



CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"



TEMARIO OPERADOR EDAR

Consortio de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas "Plan Écija"

Agencia de Régimen Especial Ciclo Integral Aguas del Retortillo

Avda. de la Guardia Civil, s/n

41400 ÉCIJA (SEVILLA)

ÍNDICE

CONTENIDO

1	SPECTOS GENERALES	1
	¿QUÉ ES UNA E.D.A.R.?	1
	TIPOS DE E.D.A.R's.....	1
	COMPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL URBANA	1
	¿POR QUÉ NECESITAMO UNA E.D.A.R. ?.....	1
	¿CÓMO SE EVALÚA QUE UNA DEPURADORA FUNCIONA?	2
	TRATAMIENTO CONVENCIONAL EN UNA E.D.A.R.	2
1.6.1	PRETRATAMIENTO	3
1.6.2	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	3
1.6.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO	3
1.6.4	PROCESOS BIOLÓGICOS DE UNA ETAPA.....	3
1.6.5	TRATAMIENTO Terciario	4
1.6.6	ESPESAMIENTO	4
1.6.7	ESTABILIZACIÓN	4
1.6.8	DESHIDRATACIÓN	4
2	OPERATIVIDAD EN LA E.D.A.R.	6
2.1	PRETRATAMIENTO.....	6
2.2	DECANTACIÓN PRIMARIA.....	6
2.3	BIOLÓGICO Y DECANTACIÓN SECUNDARIA	6
2.4	TAMICES DE FANGOS PRIMARIOS.....	6
2.5	ESPESADORES DE GRAVEDAD	7
2.6	ESPESADORES MECÁNICOS DE FANGO EN EXCESO	7
2.7	DIGESTIÓN Y LÍNEA DE GAS.....	7
2.8	TERCIARIO.....	8
2.9	DESODORIZACIÓN	8
3	RIESGOS LABORALES.....	9
3.1	INTRODUCCIÓN	9
3.2	¿QUÉ ES LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES?	9
3.3	¿CUÁLES SON LAS OBLIGACIONES DE TODOS LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES?	9
3.4	USO DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	9
3.5	PROHIBICIÓN DE FUMAR	10
3.6	USO DE ESCALERAS	10



CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"



3.7	LA E.D.A.R. COMO LUGAR DE TRABAJO	10
-----	---	----



3.8	PRINCIPALES RIESGOS EN UNA EDAR.....	11
3.8.1	ESPACIOS CONFINADOS	11
3.8.2	ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS	13
3.8.3	RIESGOS BIOLÓGICOS	15
3.8.4	RIESGOS ELÉCTRICOS.....	16
3.8.5	ATRAPAMIENTOS MECÁNICOS.....	18
3.8.6	CAÍDAS AL MISMO Y DISTINTO NIVEL.....	18
3.8.7	REACTIVOS.....	18
3.8.8	PUENTES GRÚAS.....	19
3.8.9	VISITAS	20
3.9	PLAN DE EMERGENCIA.....	21
4	MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE ELEMENTOS MÁS IMPORTANTES	22
4.1	LAMELAS INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	22
4.1.1	INSTRUCCIONES DE BASE	22
4.1.2	MANTENIMIENTO.....	23
4.2	DECANTADORES SECUNDARIOS DE SUCCIÓN.....	25
4.2.1	MOTOR.....	25
4.2.2	REDUCTOR.....	25
4.2.3	CONSUMO ELÉCTRICO	25
4.2.4	PARTES MECANIZADAS Y RETENES	25
4.2.5	RODAMIENTOS Y COJINETES.....	25
4.2.6	ELEMENTOS SUMERGIBLES	25
4.2.7	COLECTOR CENTRAL DE TOMA DE CORRIENTE	25
4.2.8	RECOGIDA DE FLOTANTES.....	25
4.2.9	VÁLVULAS DE REGULACIÓN DE LODOS.....	25
4.2.10	BOMBA DE VACÍO.....	25
4.3	PUENTES GRUAS	26
4.3.1	MANTENIMIENTO.....	26
4.3.2	PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO	26
4.4	BIOFILTROS	26
4.4.1	MARCHA Y FUNCIONAMIENTO.....	26
4.4.2	MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA	27
4.5	TURBOCOMPRESORES	28
4.5.1	REVISIÓN Y SUSTITUCIÓN DEL FILTRO DEL AIRE DE REFRIGERACIÓN	28
4.5.2	CALIDAD DEL AIRE DE PROCESO	28
5	FANGOS ACTIVADOS.....	29
5.1	INTRODUCCIÓN	29
5.1.1	GENERALIDADES	29
5.1.2	DEFINICIONES.....	29





5.3	REQUISITOS PARA CONTROLAR EL PROCESO	33
5.4	RESULTADOS DE LABORATORIO TÍPICOS DE UNA INSTALACIÓN DE FANGOS ACTIVADOS	36
5.5	SISTEMAS DE AIREACIÓN	36
5.6	TIPOS DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS	37
6	PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO	39
6.1	CAMBIOS EN LA INSTALACIÓN	39
6.2	ESPONJAMIENTO DE LOS FANGOS.....	41
6.3	FANGOS SÉPTICOS	42
6.4	SUSTANCIAS TÓXICAS	43
6.5	SUBIDA DE LOS FANGOS POR GASIFICACIÓN	43
6.6	FORMACIÓN DE ESPUMA	44
7	PARÁMETROS DE CARGA DE LA CUBA DE AIREACIÓN	45
7.1	GENERALIDADES	45
7.2	CARGA MÁSCA: RELACIÓN ALIMENTO/ORGANISMOS	45
8	MANIPULACIÓN Y DIGESTIÓN DE FANGOS	47
8.1	INTRODUCCIÓN	47
8.1.1	PROPÓSITO DE LA DIGESTIÓN DE FANGOS	47
8.2	FUNCIONAMIENTO DE LA DIGESTIÓN DE FANGOS	49
8.3	COMPONENTES DEL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA DE FANGOS	50
8.3.1	TUBERÍAS Y VÁLVULAS	50
8.4	EL DIGESTOR	51
8.5	SISTEMA DE GAS	53
9	PROBLEMAS PRÁCTICOS EN LA EXPLOTACIÓN DE UNA EDAR	57
9.1	PROBLEMAS CON EN LA LINEA DE AGUA	57
9.1.1	DESBASTE	57
9.1.2	DESARENADO DESENGRASADO	58
9.1.3	TRATAMIENTOS PRIMARIOS	60
9.1.4	TRATAMIENTO BIOLÓGICO	60
10	TELEMADO Y TELECONTROL: FUNCIONAMIENTO	69
10.1	CONSIDERACIONES GENERALES	69
10.2	ELEMENTOS DE MANDO	70
10.3	CRITERIOS NORMALIZADOS DE FUNCIONAMIENTO	71

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 ¿QUÉ ES UNA E.D.A.R.?

Una **estación depuradora de aguas residuales** (EDAR), también llamada **planta de depuración** o **planta de tratamiento de aguas residuales** (PTAR), tiene el objetivo genérico de conseguir, a partir de aguas negras o mezcladas y mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, un agua efluente de mejores características de calidad y cantidad, tomando como base ciertos parámetros normalizados.

En general, las estaciones depuradoras de aguas residuales tratan agua residual local, procedente del consumo ciudadano en su mayor parte, así como de la escorrentía superficial del drenaje de las zonas urbanizadas, además del agua procedente de pequeñas ciudades, mediante procesos y tratamientos más o menos estandarizados y convencionales.

1.2 TIPOS DE E.D.A.R.'s

Se distinguen dos tipos de Estaciones Depuradoras principales: Las urbanas y las industriales.

Las depuradoras urbanas reciben aguas residuales mayoritariamente de una aglomeración humana, mientras que las industriales reciben las aguas residuales de una o varias industrias.

1.3 COMPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL URBANA

El agua residual urbana en la mayor parte de España está formada por la reunión de las aguas residuales procedentes del alcantarillado municipal, de las industrias asentadas en el casco urbano y en la mayor parte de los casos de las aguas de lluvia que son recogidas por el alcantarillado.

La mezcla de las aguas fecales con las aguas de lluvia suelen producir problemas en una E.D.A.R. sobre todo en caso de tormentas, por lo que las actuaciones urbanas recientes se están separando las redes de aguas fecales de las redes de aguas de lluvia.

1.4 ¿POR QUÉ NECESITAMOS UNA E.D.A.R.?

Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce produce varios efectos sobre él:

- ❑ Tapiza la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos que lleva el agua residual, tales como plásticos, utensilios, restos de alimentos, etc.
- ❑ Acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en fondo y orillas del cauce, tales como arenas y materia orgánica.
- ❑ Consumo del oxígeno disuelto que tiene el cauce por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual.

- ❑ Formación de malos olores por agotamiento del oxígeno disuelto del cauce que no es capaz de recuperarse.
- ❑ Entrada en el cauce de grandes cantidades de microorganismos entre los que pueden haber elevado número de patógenos.
- ❑ Contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos (dependiendo de los vertidos industriales).
- ❑ Aumenta la eutrofización al aportar grandes cantidades de fósforo y nitrógeno. (Eutrofización es el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático.

1.5 ¿CÓMO SE EVALÚA QUE UNA DEPURADORA FUNCIONA?

Los objetivos de una depuradora son:

- ❑ Eliminación de residuos, aceites, grasas, flotantes, arenas, etc. Y evacuación a punto de destino final adecuado.
- ❑ Eliminación de materias decantables orgánicos o inorgánicos
- ❑ Eliminación de la materia orgánica
- ❑ Eliminación de compuestos amoniacales y que contengan fósforo (en aquellas que viertan a zonas sensibles)
- ❑ Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

Las determinaciones analíticas que siempre se usan en una depuradora para conocer el grado de calidad de su tratamiento son entre otras:

- ❑ Sólidos en suspensión o materias en suspensión: Corresponden a las materias sólidas de tamaño superior a 1 μm independientemente de que su naturaleza sea orgánica o inorgánica. Gran parte de estos sólidos son atraídos por la gravedad terrestre en períodos cortos de tiempo por lo que son fácilmente separables del agua residual cuando ésta se mantiene en estanques que tengan elevado tiempo de retención del agua residual.
- ❑ D.B.O.5 (Demanda biológica o bioquímica del oxígeno): Mide la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos del agua para estabilizar esa agua residual en un periodo normalizado de 5 días. Cuanto más alto es el valor peor calidad tiene el agua.
- ❑ D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno): Es el oxígeno equivalente necesario para estabilizar la contaminación que tiene el agua, pero para ello se emplean oxidantes químico energético.
- ❑ Nitrógeno. Las formas predominantes de nitrógeno en el agua residual son las amoniacales (amonio-amoniaco), nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos.
- ❑ Fósforo: bien como fósforo total, bien como ortofosfato disuelto.

1.6 TRATAMIENTO CONVENCIONAL EN UNA E.D.A.R.

Los tratamientos presentes en las E.D.A.R. convencionales se clasifican en los que se encuentran en la línea de agua y los que se encuentran en la línea de los fangos generados.

LÍNEA DE AGUA

1.6.1 *Pretratamiento*

El pretratamiento pretende contener las avalanchas de exceso de caudal de agua, que se producen en las poblaciones que no cuentan con red separada de pluviales, permitiendo aceptar hasta un caudal máximo de diseño, el exceso saldrá por el aliviadero general. El resto de la instalación pretenden eliminar del agua residual componentes gruesos que son añadidos, inapropiadamente, al agua residual en la red de saneamiento y en los puntos de inspección, sumideros y aliviaderos.

El pozo de gruesos retiene sólidos pesados grandes, el desbaste de gruesos retiene sólidos grandes flotantes, el desbaste de finos retiene sólidos flotantes pequeños y el desarenado desengrasado retiene las arenas, aceites y grasas.

Si los caudales son muy dispares puede instalarse una balsa de homogeneización para igualar los caudales que vamos a meter en la instalación.

1.6.2 *Tratamiento primario*

El tratamiento primario persigue retener una buena parte de los sólidos en suspensión que lleva el agua residual, para lo cual se emplea la gravedad para que sedimenten los sólidos sedimentables en los decantadores.

En algunas ocasiones se potencia el tratamiento primario con la adición de reactivos de manera que aumenta la formación de sólidos sedimentables a partir de sólidos coloidales o disueltos.

1.6.3 *Tratamiento secundario*

En la zona de tratamiento secundario algunas veces se añaden reactivos para favorecer la eliminación de fósforo, o de sólidos coloidales. A este tratamiento químico no se le debe considerar un tratamiento secundario.

El tratamiento secundario es un tratamiento biológico que persigue transformar la materia orgánica del agua residual en materia celular, gases, energía y agua. A su vez se retienen también sólidos en suspensión y sólidos coloidales

1.6.4 *Procesos biológicos de una etapa*

El tratamiento biológico presenta un único proceso.

- ☐ Procesos de cultivo en suspensión bajo condiciones aerobia (por lo menos en gran parte de él): Los microorganismos se mantienen en suspensión de forma individual o formando agregados más o menos grandes y homogéneamente repartidos.

