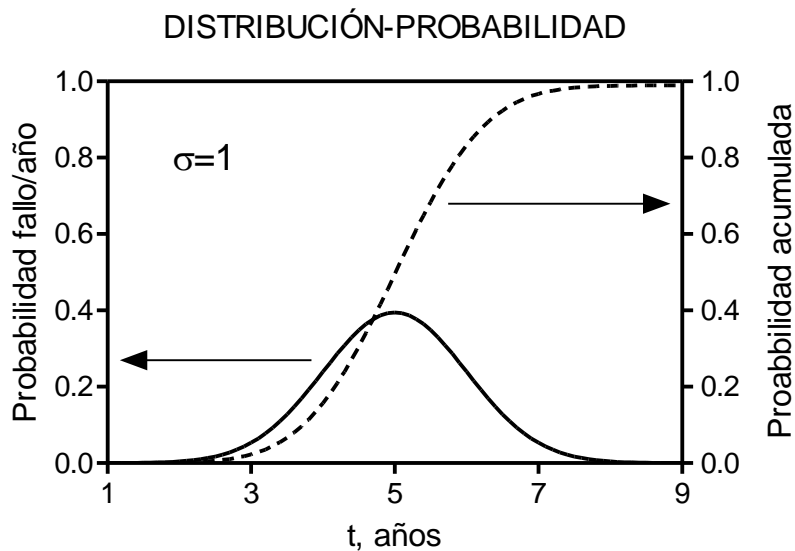


Figura 55.3. Distribución de probabilidad y su integral ($\sigma=1$ año).

La tabla pedida sería la siguiente:

	Penalización	Tiempo de reemplazo óptimo (años)					
		10.000	20.000	26.660	30.000	40.000	80.000
Desviación, σ (años)	0,5	5,18	4,96	4,87	4,83	4,74	4,53
	1	5,40	4,96	4,78	4,71	4,53	4,12

55.3. Procedimientos de operación.

Se ha detectado que el rendimiento de un tornillo de Arquímedes es notablemente más bajo de lo habitual. Ante este problema se proponen una serie de formas de proceder. Estimar cuál será la más adecuada.

- a) *Aumentar la tensión para que se incremente el número de revoluciones.*
- b) *Ordenar la inmediata sustitución del motor ya que el existente es bastante antiguo.*
- c) *Detener el funcionamiento del dispositivo, revisar la caja de transmisión, los cojinetes y la posible existencia de holguras y/o fricciones entre tornillo y caja.*
- d) *No llevar a cabo ninguna actuación ya que el déficit de bombeo de esta unidad puede suplirse sin problemas con el resto de los equipos disponibles.*

Ante un problema de operación deficiente, lo primero es determinar la causa del mal funcionamiento. Por lo tanto el forzar al equipo (opción “a”) o cambiar un parte del mismo (opción “b”) no parecen proceder adecuados. Dar por aceptable la deficiencia y suplirla con el trabajo de otros equipos similares tampoco es una opción razonable ya que se sigue aceptando la existencia de dicha deficiencia sin tener clara la causa de la misma. Lo más sensato sería proceder a examinar el conjunto del equipo para detectar la/las posible/s causa/s que podrían ser, entre otras, las señaladas en la opción “c”).

55.4. Resistencia mecánica de una cadena.

Se necesita trasladar un conjunto motor desde el interior de una nave de la depuradora hasta el portón de acceso. Para ello se dispone de un anclaje deslizante que permite mover la carga suspendida siguiendo la trayectoria adecuada. Suponer que el módulo de Young del acero es de $200 \cdot 10^3 \text{ MPa}$, que la elongación correspondiente al límite elástico es del 0,2% y que el factor de seguridad a utilizar es 7 (conservador, ya que para las cadenas se suele considerar un factor de 5).

Si la masa a transportar es de 2500 kg, estimar qué grosor de eslabón se necesita para una cadena de acero que se utilice para tal fin.

El módulo de Young (E) o módulo de elasticidad longitudinal es el cociente entre la tensión σ (fuerza/superficie) aplicada y la elongación relativa ε ($\Delta L/L$) debida a la tensión en el intervalo elástico.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{\text{Fuerza}}{\text{Sección}}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

$$200 \cdot 10^3 \text{ MPa} = \frac{(2500 \text{ kg})(9,8 \text{ ms}^{-2})}{\text{Sección}} \cdot \frac{L}{0,002}$$

$\text{Sección} = 6,125 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,613 \text{ cm}^2$
Aplicando el factor de seguridad = 7
 $\text{Sección} = 4,29 \text{ cm}^2$

Así pues, precisamos una sección de cadena de $4,29 \text{ cm}^2$ pero hay que tener en cuenta que para una cadena la sección efectiva es doble que la nominal y por lo tanto nos bastaría con una sección del alambre que constituye la cadena de $2,14 \text{ cm}^2$ es decir, un radio de $0,826 \text{ cm}$ o lo que es lo mismo, un diámetro de $1,6 \text{ cm}$. Con un factor de seguridad de 5, el diámetro de la cadena sería suficiente de $1,4 \text{ cm}$.

Con los datos que hemos manejado, la tensión de rotura de la cadena sería de aproximadamente de 400 Nmm^{-2} que corresponde con las tensiones de rotura ($\sigma = E \cdot \varepsilon$) de los aceros comerciales. No obstante se hace hincapié en que las características de los aceros pueden ser muy variables y por lo tanto hay que estar seguros del tipo de material y de las especificaciones del suministrador y/o fabricante. Si la cadena formara parte de un polipasto, habría que recalcular teniendo en cuenta el número de tramos de cadena efectivos que soportan la carga.