- ☐ Fangos activados

- ☐ *Convencionales*

- *Aeración prolongada*
 - *Avanzados para eliminación biológica de nutrientes*
 - *Reactores profundos (Deep Shaft)*
 - *Contacto-estabilización*

- ☐ Procesos de cultivo fijo o biopelícula fija bajo presencia de condiciones aerobias: Los microorganismos se asientan sobre un material soporte formando una biopelícula que tapiza el soporte.
 - ☐ De medio no saturado
 - ☐ *Lechos bacterianos*
 - ☐ *Tratamientos por riego y aplicación al terreno (tratamiento blando)*
 - ☐ De medio saturado inundado o sumergido
 - ☐ *De lecho particulado*
 - ☐ *De lecho estructurado*
 1. con soporte inerte
 - *biofiltros aireados*
 - *lecho expandido*
 - *lecho fluidizado*
 - *fangos activados con partículas soporte*
 2. con soporte activo
 - De lecho estructurado
 - ☐ De medio intermitente sumergido
 - ☐ De medio intermitente sumergido
 - Contactores biológicos rotativos (biodiscos, biorrotores, biocilindros)

1.6.5 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario constituye un complemento a la depuración del agua residual, también muchas veces se le llama de afino. Los diferentes tratamientos empleados persiguen:

- ☐ reducir los sólidos en suspensión y la parte orgánica asociada
- ☐ reducir la DBO y DQO solubles
- ☐ reducir el contenido de fósforo y/o nitrógeno
- ☐ eliminar microorganismos patógenos
- ☐ eliminar detergentes o tóxicos no biodegradables.

LÍNEA DE FANGOS

1.6.6 Espesamiento

El espesamiento pretende eliminar parte del agua que llevan los fangos cuando salen de los tratamientos del agua. De esta manera cuando entren los fangos en las siguientes unidades de proceso su volumen será menor y su concentración será mayor

1.6.7 Estabilización

La estabilización pretende eliminar los problemas sanitarios que produce un fango cargado de microorganismos y formas de resistencia patógenos. Así mismo pretende disminuir la materia orgánica del fango hasta valores que no provoquen problemas sanitarios.

1.6.8 Deshidratación

La deshidratación persigue quitar agua al producto final, consiguiendo un grado de sequedad al



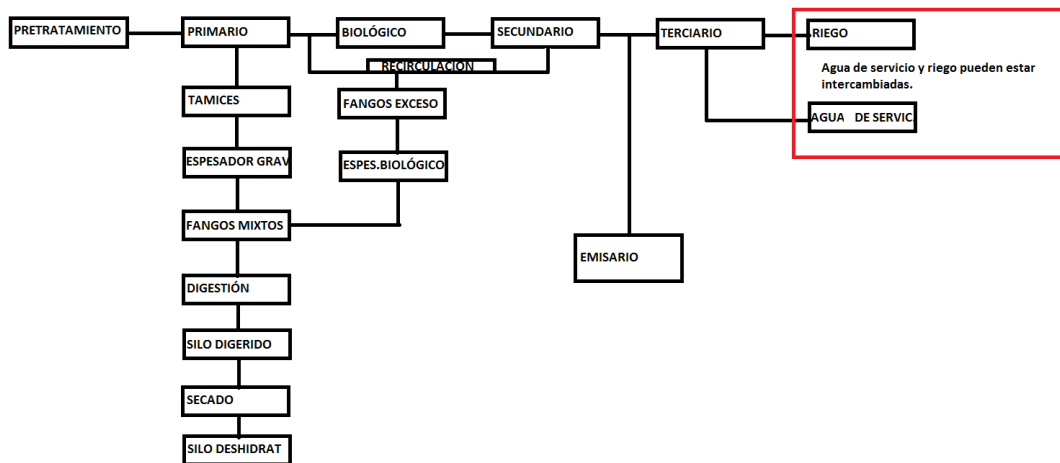
**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



mismo que los hace manejable y transportable hacia otros destinos. Por sí

mismo el fango estabilizado y deshidratado (biosólido) puede tener un uso agrícola, es además la base para luego hacer otros derivados muy interesantes en agricultura, recuperación de suelos y jardinería como el compost.

Diagrama de una edar



2 OPERATIVIDAD EN LA E.D.A.R.

2.1 PRETRATAMIENTO

- ☐ Entre otras hay que realizar la limpieza de tamices, quitándoles aquellos materiales que se quedan enganchados y entorpecen el funcionamiento de los peines y equipos mecánicos, procediéndose a baldeo con manguera de agua y procediendo posteriormente a la recogida de éstos materiales para garantizar la limpieza de la zona.
- ☐ Quitar las arenas de la tolva del arenero, vaciándola y baldeándola para que quede limpia.
- ☐ Revisar el funcionamiento del carro arenero, soplantes, bombas de arenas, bombas de grasas, concentrador de grasas y concentrador de arenas.
- ☐ Revisar el cerramiento de los equipos, areneros, canales y asegurarse de su cierre.
- ☐ Comprobación de la línea de grasas, válvulas solenoides, arqueta de grasas, sondas y bombas.
- ☐ Revisión del estado de llenado de los contenedores de residuos y ordenar su retirada si lo precisan
- ☐ Apertura y cierre de compuertas, para evitar agarrotamientos
- ☐ Limpieza de sensores de conductividad, nivel, caudal...

2.2 DECANTACIÓN PRIMARIA

- ☐ Limpieza de los equipos del mismo; Tolva de recogida de flotantes, y eliminación de materiales que se quedan enganchados sobre los equipos.
- ☐ Revisión del funcionamiento de las válvulas de recogida de lodos.
- ☐ Revisión de funcionamiento de puentes
- ☐ Revisión y limpieza, si es necesario, de las lamelas
- ☐ Toma de muestras de agua de salida de primarios y de la purga de fangos
- ☐ Ajuste de las purgas de fango
- ☐ Comprobación de caudales de purga de decantadores primarios

2.3 BIOLÓGICO Y DECANTACIÓN SECUNDARIA

- ☐ Limpieza y baldeos de ésta zona de la planta; equipos mecánicos, engrase y cambio de aceite cuando les corresponda.
- ☐ Limpieza de barandillas, escaleras y puentes
- ☐ Retirada de flotantes sobre la superficie de los decantadores secundarios
- ☐ Limpieza de algas en canales de recogida y vertederos
- ☐ Comprobar el balance de masas, ajustando:
 - Caudales de recirculación
 - Concentración de recirculación
 - Concentración del licor mixto
 - Cálculo de la purga de fango en exceso
 - Cálculo y ajuste de las necesidades de oxígeno
 - Comprobación de oxígeno disuelto

2.4 TAMICES DE FANGOS PRIMARIOS

- ☐ Revisión y limpieza de tamices, quitándoles aquellos materiales que se quedan enganchados y entorpecen el funcionamiento de los peines y equipos mecánicos,

procediéndose a baldeo con manguera de agua y procediendo posteriormente a la recogida de éstos materiales para garantizar la limpieza de la zona.

- ☐ Revisión y limpieza del tornillo prensa, quitándoles aquellos materiales que se quedan enganchados y entorpecen el funcionamiento de la máquina, procediéndose a baldeo con manguera de agua y procediendo posteriormente a la recogida de éstos materiales para garantizar la limpieza de la zona.
- ☐ Revisar la descarga de residuos al contenedor.
- ☐ Revisión y estado de llenado del contenedor de residuos, y retirada si procede.

2.5 ESPESADORES DE GRAVEDAD

- ☐ Revisión de engranajes, motorreductor y barrederas
- ☐ Revisión del sobrenadante y toma de muestra
- ☐ Revisión de apertura de válvulas de purga
- ☐ Revisión del fango espeso y toma de muestras
- ☐ Revisión de la cubierta
- ☐ Drenaje de espesadores de gravedad a cabecera

2.6 ESPESADORES MECÁNICOS DE FANGO EN EXCESO

- ☐ Revisar el sistema de lavado y consumo de agua. Presión superior a 4 bar
- ☐ Revisión de concentración del fango espeso y ajuste de la máquina regulando la inclinación
- ☐ Revisión del motorreductor de giro y válvula mezcladora
- ☐ Toma de muestras de entrada y salida de fangos, así como del escurrido
- ☐ Comprobar la fabricación de poli
- ☐ Comprobar la dosificación de poli
- ☐ Revisar que los equipos de preparación de poli, disponen de acopio suficiente
- ☐ Limpieza y revisión de zona y equipos de preparación de poli
- ☐ Ajustar el caudal de agua para la concentración del poli definida
- ☐ Comprobación de presión de lavado en espesadoras mecánicas, salida de fango espesado, dosificación de polielectrolito, retorno de filtrado.

2.7 DIGESTIÓN Y LÍNEA DE GAS

- ☐ Presión de digestores y supervisión del cierre hidráulico.
- ☐ Revisión y limpieza, en su caso del filtro apagallamas
- ☐ Revisión del cierre hidráulico
- ☐ Purga de los tanques de condensados
- ☐ Comprobar la impulsión a digestores y estado de las bombas
- ☐ Supervisión y toma de muestra del lodo extraído
- ☐ Comprobar recirculación del digestor y estado de las bombas
- ☐ Comprobar el nivel de aceite del reductor del agitador (scaba) 1 vez al mes y sustituirlo cada 6 meses
- ☐ Engrasar cada mes el cojinete del agitador (scaba)
- ☐ Controlar el manómetro con la bomba de circulación parada. En el caso que indicara un nivel de agua o de presión bajos, llenar el sistema de calentamiento con agua.



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**

2 Controlar el buen funcionamiento de las cámaras de expansión





- ☐ Controlar las válvulas de seguridad y los purgadores del sistema de calentamiento y del agua caliente
- ☐ Efectuar el mantenimiento del quemador según las particulares recomendaciones del proveedor del quemador
- ☐ Limpiar la caldera y la chimenea
- ☐ Reparación y limpieza, si es necesario, de las bombas de lodos
- ☐ Bombeo de lodos de espesadores a digestores (alimentación) y supervisión de lodo extraído
- ☐ Arranque y parada de las bombas de recirculación de los digestores
- ☐ Arranque y parada de las calderas
- ☐ Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento de centrífugas, sequedad, consumo de polielectrolito
- ☐ Purga tanques de condensados
- ☐ Revisión y supervisión del gasómetro
- ☐ Arranque y paro de la antorcha

2.8 TERCARIO

- ☐ Comprobación de limpieza de microfiltros
- ☐ Comprobar presión de línea de aire
- ☐ Comprobar nivel de arena
- ☐ Comprobar línea de lavado
- ☐ Dosificación de reactivos si los hubiere
- ☐ Comprobación de dosificación de hipoclorito
- ☐ Comprobación de bombeo a depósito de cabecera de riego

2.9 DESODORIZACIÓN

- ☐ Comprobación de niveles de reactivos
- ☐ Comprobar funcionamiento de la turbina
- ☐ Comprobación de pH en scruber
- ☐ Comprobación de humedad en biofiltros
- ☐ Eliminación de caminos preferenciales
- ☐ Comprobar funcionamiento y homogeneización del sistema de humectación

3 RIESGOS LABORALES

3.1 INTRODUCCIÓN

Prevenir los riesgos laborales es una labor que nos interesa a todos. La colaboración de los mandos intermedios en labores preventivas es fundamental para conseguir unas condiciones de trabajo idóneas, pero para ello es necesario que estos tengan unos conocimientos básicos de prevención de riesgos laborales.

3.2 ¿QUÉ ES LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES?

Se entiende por prevención el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

3.3 ¿CUÁLES SON LAS OBLIGACIONES DE TODOS LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES?

- ❑ Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualquier otro medio con los que desarrollen su actividad.
- ❑ Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
- ❑ No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
- ❑ Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- ❑ Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

3.4 USO DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Según el trabajo que se vaya a desarrollar, hay que asegurarse que se cuenta con los equipos de protección adecuados.

El casco: El uso de casco de protección es obligatorio cuando se transita por debajo de instalaciones, estructura o lugares donde se efectúan trabajos de altura.

Gafas: Son de uso obligatorio en aquellos trabajos que puedan implicar un peligro para la vista, como por ejemplo: protección contra chispas, partículas, polvo, ácidos, etc.

Protector auditivo: Es obligatorio su uso en aquellas zonas de la planta donde la señalización lo indique.

Equipos de protección respiratoria: En los trabajos en que exista riesgo de polvo o atmósferas tóxicas o asfixiantes, es obligatorio el empleo de equipos adecuados de protección.

Guantes: Se emplearán en aquellos trabajos que, por sus características, pueden lesionar las manos, bien por accidentes de tipo eléctrico, mecánico por quemaduras térmicas o por productos químicos.

Arnés o cinturón de seguridad: Su uso es obligatorio en los trabajos que presenten riesgos de caídas de altura, hundimientos y desprendimientos o en el acceso a lugares que puedan presentar riesgos de intoxicación.

Calzado de seguridad: Su uso es obligatorio debido al riesgo de lesión en pies.

3.5 PROHIBICIÓN DE FUMAR

En una E.D.A.R. está terminantemente prohibido fumar en las instalaciones potencialmente creadoras de gas explosivo y en aquellas que lo producen, almacenan, y utilizan. Es decir, las líneas de fango y gas.

3.6 USO DE ESCALERAS

Se prohíbe:

- ❑ Utilizar escaleras empalmadas unas a otras, salvo que estén preparadas para ello.
- ❑ Usar para alcanzar lugares elevados, cajas, sillas, etc., en sustitución de las escaleras.
- ❑ Emplear escaleras a las que les falte un escalón o lo tengan roto, rejado o desencajado del larguero.
- ❑ Emplear escaleras con largueros que no estén en las debidas condiciones de uso.

Es obligatorio:

- ❑ Que el operario, antes de utilizar la escalera, compruebe que está en buen estado.
- ❑ Cuando se tenga que usar una escalera en las proximidades de instalaciones en tensión, que su manejo sea vigilado constantemente.
- ❑ Ascender o descender por la escalera con las manos libres y dando frente a la misma.
- ❑ Apoyar las patas de la escalera en una superficie sólida bien nivelada.
- ❑ Si no fuera posible hallar un punto fijo al cual amarrar la escalera, haya un operador que la sujete durante todo el tiempo que dure el trabajo.

3.7 LA E.D.A.R. COMO LUGAR DE TRABAJO

La depuración de las aguas residuales es una actividad compleja en la que intervienen procesos de diversa naturaleza (físicos, químicos y biológicos), y en la que se utiliza gran cantidad y variedad de maquinaria, el conjunto de estas características (diversidad de procesos y maquinaria) unido a la propia naturaleza del producto al procesar hace que la explotación de las instalaciones sea compleja y los riesgos derivados de la misma sean numerosos y en algunas ocasiones graves o muy graves.

El conjunto de actividades desarrolladas en una depuradora están en función del tamaño de la misma, y pueden variar desde una depuradora pequeña donde la misma persona realiza las funciones de explotación de toda la planta, hasta una gran EDAR donde podemos tener simultáneamente muchos puestos de trabajo diferentes:

- Explotación de la línea de agua.
- Explotación de la línea de fangos.
- Explotación de la zona de digestión y/o deshidratación.
- Mantenimiento eléctrico.
- Mantenimiento mecánico.
- Mantenimiento de instrumentación.
- Toma de muestras.
- Laboratorio.
- Retirada y transporte de residuos.
- Administración.
- Personal técnico.

Como puede observarse el espectro de puestos de trabajo es muy amplio y ello da lugar a una enorme posibilidad de riesgos con orígenes y consecuencias muy diversas.

Tampoco resulta conveniente una mala catalogación de los trabajos de depuración, la actividad es similar a otras actividades industriales con unos riesgos específicos que pueden ser paliados con la formación, medios y medidas correctas. La incidencia de accidentes así como la naturaleza de los mismos, sigue la tónica general de otras actividades industriales sin presentar características especiales.

Lo que no debemos olvidar en ningún momento es la existencia de riesgos específicos que si bien no producen un número de accidentes destacable, si resulta de máxima importancia la gravedad de los mismos. Son estos riesgos los realmente característicos de una EDAR y que además no pueden ser totalmente suprimidos al formar parte intrínseca del proceso de depuración.

A continuación se analizan los riesgos más importantes de una EDAR tanto cualitativa como cuantitativamente.

3.8 PRINCIPALES RIESGOS EN UNA EDAR

3.8.1 Espacios confinados

Se define como espacio confinado: **"cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, tener una atmósfera deficiente en oxígeno, producirse una inundación repentina y que no esté concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador"**.

Se deben identificar todas las instalaciones consideradas como espacios confinados y se deben adoptar las normas de seguridad necesarias cuando una persona entra en un espacio confinado de la 1ª y 2ª Categoría

CATEGORÍAS DE ESPACIOS CONFINADOS

Vamos a definir tres categorías distintas en función del tipo de espacios confinados:

❓ 1ª Categoría

En estas instalaciones o lugares de trabajo, será **precisa la autorización** del mismo por escrito con un **Plan de Trabajos** diseñado específicamente al efecto, explicando el proceso de trabajo y medidas particulares de seguridad a adoptar. Este plan de trabajo será explicado y aclarado previamente al responsable ó responsables encargados de la ejecución material del mismo que en cada caso se designen. Si existiesen situaciones en las que haya peligros atmosféricos u otros de extrema gravedad, también se deberán tomar medidas concretas para garantizar la seguridad en el trabajo.

Ejemplos de espacios de 1ª Categoría:

- Depósitos de fangos.
- Interior de digestores en depuradoras de Aguas Residuales.
- Recintos donde pueda producirse inundación repentina.
- Galerías de alcantarillado visitables o pozos de registro.
- Interior de pozos de bombeo de Aguas Residuales.
- Locales donde sea posible presencia de gases tóxicos o que exista riesgo de contaminación química o bacteriológica para los trabajadores.

Esta lista no es exhaustiva. Se deben examinar todas las situaciones y tomar las medidas de seguridad necesarias para el caso concreto. Se identificarán todas las situaciones aquí definidas que precisen de TRABAJOS CON AUTORIZACIÓN y que se cumplimentará convenientemente el impreso por todas las personas autorizadas que en él se detallan, al objeto de dar cuenta del cumplimiento y adopción de las medidas de seguridad particulares definidas en el Plan de Trabajo y Seguridad anteriormente citado.

Se colocará un aviso en todos los lugares donde sea posible. En los planes de trabajo se identificarán todas las medidas de seguridad a respetar en los distintos casos, por escrito.

Las personas responsables que expedirán las Autorizaciones de Trabajo, serán los Jefes del Servicio de Prevención correspondiente. El documento de Autorización pretende garantizar que se han de tenido en cuenta todos los posibles peligros y que se han tomado las medidas de seguridad necesarias antes de realizar el trabajo. Esto no significa que el trabajo no supone ningún riesgo, sino que la seguridad dependerá de la escurpulosidad con la que el trabajador realice el trabajo. Cuando para la ejecución de la actividad se precise participación de una empresa contratada será necesario que por parte de la misma se nombre un representante o encargado responsable, el cual dará fe de conocer el plan de trabajos y seguridad especialmente diseñado al efecto y su disposición a cumplirlo. El encargado o capataz responsable de la ejecución del trabajo trasladará el Plan de Trabajo y Seguridad particular al resto de los trabajadores que participen en el mismo y un representante de los mismos, un Oficial o el más antiguo, cumplimentará el lugar correspondiente del impreso de Autorización.

El documento de Autorización será en duplicado ejemplar con una copia para el encargado del trabajo y otra para el Jefe de Servicio del Servicio de Prevención. Estas copias pasarán al archivo y una fotocopia del documento se trasladará al Departamento de Seguridad para evaluar el grado de cumplimiento.

❓ 2ª Categoría

Para estos lugares se necesita una seguridad en el método de trabajo con una certificación atestiguando que en dichos lugares se puede entrar sin protección respiratoria una vez verificadas las



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



condiciones de la atmósfera, cada vez que el operario entre o incluso en el



CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"



interior. Ningún trabajador adoptará por su cuenta la decisión de entrar en un espacio de 2ª Categoría si previamente no se ha cumplimentado la hoja correspondiente a estos trabajos y se han practicado las mediciones preceptivas. Todo ello no eximirá del cumplimiento de las normas particulares de Seguridad que se habrán de adoptar en cada caso.

Ejemplos de espacios de 2ª Categoría:

- Tanques de almacenamiento de sustancias químicas: por ejemplo: cloro, ácidos, silos de cal, etc ...
- Tuberías de agua potable o pluviales de gran diámetro visitables.
- Depósitos de agua reducidos, poco ventilados.
- Fosas sépticas de poca profundidad.
- Pozos de registro de alcantarillado a una profundidad menor de 2 metros.

La entrada en estos lugares, una vez identificados, será conforme a las normas en vigor, incluyendo la inspección atmosférica con el detector apropiado de gases antes de la entrada y en continuo o a intervalos durante la estancia. Estos trabajos no llevarán necesariamente aparejado un diseño especial de seguridad y se atenderán a las normativas particulares. Será preceptiva la cumplimentación de la Hoja de Acceso a Espacios Confinados de 2ª Categoría por parte del encargado responsable del tajo, en el impreso correspondiente. Esta hoja quedará archivada una vez finalizados los trabajos y disponible en el caso de ser requerida por el Departamento de Seguridad.

3ª Categoría

Se trata de lugares en los que, a raíz de las inspecciones y basándose en la experiencia, es poco probable que se produzca un problema atmosférico (en condiciones normales de funcionamiento)

Para estos lugares se necesita SEGURIDAD EN EL MÉTODO DETRABAJO, pero no se necesita ningún documento; sin embargo, el responsable del lugar debe ser informado de la operación antes de la entrada.

Cuando se prevea un problema, por ejemplo, entrada de fangos o aguas residuales, sustancias químicas, avería en la ventilación o producción de gases peligrosos, se debe tratar el lugar como perteneciendo a la 2ª Categoría hasta que vuelvan a restablecerse las condiciones normales.

Ejemplos de espacios de 3ª Categoría:

- Pozos de saneamiento totalmente secos.
- Túneles de conductos o galerías.
- Bocas de hombre con una profundidad inferior a 1,5 mt.
- Depósitos de agua potable y bruta.
- Túneles de aliviaderos, excepto de aguas residuales.
- Accesos a válvulas subterráneas de presas.

Estos lugares serán inspeccionados de forma regular para asegurar que siguen funcionando normalmente. Si las visitas no son frecuentes, siempre se debe inspeccionar el lugar con un detector de gases.

3.8.2 Atmósferas explosivas

La posible generación de atmósferas explosivas en una EDAR se limita prácticamente a los procesos de digestión anaerobia y zonas anexas a la misma, sin descartar algunos recintos

confinados donde la acumulación de gases en determinadas concentraciones puede dar lugar también a la formación de una atmósfera explosiva.

El biogás obtenido en un proceso de digestión es una mezcla variable de distintos gases producto del metabolismo anaerobio del fango. En líneas generales el biogás presenta la siguiente composición:

- Metano 65%
- Dióxido de carbono 32%
- Monóxido de carbono 1-2%
- Ácido sulfhídrico 0,003%
- Otros 1-2%

Desde el punto de vista explosivo el compuesto más problemático es el metano. Se trata de un hidrocarburo de un solo átomo de carbono con un gran poder energético, debido a ello se utiliza tanto para los procesos de calentamiento de la digestión en calderas como para el aprovechamiento energético en grupos motogeneradores.

Normalmente las líneas de biogás de las depuradoras trabajan a **baja presión (100-300 mm.c.a.)**, lo que garantiza mejores condiciones de seguridad que al trabajar a presiones superiores donde la cantidad e importancia de las fugas lo haría mucho más problemático.

No obstante, la **existencia de depósitos (gasómetros), la propia línea de biogás con los potes de condensados, la parte superior de los digestores, e incluso en algunos casos las esferas de almacenamiento, hace necesaria la adopción de medidas en evitación de accidentes que por su magnitud pueden llegar a ser muy importantes.**

Para la generación de una explosión son necesarias las siguientes características:

- ☐ Presencia de un combustible, en nuestro caso el metano.
- ☐ Presencia de un comburente, el oxígeno atmosférico.
- ☐ Presencia de un detonante, llama, chispa o cualquier fuente de calor con energía suficiente.
- ☐ Que la mezcla combustible-comburente se encuentre dentro de unos límites determinados.

El **metano para explosionar** debe encontrarse en una mezcla con aire en el intervalo del **4 al 12%**, por bajo del límite inferior no existe riqueza suficiente y por encima del límite superior entraría en combustión sin provocar explosión.

Con las premisas anteriores y conociendo la composición del biogás **la generación de una atmósfera explosiva solo puede ocurrir en las proximidades de la salida del mismo** (fuga, puesta a la atmósfera, mal funcionamiento del quemador o antorcha, etc ...), ya que a **muy poca distancia de la salida la dilución en el aire bajaría la concentración por debajo del límite inferior**. Por tanto, la primera medida a adoptar es la limitación de toda la zona de biogás, además de las siguientes:

- ☐ Acceso restringido solo a personal autorizado y convenientemente formado.
- ☐ La instalación eléctrica debe ser antideflagrante por normativa.
- ☐ Las herramientas utilizadas en las reparaciones deben ser antideflagrantes para no producir chispa.
- ☐ Prohibición de fumar en toda la zona, aunque esta debe ser general para toda la EDAR.



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



- ❑ En las reparaciones no dejar vehículos en marcha en las proximidades.
- ❑ Presencia de detectores fijos en los puntos más significativos.

- ☐ Detectores portátiles en explotación y sobre todo en las reparaciones.
- ☐ Si es necesario soldar y/o cortar, inertización de la atmósfera con nitrógeno.

Con menos frecuencia en los espacios confinados pueden generarse atmósferas explosivas, por tanto y especialmente en las labores de mantenimiento donde puede aparecer una fuente de ignición (corte con radial, soldaduras, etc..) debe incluirse la medición de gases con sensor para el metano.

Aunque afortunadamente poco frecuentes, los accidentes con atmósferas explosivas suelen ser graves y muy graves con muerte en la mayoría de los casos y de aquí la importancia de adoptar todas las medidas anteriores.

Los fuegos se catalogan en cuatro tipos:

- ☐ Clase A: Fuegos secos. Son los producidos por cuerpos sólidos con brasas (maderas, papel, etc.).
- ☐ Clase B: Fuego de líquidos inflamables y sólidos licuables (gasolina, aceites, etc.).
- ☐ Clase C: Fuego de gases inflamables (metano, acetileno, etc.)
- ☐ Clase D: Fuego de metales ligeros reactivos.