55.5. Costes de mantenimiento de una planta

Los costes de operación y mantenimiento para una pequeña EDAR (de poco más de $1000 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$) recientemente puesta en marcha se muestran en la siguiente tabla.

Concepto	€/año	Porcentaje
Personal	40.000	53
Mantenimiento y conservación	3.000	4
Electricidad (fijo)	4.000	5
Otros costes fijos	8.000	11
Electricidad (consumo)	9.000	12
Reactivos	2.000	3
Gestión de residuos	700	1
Tratamiento y gestión de lodos	8.000	11
Total	74.700	100

Indicar si son coherentes con los que corresponderían según lo indicado en la Figura 55.1.

El detalle de la Figura 55.1 para caudales bajos se muestra en la Figura 55.4.

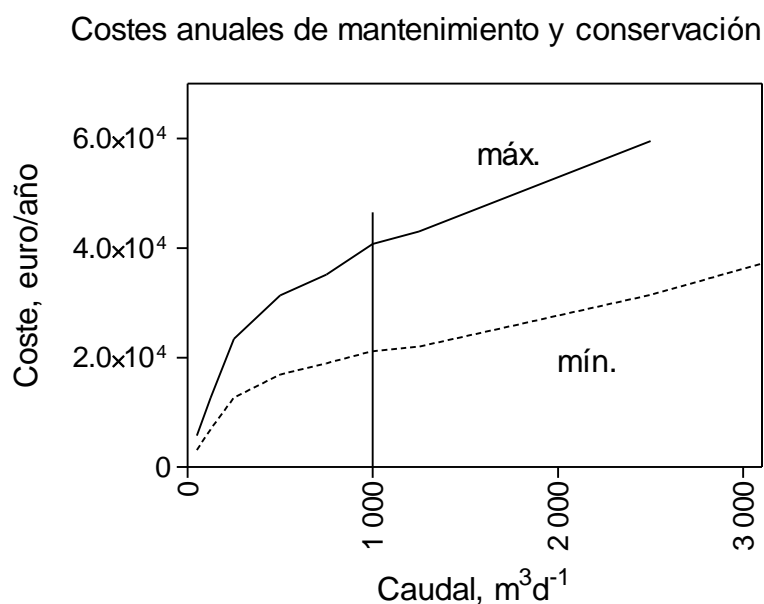


Figura 55.4. Intervalo de costes de mantenimiento y conservación en función del tamaño de la EDAR. Detalle para plantas pequeñas.

Por lo tanto el coste de mantenimiento y conservación para 1.000 m³día⁻¹ debería estar en una horquilla entre 21.000 y 41.000 euros anuales, mientras que la tabla del enunciado asigna un coste aproximado para estas labores de sólo 3.000 euros al año.

Como la diferencia es tan notable es casi seguro que en el desglose de costes haya algunas partidas correspondientes al mantenimiento integradas en otros epígrafes. Puesto que en el mantenimiento ha de intervenir forzosamente personal, parece lógico que una parte de los costes computados en el epígrafe “personal” deban asignarse al mantenimiento y conservación de la instalación.

De hecho, consultando la memoria de donde se han obtenido estos datos, comprobando los detalles correspondientes a la partida de personal se encuentra que el coste de un oficial electromecánico (la parte proporcional que corresponde) ronda los 13.000 euros anuales lo que haría un total de 16.000 euros anuales, cifra que ya se aproxima a los 21.000 euros. Si además tenemos en cuenta que también se ha de contar con un peón especialista dedicado a labores de explotación y mantenimiento con un coste de 20.000 euros anuales, suponiendo que su participación en las labores de mantenimiento y conservación es del 50% de su tiempo, estaríamos hablando de unos costes de mantenimiento y conservación de unos 31.000 euros anuales, cifra que se encuentra en la parte central del intervalo [coste mínimo-coste máximo]. En cualquier caso, la cifra de 3.000 euros para otros conceptos de mantenimiento parece muy reducida, lo cual se explica por el hecho de tratarse de una instalación nueva y por lo tanto algunas partidas usuales no se computan al estar en periodo de garantía, de hecho se presupuestan pero no se computan los mantenimientos correctivo, modificativo ni energético-ambiental. Por la misma razón, tampoco se integran algunos de los gastos correspondientes al mantenimiento y conservación de la obra civil.

Resulta de interés éste cálculo por un doble propósito: Primero, salvo excepciones muy puntuales, los **datos estadísticos** sustentados por la experiencia, suelen ser bastante representativos y han de tenerse en cuenta (y no sólo para los aspectos económicos). Segundo, cuando se consulten presupuestos, estadísticas o cualquier otro tipo de datos, se ha de ser **muy cuidadoso** a la hora de determinar lo que se incluye en los distintos epígrafes ya que los

critérios de asignación, la **nomenclatura** y las **condiciones particulares** de cada caso pueden ser muy diversos.

Referencias

HdosO Ingeniería & Consultoría. (2014). Costes de mantenimiento y conservación de una E.D.A.R. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/costes-de-mantenimiento-y-conservacion-de-una-e-d-a-r>. Accedido el 26 de febrero de 2018.

Ramón Rodríguez Roel. (2012). Manual de Seguridad de los Útiles de Elevación de Cargas. FREMAP, Mahadahonda, Madrid.