Los principales agentes extintores son:

- ☐ Agua: Actúa como agente enfriador. Es útil para fuegos de clase A. No debe utilizarse nunca sobre instalaciones eléctricas o en sus proximidades.
- ☐ Espuma: Agente que actúa por sofocación. Es útil para fuegos de clase A y B. No utilizando nunca sobre instalaciones eléctricas.
- ☐ CO₂: Agente que actúa por enfriamiento y sofocación. Es útil para fuegos de clase B. Se puede utilizar sobre instalaciones eléctricas.
- ☐ Polvo químico: Se emplea para fuegos clase A, B, C.

Normas de empleo de extintores:

- ☐ Estarán colocados cerca del lugar donde pueda producirse conato de incendio.
- ☐ Serán adecuados al fuego a combatir.
- ☐ El acceso a los mismos estará perfectamente despejado.
- ☐ Cada tres meses se verificará la accesibilidad, situación y aparente buen estado de extintor.

3.8.3 Riesgos biológicos

Las aguas residuales son utilizadas como vehículo de transmisión por numerosos microorganismos (patógenos y no patógenos), por ello el tratamiento y/o manipulación de las mismas y sus subproductos debe realizarse en condiciones de seguridad que salvaguarden la salud de los trabajadores expuestos.

La normativa de aplicación es el Real Decreto 664/97 sobre "protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo". La depuración de las aguas residuales se clasifica dentro del anexo 1 como actividades en las que no existe intención deliberada de manipulación de agentes biológicos, es decir existe una exposición incidental de los trabajadores por la naturaleza del material procesado pero no implica manipulación ni contacto directo con el mismo.

Se clasifican los agentes biológicos en cuatro grupos en función de:

- ❑ Riesgo de producir enfermedad en el hombre.
- ❑ Grado de propagación.
- ❑ Existencia o no de un tratamiento eficaz.

Es opinión general de los expertos que en las depuradoras se pueden encontrar mayoritariamente agentes de los grupos 1 y 2, y en menor medida o accidentalmente del grupo 3, en base a ello está realizada la clasificación de la actividad en el anexo 1, no siendo de aplicación todo el real decreto sino una parte del mismo.

En una EDAR no existe contacto físico del operador con el agua y/o sus subproductos (fangos, residuos del pretratamiento, etc...) a no ser que sea accidentalmente, no obstante existe la posibilidad del paso de los microorganismo al ambiente, especialmente en zonas con formación de aerosoles (tratamiento biológico), este es el principal riesgo y el más difícil de evaluar, las zonas más afectadas de una EDAR son las siguientes:

- ❑ Pretratamiento, en la llegada del agua residual fresca los microorganismos tienen mayor viabilidad (a lo largo del tratamiento van siendo eliminados los organismos cuyo hábitat natural no es el agua), de especial significado puede ser el desarenador donde la inyección de aire puede dar lugar a la formación de aerosoles. Cuando los pretratamientos están cubiertos debe existir una buena renovación de aire.
- ❑ Tratamiento biológico, debido a la formación de aerosoles (especialmente importante en el caso de turbinas), no obstante la mayor parte de los gérmenes patógenos ya han desaparecido o se encuentran inactivos.
- ❑ Línea de fangos, particularmente la deshidratación donde el fango aparece visible al operador y a escasa distancia del puesto de trabajo. En el fango se van acumulando todos los microorganismos eliminados en los tratamientos primario y secundario, si bien el tiempo de retención juega un papel importante en la eliminación de aquellos organismos cuyo hábitat no es el agua.
- ❑ Laboratorio y toma de muestras, debido a la manipulación directa que se realiza tanto del agua como de los subproductos.

3.8.4 Riesgos eléctricos

Teóricamente la electricidad es una de las fuentes más importante de accidentes, sin embargo en la práctica ello no se cumple debido fundamentalmente a la calidad de las instalaciones y la cualificación del personal, no obstante pueden derivarse accidentes muy graves.

La naturaleza de las lesiones está en función del potencial de la corriente y de la intensidad de la misma, el efecto de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano puede ser:

- ❑ Quemaduras: al actuar el cuerpo como resistencia.
- ❑ Interrupción respiratoria, asfixia: paralización muscular.
- ❑ Fibrilación ventricular: desincronización del ritmo cardíaco.
- ❑ Tetanización: contracción muscular involuntaria.
- ❑ Los contactos pueden ser directos (con dos conductores o un conductor y tierra) o indirectos (corrientes de derivación, situación en un campo eléctrico).

Principales medidas a adoptar:

- ☐ Separación e interposición de obstáculos en las partes activas.
- ☐ Uso de tensiones de seguridad (24 v)
- ☐ Instalación de diferenciales.
- ☐ Puestas a tierra.
- ☐ Capacitación del personal.
- ☐ Utilización de epis (guantes, cascos, banquetas, pértigas, pantallas faciales, herramientas con aislamiento, etc...).
- ☐ Señalización.

En el caso de producirse un accidente es muy importante:

- ☐ Verificar que el accidentado no tiene contacto con el conductor.
- ☐ Si es necesario practicar respiración artificial y/o masaje cardiaco.
- ☐ No moverlo salvo caso de fuerza mayor.
- ☐ Permanecer a su lado hasta la llegada de los Servicios Médicos.

La coexistencia de alta y baja tensión en una EDAR así como la magnitud de las instalaciones hace necesario contar con personal de mantenimiento eléctrico especializado y ello en sí ya es una importante medida para paliar y evitar riesgos.

La electricidad es una de las formas de energía más utilizada, proporcionando ayuda y bienestar en la mayoría de nuestras actividades, pero presenta importantes riesgos que es preciso conocer y prever.

Tipos de contactos eléctricos:

- ☐ Contacto directo: Es el que se produce con las partes activas de la instalación.
- ☐ Contacto indirecto: Es el que se produce con masas puestas accidentalmente en tensión.

Para evitar los contactos directos tenemos que:

- ☐ Alejar los cables y conexiones de los lugares de trabajo y paso.
- ☐ Interponer obstáculos.
- ☐ Recubrir las partes en tensión

Para evitar los contactos indirectos existen dos medios de defensa:

- ☐ La puesta a tierra.
- ☐ El interruptor diferencial.

Los trabajos eléctricos solo podrán ser realizados por aquellos trabajadores autorizados para ello (electricistas), no pudiendo ningún trabajador, inclusive si este fuera un mando intermedio realizar ninguna otra operación que no sea la de rearmar un interruptor magnetotérmico.

- ☐ Siempre que se use un extintor, se deberá notificar para que sea reemplazado.

3.8.5 Atrapamientos mecánicos

Debido al gran número de maquinaria en movimiento tanto en continuo como intermitentemente, el riesgo de atrapamiento mecánicos en una EDAR resulta muy importante.

La importancia de los accidentes puede variar desde pequeñas lesiones en miembros hasta muerte por aplastamiento, y están en función del tamaño y potencia de la máquina considerada.

Existen dos características que hacen que este riesgo esté potenciado:

- ❑ Maquinaria en movimiento intermitente controlada por automatismos.
- ❑ Baja velocidad de movimiento (puentes desarenadores, decantadores, etc..).

En ambos casos el personal al no detectar el movimiento se acerca peligrosamente sin evaluar el potencial riesgo, ello tiene especial significado en personas ajenas a las instalaciones que no conocen el funcionamiento.

Principales medidas a adoptar:

- ❑ Parar maquinaria en labores de mantenimiento, desconectar eléctricamente y poner señalización.
- ❑ Bloquear mecánicamente para impedir desplazamientos en trabajos de mantenimiento.
- ❑ Colocar carenados, barandillas y otras protecciones que impidan el acercamiento a las partes móviles.
- ❑ Definir zonas de seguridad con acceso restringido para las máquinas en movimiento.

3.8.6 Caídas al mismo y distinto nivel

Aunque se le suele prestar poca atención este capítulo puede ser uno de los que más bajas generan en las instalaciones de depuración

Las caídas al mismo nivel están provocadas en gran medida por resbalones debido a la existencia de superficies mojadas (tanto por reboses como por limpiezas) y tropiezos con objetos situados en vías de paso.

Las principales medidas a adoptar son la limpieza y el orden, construcción de superficies no resbaladizas y utilización de calzado apropiado.

El diseño de la propia línea piezométrica de la EDAR obliga a la construcción de estructuras con diferentes alturas sobre el nivel del suelo y ello da lugar a la aparición de numerosos lugares de trabajo en los que existe añadido el riesgo de caída.

3.8.7 Reactivos

La presencia de reactivos en las depuradoras supone un riesgo más en la explotación de las mismas, no todas las plantas cuentan con reactivos pero si muchas de ellas y especialmente las más grandes.

El personal debe recibir la formación e información adecuada acerca del manejo de estos reactivos y contar con los EPI's correspondientes (protección ocular, ropa, guantes, calzado, etc..) así como usarlos adecuadamente.

Un caso especial es el polielectrolito utilizado en deshidratación, flotación y/o tratamiento físico-químico. Al tratarse en la mayoría de los casos de un producto sólido particulado su manejo no suele presentar mayor problema, pero los derrames aunque sean pequeños deben ser retirados inmediatamente ya que en presencia de agua genera superficies muy resbaladizas que han dado lugar a accidentes de cierta gravedad. Al tratarse de un producto finamente particulado, su manipulación puede generar polvo y debe utilizarse protección para evitar la entrada en las vías respiratorias.

3.8.8 Puentes grúas

Para obtener el mejor funcionamiento del puente grúa es imprescindible cumplir las siguientes reglas:

- ❑ Siga exactamente las indicaciones dadas en este manual de operación y mantenimiento.
- ❑ Sea consciente de todas las reglas y advertencias escritas en el polipasto y en el puente grúa.
- ❑ Siga estrictamente los planes de mantenimiento.
- ❑ Inspeccione con frecuencia los frenos y los finales de carrera.
- ❑ Inspeccione periódicamente los cables o cadenas y los ganchos.
- ❑ Asegúrese de que las eslingas que sujetan la carga estén bien ajustadas al gancho.

Detenga inmediatamente el puente grúa si:

- ❑ Algún elemento no trabaja correctamente.
- ❑ Se sospecha que algo está roto.
- ❑ Existen ruidos inusuales.

Usos del puente grúa que deben ser evitados:

- ❑ Tirar de costado del cable de elevación.
- ❑ Utilizar el puente grúa para arrastrar cargas.
- ❑ Elevar cargas que estén arriostadas o amarradas o sujetas al suelo.
- ❑ Balancear la carga para colocar en alguna posición fuera del trabajo del gancho.
- ❑ Dejar una carga suspendida sin atención del operador.
- ❑ Mover cargas sin tener una perfecta visibilidad.
- ❑ Trabajar con cargas muy cercanas a la capacidad máxima del puente grúa sin tener en consideración los límites de trabajo.
- ❑ Utilizar habitualmente el pulsador de emergencia durante las operaciones que no lo requieran.
- ❑ Permitir a personal no cualificado operar con el puente grúa.

Acciones a evitar

Por su propia seguridad, evite las siguientes formas incorrectas de uso del puente grúa:

- ❑ Efectuar movimientos de elevación con personas moviéndose alrededor del área de trabajo.
- ❑ Permitir a personal no cualificado la utilización del puente grúa.
- ❑ Elevar o transportar personas.
- ❑ Permitir que dos puentes grúa trabajen en una zona donde puedan colisionar, bien ascendiendo el gancho o bien por traslación de ambas grúas.

- ❑ Utilizar la grúa como elemento de arrastre de cargas, salvo que haya sido diseñada para ello.
- ❑ Usar el polipasto como medio para amarrar una carga, enrollando el cable o la cadena de elevación alrededor de ella.

Riesgos a evitar

- ❑ Instalar el puente grúa en soportes improvisados o caminos de rodadura inadecuados.
- ❑ Utilizar equipos de alimentación provisionales que no aseguran ni un equilibrado de fases ni una correcta puesta a tierra de la misma.
- ❑ Utilizar mangueras con cables empalmados, con conexiones provisionales o con el aislante deteriorado.
- ❑ Mover el puente grúa cuando uno de los motores no trabaja correctamente. Se podría producir un descarrilamiento.
- ❑ Utilizar cable o la cadena de elevación deterioradas.
- ❑ Usar ganchos estropeados, abiertos o sin lengüeta de seguridad que asegure la eslinga o que no estén bien sujetos con su tuerca o sistema de fijación.
- ❑ Frenos estropeados o desgastados.
- ❑ Botoneras rajadas, rotas, cajas de maniobra rotas, abiertas o con la puerta estropeada.

Uso y medidas de seguridad del puente grúa

Una vez que el puente grúa haya sido colocado y probado, se recomienda el uso del mismo de acuerdo con las siguientes instrucciones:

- ❑ No elevar nunca cargas superiores a las marcadas como carga nominal de trabajo.
- ❑ Elevar las cargas verticalmente, nunca en ángulo.
- ❑ No dejar cargas suspendidas por un tiempo superior al estrictamente requerido para las operaciones o sin la vigilancia del operador.
- ❑ Presionar firmemente los pulsadores de la botonera, y evite trabajar con pulsaciones repetidas, que lo único que consiguen es dañar los contactores y los motores.
- ❑ Nunca permanezca o camine alrededor de cargas suspendidas, especialmente debajo de ellas.
- ❑ Ninguna inspección, reparación u operación de mantenimiento, será llevada a cabo sin desconectar el interruptor principal de la alimentación eléctrica para dejar el puente grúa completa y eléctricamente aislado.

Nota: Los finales de carrera de elevación no deben ser usados normalmente sino que se deben utilizar como emergencia, en particular el final de carrera superior se ajustará de tal forma que la pasteca sólo pueda llegar aproximadamente a 0,3 ó 0,5 metros de la parte más saliente del polipasto y el final de carrera inferior se ajustará para que el gancho se separe de 0,2 a 0,3.

3.8.9 Visitas

La presencia de grupos de visitas en las instalaciones es un factor de riesgo adicional a los anteriormente comentados, ya que se trata de grupos normalmente numerosos, personas que no tienen conciencia de los riesgos de la instalación, y en el caso de **escolares agravado** por la corta edad de los mismos.

Debe prestarse especial atención a la organización de las visitas a fin de evitar riesgos y para ello es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- ☐ Establecer límite mínimo de edad.
- ☐ Organizar grupos pequeños y controlables.
- ☐ Realizar un circuito predeterminado.
- ☐ No acercarse a maquinaria en movimiento.
- ☐ No entrar en recintos cerrados, en ningún caso los catalogados con riesgo biológico.
- ☐ Resulta interesante en algunos casos el trazado del circuito en la calzada o la realización de la visita desde el autobús según el tamaño de las instalaciones.

3.9 PLAN DE EMERGENCIA

El **artículo 20 de la Ley de Prevención** obliga al empresario a analizar las posibles situaciones de emergencia y a la adopción de medidas necesarias en **materia de primeros auxilios, incendios y evacuación de los trabajadores**. Además es de aplicación toda la normativa existente sobre incendios, y en algunos casos el Real Decreto sobre accidentes mayores.

Un plan de emergencia interior consta de los siguientes componentes:

- ☐ Análisis y cuantificación de los accidentes más probables.
- ☐ Nivel de emergencia (conato, parcial y general).
- ☐ Procedimientos de actuación.
- ☐ Dirección y organización de la emergencia y cadena de mando en función del periodo horario considerado.
- ☐ Aviso y comunicaciones.
- ☐ Interface con el plan de emergencia exterior.
- ☐ Evacuación y puntos de reunión.
- ☐ Fin de la emergencia.
- ☐ Inventario de medios disponibles.
- ☐ Mantenimiento de la operatividad: formación, prácticas, simulacros, etc...

La existencia de un plan de emergencia interior convenientemente actualizado y conocido por el personal es una garantía para hacer frente a los posibles accidentes en condiciones de seguridad para la neutralización de la emergencia y la evacuación de todo el personal presente en las instalaciones.

4 MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE ELEMENTOS MÁS IMPORTANTES

4.1 LAMELAS INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los módulos de lamelas están compuestos por perfiles inclinadas a 60 ó 55º, lo que hace que dispongamos de una importante superficie de decantación en relación al área de base ocupada. La selección del ángulo de inclinación, de la altura del módulo y del modelo de lamela permitirá obtener una carga hidráulica apropiada para el buen funcionamiento de la instalación. Los decantadores lamelares funcionan a contra-corriente, lo que quiere decir que el agua clarificada se evacua por la parte de arriba y los sólidos decantados sobre la superficie de las lamelas se recogerán en la zona de acumulación de fangos inferior. Los fangos se extraerán posteriormente por bombeo y/o raspado del fondo del decantador.

4.1.1 Instrucciones de base

Las lamelas son un material pasivo, sus propiedades están íntimamente ligadas al proceso de sedimentación. Las eventuales irregularidades no se podrán explicar más que por la modificación de las características de la aplicación o del modo de operación de la instalación. En particular se deberá prestar atención a los siguientes puntos:

4.1.1.1 Evacuación correcta del fango

La evacuación del exceso de los fangos decantados deberá efectuarse de forma fácil. Se deberá asegurar que el nivel de fangos debajo de las lamelas sea siempre el indicado. Valores orientativos podrían ser:

- Instalaciones con una superficie de decantador > 50 m² 1,5 m
- Instalaciones con una superficie de decantador entre 20÷50 m² 1,0 m
- Instalaciones con una superficie de decantador entre 10÷20 m² 0,5 a 1 m

El bombeo del fango se realizará de forma intermitente y en función de la altura del manto de fango decantado. La capacidad de la bomba se determinará de manera que la extracción se realice de forma rápida a fin de evitar que se creen caminos preferenciales.

Dado que el decantador lamelar tiene una estructura compacta, es conveniente aumentar la frecuencia de evacuación en comparación a un decantador convencional. Recomendamos un intervalo regular de unos 30 min.

4.1.1.2 Canaletas de rebose

La velocidad en el seno de las lamelas debe ser homogénea. Por lo que las canaletas deben posicionarse de forma que no se cree ningún camino preferencial en el decantador.

4.1.1.3 Eficacia de sedimentación

La eficacia se define en función de la velocidad de sedimentación de los sólidos. Si esta es insuficiente, deberá determinarse y eventualmente mejorarla adaptando un proceso de precipitación con reactivo químico. Todas las intervenciones de extracción de fangos y flóculos deberán realizarse con cuidado a



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



fin de no estropear la estructura de las lamelas. La inyección de aire no está permitida y debe evitarse.

4.1.2 **Mantenimiento**

Dado que no existen partes móviles, el mantenimiento se limita a las operaciones siguientes:

4.1.2.1 **Inspección regular**

Control visual de problemas ligados a la calidad del efluente, desarrollo de algas, espumas u otros fenómenos.

4.1.2.2 **Limpieza**

El intervalo de inspección puede variar desde una vez por semana *hasta una vez por mes, mientras que el periodo de limpieza puede variar entre una vez al mes hasta una vez por año*, esto dependerá del tipo de aplicación. El operador responsable de la instalación deberá determinar por sí mismo la frecuencia de inspección y la de limpieza.

4.1.2.3 **Instrucciones de limpieza y mantenimiento**

Generalmente los sólidos depositados sobre la superficie de las lamelas se evacúan por sí solos hacia la zona de colección. Así las lamelas se auto-limpian aprovechando este mecanismo, siempre y cuando no se vean perturbadas por ciertos fenómenos como son:

- ❑ **Espumas.** Se debería instalar un sistema de eliminación en el decantador si aparecen una cantidad importante de espumas. Es posible también complementar la instalación con un eliminador de partículas flotantes.
- ❑ **Flotantes.** Debe verificarse si los fangos proceden de la parte de debajo de los módulos, podría ser que estos permaneciesen demasiado tiempo en el fondo del decantador, los fangos se convierten en activos, produciéndose gas que al escaparse hace subir el fango a la superficie. Este efecto puede reducir significativamente el rendimiento de la instalación.
Soluciones:
 - o Aumentar la frecuencia del mantenimiento.
 - o Adaptar el proceso de eliminación de fangos, aumentando la capacidad de evacuación del sistema o aumentando la frecuencia de evacuación
- ❑ **Evacuación de flóculos.** Es posible que pequeños flóculos se dirijan hacia la parte alta de las lamelas y se depositen en los espacios entre módulos o en las zonas muertas entre las lamelas y las paredes. Normalmente esto no debe causar ningún problema de funcionamiento. Los depósitos pueden limpiarse aproximadamente cada 6 meses, especialmente el de las zonas muertas.
- ❑ **Formación de deposiciones sobre los perfiles.** La acción biológica y química de las deposiciones puede estropear el buen funcionamiento del proceso de sedimentación. Si no pueden tomarse medidas antes del decantador, entonces el decantador deberá lavarse regularmente. El intervalo de limpieza deberá definirse de manera que la deposición se elimine antes de que impida que los fangos se deslicen por la lamela. Generalmente es suficiente con bajar el nivel del agua por debajo de la superficie de sedimentación y limpiar las lamelas. Si las deposiciones solo pueden eliminarse con productos químicos debe tenerse



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



en cuenta la resistencia química del PVC o del PPTV frente a estos productos o el de cualquier otra parte de la

instalación que se pueda ver afectada por la corrosión. Generalmente el PVC y el PPTV resisten a los productos químicos comúnmente utilizados para la limpieza.

- ❓ **Colmatado.** El colmatado puede producirse por:
- o Una carga demasiado alta a separar.
 - o Los sólidos tienden a hacer una costra o a incrustarse.
 - o El nivel de fangos es demasiado alto.
 - o Los fangos fermentados flotan y obstruyen los canales.
 - o Los flóculos no resbalan hacia abajo a causa de deposiciones sobre las lamelas.

Si el sistema se colmata se deberán determinar y corregir las causas. Al limpiar los módulos lamelares, es necesario evitar toda sobrecarga mecánica sobre ellos y sobre los soportes al bajar el nivel de líquido. Normalmente los soportes están dimensionados para una carga máx. igual al peso en seco más 100 Kg/m². Si el 10% del módulo están colmatado esto representa una carga en servicio de 100 Kg/m³. Con una carga elevada y en función del modelo, material y altura del módulo, se puede llegar a deformar entre 10 y 50 mm entre 2 vigas de soporte. Debe evitarse una deformación superior a 30 mm regando la zona. De esta forma las grandes deposiciones deben eliminarse inmediatamente en el momento de bajar el nivel de agua.

- ❓ **Operación de limpieza** A fin de limpiar el lamelar, debe bajarse el nivel de agua por debajo de las lamelas (esto puede suponer una sobrecarga mecánica, ver apartado 3.5). Después de esta etapa o simultáneamente, las lamelas deben rociarse con agua. La limpieza debe realizarse en la misma dirección que la inclinación de las lamelas, a fin de hacerlo en toda su superficie. Para la limpieza debe utilizarse un gran caudal de agua. En caso de utilizar equipos de alta presión la operación debe realizarse con cuidado a fin de no estropear el material de las lamelas.

- ❓ **Paso sobre las lamelas** Normalmente está prohibido pasear sobre las lamelas, pero están dimensionadas de forma que pueden soportar el paso de una persona por m², sin la carga debida a la contaminación. Caminar sobre las lamelas es posible teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

- o Una segunda persona deberá estar fuera del decantador como medida de seguridad.
- o Hay riesgo de caída, por tanto deben tenerse todos los elementos de seguridad para este tipo de trabajos. (Botas, guantes, arneses, etc.)
- o Es indispensable la instalación de planchas que repartan la carga. Estas planchas deberán estar dispuestas de manera que se apoyen sobre al menos dos filas de módulos de lado a lado.
- o El nivel de agua en el depósito deberá estar justo por debajo de las lamelas a fin de evitar que la caída sea hasta el fondo del decantador. Esto no impide que se utilicen los sistemas de seguridad como arneses, etc.

- ❓ **Reparaciones** Durante los trabajos de reparación en la proximidad de las lamelas (operación de soldadura) debe tenerse en cuenta que sobre todo en los módulos de Polipropileno presentan un alto riesgo de inflamabilidad. Por tanto deben aplicarse todas las precauciones relativas a este tipo de situaciones.

4.2 DECANTADORES SECUNDARIOS DE SUCCIÓN

4.2.1 Motor

Deberá limpiarse frecuentemente, sacando polvo y suciedad a fin de mantener la capacidad de refrigeración. Comprobar el nivel de aceite y engrase.

4.2.2 Reductor

Debe comprobarse regularmente si existe alguna pérdida de aceite.

4.2.3 Consumo eléctrico

Cada tres meses tomar la lectura del consumo eléctrico. Su valor ha de ser siempre inferior al nominal que figura en la placa. Una concentración excesiva de lodos en el fondo por falta de aspiración, podría sobrecargar el motor. Comprobar que el limitador de par está correctamente regulado.

4.2.4 Partes mecanizadas y retenes

Cubrir con grasa las piezas mecanizadas externas, retenes, acoplamientos, etc, y posteriormente mantenerlos constantemente engrasados para impedir su oxidación.

4.2.5 Rodamientos y cojinetes

Deben engrasarse cada dos meses como mínimo. Debe revisarse periódicamente para observar el buen estado de los mismos, procurando que siempre estén engrasados.

4.2.6 Elementos sumergibles

Cada dos meses, limpiar todas aquellas partes que, en funcionamiento normal, estén entrando y saliendo del agua, con el fin de evitar incrustaciones de residuos que impidan un correcto funcionamiento del equipo.

4.2.7 Colector central de toma de corriente

Revisar esporádicamente el estado de las escobillas y de los muelles que las presionan con los anillos de toma de corriente. Comprobar la buena ventilación interior de todo el conjunto para evitar condensaciones de agua.

4.2.8 Recogida de flotantes

Comprobar que las tolvas no estén obturadas y mantenerlas limpia de acumulaciones de flotantes.

4.2.9 Válvulas de regulación de lodos

Mantener constantemente engrasados los husillos, como mínimo una vez al mes.

4.2.10 Bomba de vacío



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



Como mínimo ponerla en marcha una vez al mes. Para ello mantener cerrada la válvula principal y abrir la válvula auxiliar, con el fin que pueda realizar aspiración de aire.

4.3 PUENTES GRUAS

4.3.1 *Mantenimiento*

Los reductores de velocidad de traslación, se suministran con la lubricación adecuada para al menos dos años de funcionamiento.

Los rodamientos y los engranajes abiertos no necesitan ser engrasados para la puesta en marcha del puente grúa.

En el caso de puentes grúa suspendidos, deberemos engrasar los engranes de las ruedas mensualmente con el lubricante indicado en la tabla de engrase para engranajes abiertos.

Los lubricantes utilizados son indicados para temperaturas entre -10°C y $+60^{\circ}\text{C}$. Para otro rango de temperaturas consultar al fabricante.

4.3.2 *Problemas de funcionamiento*

Problema	Causa posible	Solución
Ruido de funcionamiento inusual y continuo.	a) Ruido de roces o chirridos: *Rodamiento dañado b) Ruido de golpeteo: *Irregularidades en los engranes	1. Comprobar el nivel de aceite 2. Contactar con el S.A.T.
Ruido de funcionamiento inusual y discontinuo.	Cuerpos extraños en el aceite	1. Comprobar el aceite 2. Contactar con el S.A.T.
Fuga de aceite: *Por la brida del motor *Por el retén del motor *Por la brida del reductor *Por el retén del eje de salida	a) Junta defectuosa b) Reductor sin aireación	1. Airear el reductor 2. Contactar con el S.A.T.
Fuga de aceite por la válvula de aireación.	a) Demasiado aceite b) La válvula de aireación no está bien ajustada	1. Corregir el nivel de aceite 2. Ajustar correctamente la válvula de aireación
El eje de salida no gira a pesar de que el motor funciona o el eje de entrada gira	Unión entre ejes y engranes interrumpida en el reductor	Reparar o sustituir el reductor

4.4 BIOFILTROS

4.4.1 *Marcha Y Funcionamiento*

4.4.1.1 1ª Etapa – Sistema de riego

Para el biofiltro:

- Verificar la presión de agua a la entrada del sistema (presión aprox. 2,0 bar)
- Abrir la válvula de agua.
- Abrir la electroválvula.



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**

- Esperar diez minutos.
- Verificar el rociado del agua.



- Corregir el rociado de agua mediante la válvula de diafragma.
- Poner la electroválvula en funcionamiento automático, el tiempo determinado por cálculo y teniendo en cuenta las condiciones climáticas.

4.4.1.2 2ª Etapa – Ventilación

Para el ventilador:

- Poner en funcionamiento el ventilador.
- Verificar la presión estática del aire en el interior del tubo de entrada al biofiltro.
- Verificar el caudal del aire requerido.
- Verificar la presión estática del aire en el interior del tubo de entrada al biofiltro.

4.4.1.3 3ª Etapa – Funcionamiento

Para cada salida de agua.

- Verificar la presencia de agua en las salidas de agua (sifones)
- Verificar el nivel del agua.
- Verificar un valor de pH > 4 a 5.

4.4.1.4 4ª ETAPA - FUNCIONAMIENTO

Verificaciones	Frecuencia		
<u>Aire</u>	Diario	Mensual	Semestral
Caudal		Si	
Presión estática de aire en el interior de entrada al biofiltro		Si	
Concentración de SH ₂ de aire en el interior del tubo de entrada del biofiltro			Si
Concentración de SH ₂ de aire en el interior del tubo de salida del biofiltro			Si
<u>Medio Filtrante</u>	Diario	Mensual	Semestral
Verificar que la superficie superior está húmeda	Si		
Retirar una muestra del medio filtrante (5 litros)			Si
<u>Agua</u>	Diario	Mensual	Semestral
Concentración de pH del agua en una de las salidas (sifones)		Si	
Verificar la presencia de agua en las		Si	

4.4.2 **Mantenimiento y limpieza**

- ☐ Debe comprobarse el estado de limpieza de los niveles. A causa de la suciedad puede alterarse el correcto funcionamiento del proceso e incluso hacer funcionar la bomba de recirculación en seco.

- ☐ Debe comprobarse el estado de limpieza del filtro. A causa de la suciedad puede hacer funcionar la bomba de recirculación en seco. Una disminución de presión en la bomba puede indicarnos presencia de suciedad.
- ☐ Debe comprobarse el estado de limpieza de pulverizadores. Un aumento de presión en la bomba puede indicarnos presencia de suciedad. A causa de esta suciedad puede reducirse la eficacia.
- ☐ Debe comprobarse el estado de limpieza del fondo del scrubber. Una acumulación de suciedad, precipitados o cristalizaciones pueden afectar a la recirculación de líquido y concretamente dañar la bomba de recirculación.
- ☐ Debe realizarse el mantenimiento de equipos electromecánicos e instrumentación indicado por cada fabricante.
- ☐ Es importante realizar estas operaciones de mantenimiento y limpieza con intervalos máximo de un año.

NOTA: En términos generales las revisiones se realizarán como máximo cada 30 días.

4.5 TURBOCOMPRESORES

4.5.1 Revisión y sustitución del filtro del aire de refrigeración

Si la refrigeración del armario de control y el motor se realiza gracias al aire ambiental, es necesario revisar el filtro cada mes y reemplazarlo cuando esté sucio.

Si se utiliza el sistema de refrigeración por aire forzado, es necesario revisar el filtro cada mes. Si se utiliza un conmutador de caída de la presión, se activará una alarma cuando el filtro esté demasiado sucio o cuando el caudal de aire esté bloqueado.

Un sensor de presión diferencial activará una alarma cuando el filtro del motor esté demasiado sucio o cuando el caudal de aire esté bloqueado.

4.5.2 Calidad del aire de proceso

El cliente debe proporcionar un aire de proceso que respete las especificaciones del compresor. Los filtros del aire de proceso se deben revisar y reemplazar cuando sea necesario.

5 FANGOS ACTIVADOS

5.1 INTRODUCCIÓN

5.1.1 Generalidades

Cuando las aguas residuales entran en una depuradora de fangos activados, los procesos del pretratamiento eliminan los sólidos gruesos más pesados (arenas) y otros residuos, tales como raíces, trapos o maderas. Los decantadores primarios, eliminan gran parte de los sólidos flotantes y sedimentables. Normalmente las aguas residuales se decantan antes de ser tratadas por un proceso de fangos activados, pero en algunas instalaciones, las aguas residuales brutas pasan directamente del pretratamiento al proceso de fangos activados.

5.1.2 Definiciones

Fangos activados (Fig. 5.1). El término proceso de fangos activados se refiere a un sistema o proceso de tratamiento, de las aguas residuales. En este proceso de tratamiento se mantiene un cultivo biológico formado por un gran número de organismos. Todos ellos necesitan comida (aguas residuales) y oxígeno para que el proceso se realice. La población bacteriana se mantiene en un determinado nivel (concentración de sólidos)¹, para llegar a un equilibrio entre la comida procedente de las aguas residuales que pueden consumir los microorganismos² (relación alimento / microorganismos), y la capacidad de introducción de oxígeno del equipo de la instalación.

Concentración de sólidos. Los sólidos en tanques de aireación son portadores de bacterias que se alimentan de aguas residuales.

Microorganismos. Organismos muy pequeños que solo pueden verse con el microscopio. Algunos microorganismos utilizan los residuos de las aguas residuales como alimento, y de esta forma eliminan o alteran gran parte de las materias de desecho.

Fangos estabilizados. Un fango que ya ha sido tratado o descompuesto hasta el punto que, descargado o liberado, su velocidad o estado de descomposición hace que no produzca molestias ni olores

Facultativas. Las bacterias facultativas pueden usar, bien oxígeno molecular (disuelto), bien oxígeno procedente de los materiales que le sirven de alimento.

Sobrenadante. Líquido extraído de los fangos sedimentados. Generalmente el término se refiere al líquido que queda entre los fangos depositados en el fondo y la costra que flota sobre la superficie de un digestor anaerobio. Este líquido suele hacerse volver al influente del decantador primario.

Edad de los fangos, en días:

$$\frac{\text{sólidos en suspensión en la mezcla (mg / l) x vol. aireador (m}^3\text{)}}{\text{sólidos en suspensión en efluente. primario (mg / l) x caudal (m}^3\text{ / d)}} \quad [2]$$

$$[?] \frac{\text{sólidos en suspensión sometidos a aireación (kgs)}}{\text{sólidos en suspensión añadidos (kgs / día)}}$$

Colectores de aire. Tuberías que transportan aire desde la principal que recorre la pared en “Y” hasta los difusores de aire, situados cerca del fondo del tanque de aireación

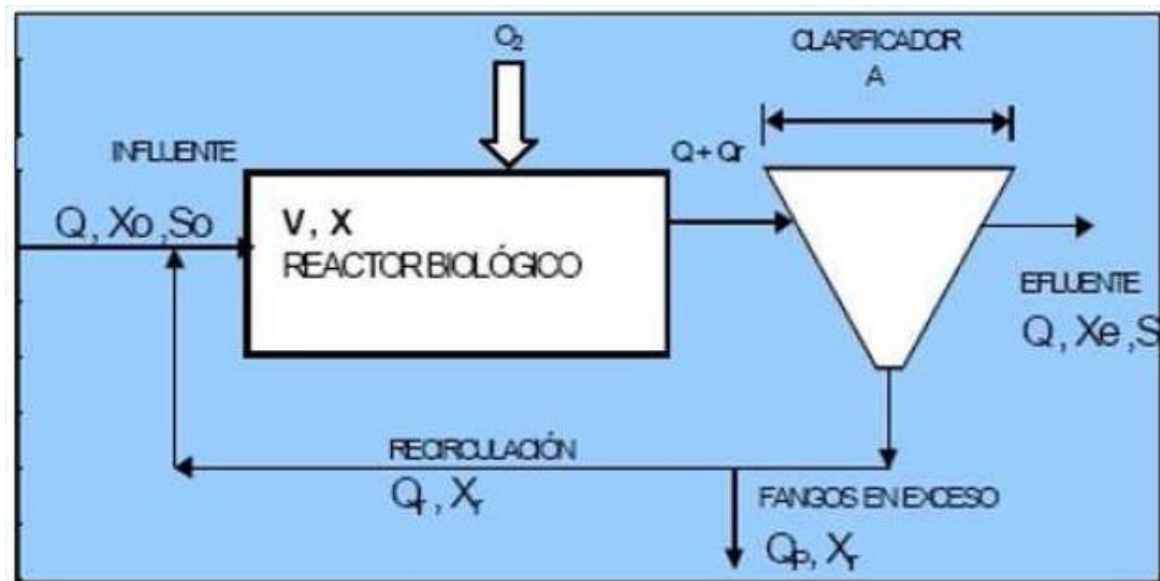


Fig. 5.1 Fangos activados y proceso de fangos activados

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El tratamiento secundario en forma de proceso de fangos activados, tiene como finalidad la oxidación y eliminación de las sustancias solubles o finamente divididas, no eliminadas por el tratamiento anterior. Esta oxidación se realiza en los tanques de aireación mediante organismos aerobios. En un espacio de pocas horas, el agua queda tratada mientras fluye a través del tanque. Se pretende que los sólidos disueltos o en suspensión, se estabilicen³ en el tanque de aireación por oxidación parcial, formando dióxido de carbono, agua, sulfatos y nitratos. Los sólidos resultantes pueden sedimentarse y eliminarse como fangos, durante la decantación.

Después del período de aireación, las aguas residuales se conducen a un tanque de decantación secundaria, para separar los sólidos de los líquidos. Los organismos sedimentados se reciclan rápidamente al tanque de aireación. El efluente resultante del decantador suele clorarse y evacuarse de la depuradora.

La transformación de los sólidos en suspensión y disueltos en sólidos sedimentables es el principal objetivo del proceso de fangos activados de alta carga, mientras que el de baja carga acentúa la oxidación. La oxidación puede lograrse por procesos químicos o biológicos. En el proceso de fangos activados, se fuerza la oxidación bioquímica realizada por organismos vivos. Estos mismos organismos realizan la transformación de los residuos en sólidos sedimentables, si la instalación funciona adecuadamente.

PROCESO DE TRATAMIENTO

FUNCIÓN

PRETRATAMIENTO

INFLUENTE

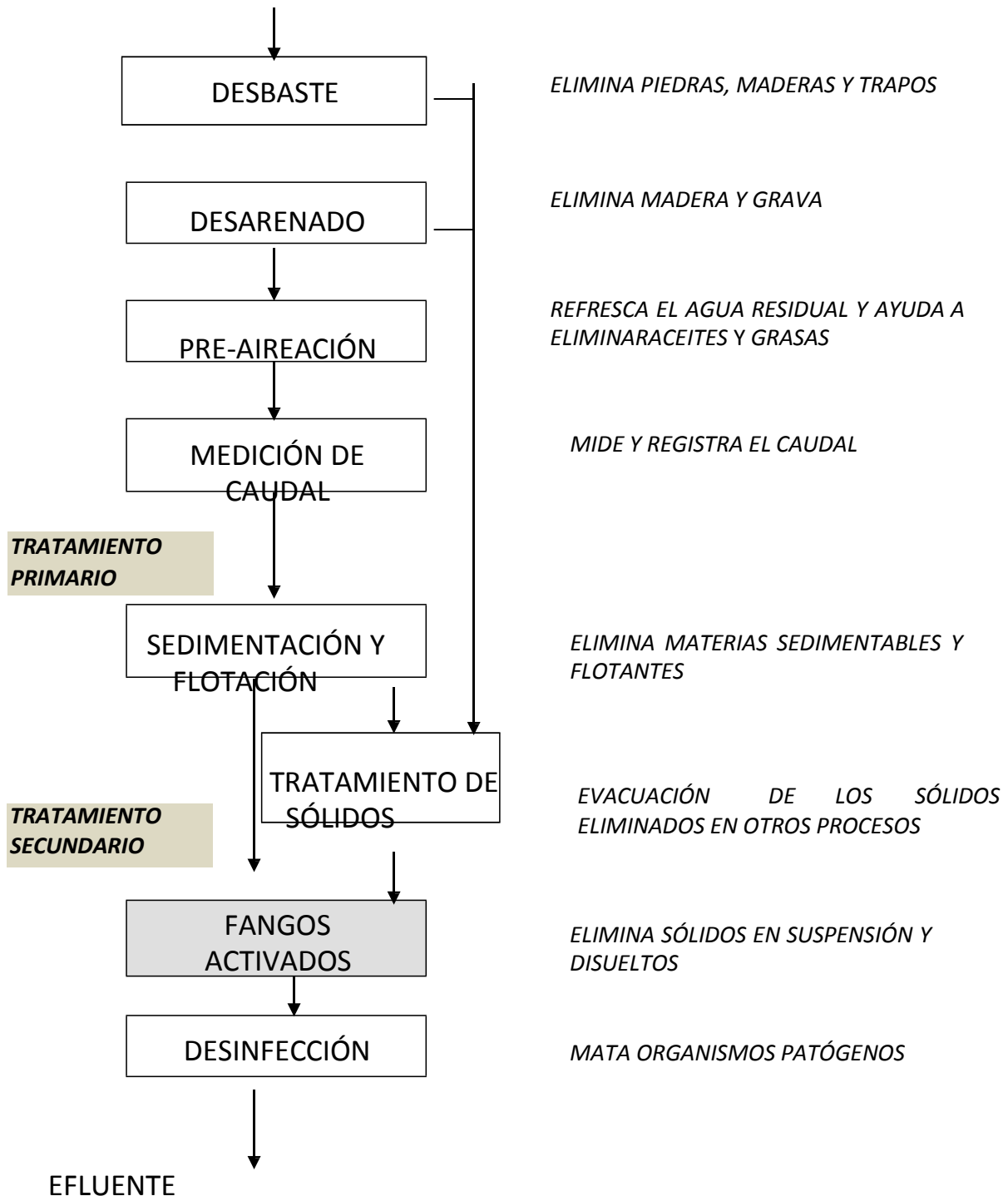




Fig. 5.2. Esquema de corriente de una instalación típica

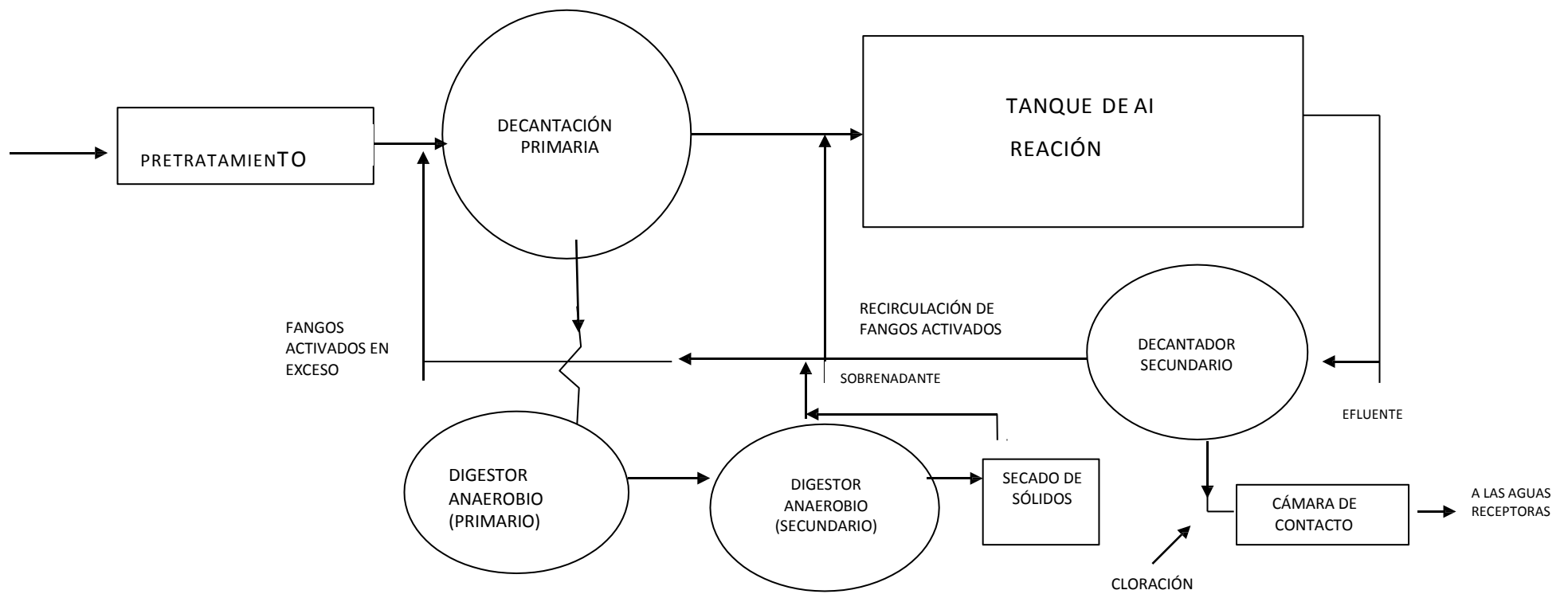


Fig. 5.3Planta de una instalación típica de fangos activados

5.3 REQUISITOS PARA CONTROLAR EL PROCESO

El control del proceso de fangos activados se basa en la evaluación y actuación sobre determinados factores relacionados entre sí, que favorecen el eficaz tratamiento de las aguas residuales influentes. Estos factores son:

1. Calidad exigida al efluente
2. Caudal, concentración y características de las aguas residuales recibidas (influyente)
3. Cantidad de fangos activados (que contienen organismos activos) que hay que mantener en el tratamiento, respecto al caudal entrante.
4. Cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar la demanda de oxígeno de las aguas residuales y para mantener un nivel de oxígeno disuelto adecuado a las necesidades de los organismos.
5. Reparto por igual del caudal de la instalación y de la carga residual entre varias unidades idénticas de tratamiento (dos o más decantadores o tanques de aireación).
6. Paso de las sustancias contaminantes (alimentos) de las aguas residuales a la masa de flóculos (sólidos activos), y separación de los sólidos de las aguas tratadas.
7. Control eficaz y evacuación de los residuos interiores (sólidos, flotantes y sobrenadantes), para realizar la evacuación final sin producir nuevas contaminaciones.
8. Previsión de lo necesario para mantener el medio ambiente conveniente para que los organismos vivos que tratan las aguas residuales tengan fuerzas para trabajar. Hay que mantenerlos sanos y en un medio adecuado.

La calidad del efluente puede establecerse mediante el porcentaje de eliminación de residuos. Las normas habituales suelen especificar las cantidades de residuos que pueden descargarse. Estas cantidades se basan en el caudal y en las concentraciones de factores importantes como los sólidos, la demanda de oxígeno, las bacterias coliformes, el nitrógeno y las grasas.

La calidad exigida al efluente determina la forma de funcionamiento de los fangos activados y el grado de control requerido. Por ejemplo, si resulta satisfactorio un efluente que contenga 50 mg/l de sólidos en suspensión y DBO (se refiere a la BDO a los cinco días), puede aplicarse un proceso de fangos activados de alta carga. Si el límite son 10 mg/l no resultará adecuado el proceso de alta carga. Si se requiere un alto grado de tratamiento, hace falta un proceso muy controlado y un tratamiento adicional después del de fangos activados.

Los caudales y las características del influente están sometidos a un control limitado por parte del operador. Las ordenanzas municipales pueden prohibir el vertido al sistema colector de sustancias que puedan afectar a la seguridad de las instalaciones de tratamiento, o dañarlas. El control de los residuos vertidos en el sistema colector requiere una inspección que asegure su cumplimiento. Puede ser necesario establecer sistemas alternativos de evacuación, tratamiento previo o descarga controlada para las sustancias especialmente perjudiciales, de forma que se obtenga una dilución aceptable, en el tiempo que tardan las aguas residuales en llegar a la depuradora.

El agua que entra en los tanques de aireación se mezcla con los fangos activados, para formar una mezcla de fangos, agua portadora y sólidos influentes. Estos sólidos proceden de tejados y calles en los alcantarillados unitarios, y también de vertidos de casas, fábricas y empresas. En la recirculación de fangos hay muchos tipos diferentes de organismos vivos, que han crecido durante el contacto previo con las aguas residuales y sirven de ayuda. Estos organismos son los que trabajan en el proceso de tratamiento. Utilizan los residuos entrantes como alimento y fuente de energía para sus procesos vitales y para la producción de más organismos. Estos nuevos organismos utilizarán más alimento contenido en



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCJA"**



las aguas residuales durante el proceso de tratamiento. Los fangos activados constituyen también una masa entrelazada que incluye diversas sustancias que no pueden utilizarse como alimento.

Algunos organismos (trabajadores) requerirán gran cantidad de tiempo para utilizar el alimento disponible en las aguas residuales, con una determinada concentración. Muchos organismos competirán unos con otros en la utilización del alimento disponible (residuos), para acortar el tiempo y aumentar la cantidad de residuos estabilizados. La proporción entre alimentos y organismos es un control fundamental en el proceso de fangos activados. Los organismos tienden a aumentar al aumentar la carga de residuos (su alimento) y el tiempo de estancia en el tanque de aireación. En condiciones favorables, el operador eliminará el exceso de organismos (fangos en exceso), para mantener el número necesario de trabajadores óptimo para el tratamiento eficaz de las aguas residuales. Así pues, la extracción de organismos de proceso de tratamiento (fangos en exceso) es una importante técnica de control.

El oxígeno, generalmente suministrado con el aire, es necesario para mantener vivos a los organismos y para que se produzca la oxidación de los residuos, fuente de la energía necesaria para su crecimiento. Una falta de oxígeno dejará inactivos a los organismos aerobios, hará que los organismos facultativos⁴ comiencen a trabajar con menor rendimiento y favorecerá la aparición de productos intermedios malolientes, como consecuencia de la descomposición y de las reacciones incompletas,

El aumento de los organismos existentes en un tanque de aireación requerirá mayores cantidades de oxígeno. La mayor cantidad de alimento en el influente fomenta una mayor actividad de los organismos y una mayor oxidación; por tanto, en el tanque de aireación se requiere más oxígeno. Para la total estabilización de los residuos se requiere un exceso de oxígeno. Por lo tanto, el oxígeno disuelto (OD) en el tanque de aireación es un análisis fundamental para su control. Hay que mantener un nivel mínimo de oxígeno, para favorecer el tipo de organismos deseado y lograr el necesario rendimiento del tratamiento.

Los caudales deben repartirse por igual entre varias unidades de tratamiento idénticas. Si la instalación está provista de una arqueta de reparto o de una serie de arquetas, será necesario comprobar de vez en cuando si el caudal se distribuye debidamente.

El operador debe determinar las concentraciones de sólidos en los fangos activados del aireador y del decantador secundario, para poder mantener el debido control. Si los fangos permanecen en el decantador secundario, se irán deteriorando. La profundidad del manto de fangos en el decantador secundario y la concentración de sólidos en el aireador son muy importantes para el debido tratamiento de las aguas residuales. Las pruebas de centrifugación darán una rápida estimación de las concentraciones de sólidos y sus localizaciones en las unidades. Periódicamente, hay que analizar los sólidos con mayor precisión, para contrastar los resultados de las pruebas de centrifugación. Antes de introducir cambios en el funcionamiento, hay que obtener dediciones exactas de los sólidos. Las pruebas de sedimentación de sólidos que puede logarse en un decantador secundario; sin embargo, la inspección visual de la instalación indica lo que de hecho sucede.

Los decantadores primarios eliminan fácilmente el material sedimentable o en flotación. Los fangos activados tienden a convertir los sólidos solubles en masa celular en suspensión y a agrupar y aglomerar las partículas demasiado finas para poder sedimentarse rápidamente, convirtiéndolas en materia fácilmente separable. Si falla la transformación de sólidos solubles, el proceso no logra un efluente satisfactorio.

Para que se produzca la transformación de los sólidos solubles y se aglomeren las partículas finas formando una masa de flóculos, tiene que haber organismos, condiciones oxidantes y trascurrir el debido tiempo.

Esta masa de flóculos está formada por millones de organismos (de 10^{12} a 10^{18} /100 ml en fangos bien activados), incluyendo bacterias, hongos fermentos, protozoos y larvas. Cuando una masa de flóculos se recircula al aireador desde el decantador secundario, los organismos crecen como resultado de su alimentación con el agua residual entrante. La superficie de la masa de flóculos es irregular y logra la captura de las sustancias contaminantes de las aguas residuales, por recogida mecánica, absorción, adsorción o adhesión. Muchas sustancias que no sirven como alimento también se incorporan a los flóculos, mejorando así la calidad del efluente de la instalación.

Los compuestos incorporados a la masa de flóculos se oxidan parcialmente para formar masa celular y productos de oxidación. Las cenizas y el material inorgánico (arenas), que quedan incluidos en la masa de flóculos, aumenta la densidad de la masa. La mezcla producida en el aireador provoca choques y, por lo tanto, produce masas de flóculos más extensas. El efecto deseado del período de aireación es la constitución de una masa flocular, que se separa de las aguas residuales y se sedimenta en el fondo del decantador secundario. Este fango contiene la mayor parte de los contaminantes residuales y de los microorganismos.

El crecimiento de organismos y residuos acumulados produce sólidos que haya que evacuar (fangos activados en exceso). Determinados compuestos se convierten en gases, desapareciendo de las aguas residuales y difundándose en la atmósfera (anhídrido carbónico u otros gases volátiles), convirtiéndose otra parte en agua y sólidos (fangos). Para producir un buen efluente, el operador tiene que reducir al mínimo el retorno de estos sólidos (salvo para la recirculación de fangos) al proceso. Conviene eliminarlos de las aguas que se están tratando y evacuarlos de la instalación de manera que se evite su retorno al caudal en proceso de tratamiento.

Por ejemplo, hay que mantener una concentración de sólidos en la recirculación de fangos lo más elevada posible, para reducir la cantidad de agua necesaria para que estos sólidos retornen al aireador. No conviene bombear los fangos activados en exceso directamente a un digestor anaerobio, porque volverán al tanque de aireación como sobrenadante, lo que supone una sobrecarga para los organismos. Los organismos ya han intentado tratar los sólidos una vez; la segunda vez ya no resultarán tan eficaces. Si se han sacado los residuos retenidos en las rejillas del pretratamiento, no deben volverse a echar a la corriente; conviene dejarlos fuera, excepto si hacen falta para mantener el proceso.

Para mantener los organismos de los fangos activados en forma, tiene usted que ofrecerles un medio ambiente adecuado. Concentraciones intolerables de ácidos, bases y otras sustancias tóxicas, no son convenientes, pues pueden matar a los organismos activos. La oscilación indebida de las cargas puede producir una sobrealimentación, un agotamiento y otros factores que pueden paralizar el proceso de fangos activados. Una cantidad insuficiente de oxígeno creará un medio ambiente desfavorable, que provocará un descenso en la actividad de los microorganismos.

Un claro ejemplo de sustancia tóxica, que los operadores añaden, es el uso indebido de cloro para controlar los olores (precloración). La cloración es para desinfectar. El cloro es un tóxico y no se debe permitir que entre en el proceso de fangos activados, porque no selecciona el tipo de microorganismos que destruye. Puede matar organismos que deben conservarse para que trabajen. El cloro es efectivo para desinfectar el efluente de la instalación, cuando ya ha sido sometido al tratamiento de fangos activados.

El funcionamiento correcto de una depuradora de fangos activados exige que el operador conozca los diversos factores que influyen en el proceso y los compruebe repetidamente. El control real del proceso, esbozado en este punto, es relativamente elemental. El control consiste en mantener la



CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCJA"
concentración de sólidos

(masa flocular) en el aireador, adecuada al





CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"

caudal residual influente (alimento), ajustando el caudal de bombeo de los fangos en exceso y regulando el suministro de oxígeno para mantener un nivel satisfactorio de oxígeno disuelto en el proceso.



5.4 RESULTADOS DE LABORATORIO TÍPICOS DE UNA INSTALACIÓN DE FANGOS ACTIVADOS

Ofrecemos los resultados de los análisis de laboratorio típicos de una depuradora de fangos activados, con el fin de ayudar a valorar el comportamiento de ésta. Recuerde que cada instalación es distinta a las demás y está sometida a muy diversas influencias.

ANÁLISIS	LOCALIZACIÓN	MARGEN NORMAL DE VARIACIÓN
DQO	Influyente	300 - 700 mg/l
	Efluente primario	200 - 400 mg/l
	Efluente final	30 - 70 mg/l
	(proceso convencional de fangos activados)	
DBO	Influyente	150 - 400 mg/l
	Efluente primario	100 - 280 mg/l
	Efluente final	10 - 20 mg/l
	(proceso convencional de fangos activados)	
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Influyente	150 - 400 mg/l
	Efluente primario	60 - 160 mg/l
	Mezcla	1.000 - 4.500 mg/l
	Fangos recirculados	2.000 - 10.000 mg/l
	Efluente final (proceso convencional de fangos activados)	10 - 20 mg/l
OXÍGENO DISUELTO	Mezcla	2 - 4 mg/l
	Efluente final	2 - 6 mg/l
COLOR RESIDUAL (30 min.)	Efluente final (clorado)	0,5 - 2,0 mg/l
BACTERIAS COLIFORMES NMP**	Efluente final (clorado)	23 - 700/100 ml
TURBIEDAD (discos Secchi)	Efluente final	1 - 2,5 m
pH	Influyente	6,8 - 8,0
	Efluente	7,0 - 8,5

*Se suele especificar el cloro residual que queda después de un determinado período

**Número más probable

5.5 SISTEMAS DE AIREACIÓN

Generalmente se utilizan dos métodos para suministrar oxígeno a las bacterias: aireación mecánica y aireación por difusión.

Ambos son procedimientos mecánicos que se diferencian en sí, el mecanismo principal está en el propio aireador, o en un punto alejado.

Los aparatos de aireación mecánica agitan la superficie del agua que está en el aireador, produciendo olas y pulverizaciones, mediante el movimiento de una rueda de paletas (Fig. 5.4), mezcladores, rotores, o cualquier otro sistema que haga salpicar el agua en el aire o entrar el aire en el agua, de forma que ésta pueda absorber el oxígeno.

Los aireadores mecánicos situados en el tanque suelen tener costes más bajos de instalación y de mantenimiento. Suelen ser más flexibles en cuanto al mezclado, la superficie de burbujas producida y la transferencia de oxígeno por unidad de potencia.

Los sistemas de difusión de aire utilizan un aparato denominado difusor, cuyo fin es atomizar la corriente de aire procedente de la soplante en pequeñas burbujas que pasan a la mezcla. Cuanto más pequeñas sean las burbujas, mayor es la transferencia de oxígeno debido a la mayor superficie de contacto entre las burbujas y el agua. Desgraciadamente, las burbujas más pequeñas tienden a unirse formando burbujas más grandes según van ascendiendo, a menos que se rompan con la adecuada energía de mezclado y turbulencia.

5.6 TIPOS DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS

El proceso de fangos activados puede trabajarse en cualquiera de tres zonas de funcionamiento (que veremos después), basándose en la "edad de los fangos"¹⁰, que es una expresión de los kilogramos de carga orgánica añadida por día y por kilogramo de organismos mantenidos en el proceso. La edad de los fangos es una guía de control, ampliamente utilizada, y que constituye un indicador del tiempo que un kilogramo de sólidos está sometido a aireación en el sistema. Si la cantidad de sólidos en aireación permanece constante, un aumento en la carga de sólidos influentes disminuirá la edad de los fangos. Se recomienda utilizar esta medida de la edad de los fangos, sobre todo a los operadores con poca experiencia, porque es fácil de entender.

Los operadores experimentados quizá no acepten este método de control, porque no tiene en cuenta la DQO soluble correspondiente a la producción de sólidos, que no miden los análisis de sólidos en suspensión en el influente.

Los valores que se dan a continuación son edades de fangos típicas para los diferentes tipos de instalaciones municipales de fangos activados, con vertidos industriales despreciables. Las cargas reales dependerán del tipo de aguas residuales y de las condiciones locales.

1. Alta carga.-Una depuradora de fangos activados de alta carga trabaja con la mayor cantidad de alimento para los microorganismos; la edad de los fangos oscila entre los 0,5 y los 2 días. A causa de esta elevada carga, el sistema produce un efluente de peor calidad que el de los otros tipos de instalaciones de fangos activados. Este sistema requiere mayor vigilancia y control del funcionamiento y se perturba con más facilidad.
2. Convencional.-Las instalaciones convencionales de fangos activados son las más corrientemente utilizadas hoy día. La carga de alimentos para los microorganismos es aproximadamente de un 50% más baja que en las de alta carga, y la edad de los fangos va de los 4 ó 5 a los 7 días. Este tipo de proceso produce un efluente de mejor calidad y es capaz de absorber algunas cargas de choque sin disminuir la calidad del efluente.
3. Aireación prolongada.-La aireación prolongada se utiliza generalmente en instalaciones pequeñas, de tipo compacto, denominadas también sistemas de oxidación total. Este es el más estable de los tres tipos de proceso, por la escasa carga de alimentos sobre los microorganismos; la edad de los fangos suele ser superior a los diez días. La cantidad de sólidos en suspensión en el efluente suele ser mayor que para las cargas convencionales.



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



En la siguiente tabla ofrecemos un resumen de las cargas para los diferentes tipos de procesos de fangos activados.

PROCESO	CAUDAL DE PROYECTO DE LA INSTALACIÓN (m ³ /día)	TIEMPO DE RETENCIÓN EN AIREACIÓN EN HORAS SEGÚN EL CAUDAL DE PROYECTO	CARGA DE PROYECTO DE LA INSTALACIÓN (Kg. DBO/día)	CARGA MÁSCA DEL AIREADOR (Kg. DBO al día/ Kg. MLSS)	EDAD DEL FANGO (días)
Modificación o ALTA CARGA	Todos	Más de 2,5	Más de 900	1/1 (o menos)	0,5 – 2,0
Convencional	Hasta 2.000 2.000 a 2.500 Más de 5.500	7,5 De 6,0 a 7,5 6,0	Hasta 900 900 a 1.400 Más de 1.400	1/2 a 1/4	3,5 - 7,0
Aireación prolongada	Todos	24	Todos	Máximo 1/10 a Mínimo 1/20	10 o más

6 PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO

6.1 CAMBIOS EN LA INSTALACIÓN

Si se perturba el funcionamiento de una depuradora, lo primero que hay que hacer antes de introducir ningún cambio, es comprobar los datos correspondientes, por lo menos, a las tres semanas precedentes. Probablemente el problema se inició la semana anterior, o antes. Para encontrar la causa del problema hágase usted mismo las siguientes preguntas:

1. ¿Se han introducido cambios en otras partes de la instalación, como digestores o decantadores primarios? ¿Hubo un sobrenadante en el digestor con excesiva cantidad de sólidos recirculados a los decantadores primarios?

La recirculación del sobrenadante debe ser lenta y fácil, y en los períodos de baja carga. Los sólidos del sobrenadante del digestor, mezclados con las aguas residuales brutas y con los fangos activados en exceso, pueden producir unos fangos ligeros que pueden ser arrastrados con el efluente del decantador primario. Los sólidos que fluyen fuera de dicho decantador crean una recirculación adicional que no interesa y plantean problemas de carga.

2. ¿Han aumentado o disminuido los caudales diarios y las concentraciones de residuos? Una lluvia intensa después de un período seco, una nueva fábrica, o el vertido producido por un nuevo proceso de una industria ya existente, pueden producir problemas.
3. ¿Ha cambiado de forma significativa la temperatura del influente?
4. ¿Ha sido persistente el programa el programa de toma de muestras?

La mayor parte de las veces la causa de la alteración de una instalación puede encontrarse en problemas internos, y no en las aguas residuales brutas, a menos que la instalación reciba frecuentes sobrecargas o variaciones importantes en las cargas diarias y ó a lo largo del día.

Primera pregunta:

Un elevado contenido de sólidos en el sobrenadante del digestor puede jugar una mala pasada al operador. Normalmente, los sólidos existentes en el sobrenadante del digestor presentan una elevada demanda de oxígeno inmediata y contienen grandes cantidades de sólidos coloidales y disueltos. Si una cantidad elevada de sólidos de reducido contenido volátil pasa del decantador primario al sistema de aireación, pueden ocurrir varias cosas desagradables.

Los sólidos del sobrenadante los recogen los fangos activados en el aireador, y los llevan a través de todo el sistema. Esto produce una demanda de oxígeno, y **hay que aumentar el suministro de oxígeno**. Los sólidos del digestor producen un fango activado de buena sedimentabilidad, pero el color de los flóculos será más oscuro. El total de kilogramos de sólidos en el tanque de aireación aumentará a causa de los sólidos del sobrenadante, y el operador aumentará normalmente el caudal de evacuación de fangos, para mantener el nivel de sólidos a la edad de los fangos.

Consecuentemente, el efluente de la instalación se deteriora. ¿Por qué? Los análisis del laboratorio indican que los sólidos en la cuba de aireación están al nivel deseado, y el OD en la mezcla se ha mantenido en 2.0 mg/l (cuando probablemente se necesitaba más aire)

Lo que ha ocurrido es que evacuando lo que parecía un exceso de fangos activados, se ha sustituido una buena parte de los microorganismos del tanque por sólidos inertes o digeridos. En la muestra se han tomado como sólidos en suspensión en la mezcla, y se han incluido como kilogramos totales de sólidos en el tanque de aireación. Por eso muchas instalaciones basan las cargas del tanque de aireación en los sólidos en suspensión VOLÁTILES en la mezcla, no en los sólidos en suspensión en la mezcla. Suponen que el contenido volátil de los sólidos en suspensión en la mezcla está formado por microorganismos.

Los sólidos en suspensión en la mezcla de la mayoría de las instalaciones municipales de fangos activados, contienen de un 70 a un 80% de sustancias volátiles, cuando están funcionando correctamente. Esto significa que si usted intenta mantener una edad de fangos de cinco días, está intentando mantener un número determinado de organismos por cada kilogramo de alimento añadido a los tanques de aireación. Una edad de fangos de cinco días equivale a 20 kilogramos de alimento por cada 100 kilogramos de organismos.

Cuando el sobrenadante entró en el tanque de aireación, aumentaron los kilogramos de sólidos en el mismo. Cuando se evacuaron fangos para mantener la edad de cinco días de los mismos, muchos de los organismos necesarios para tratar las aguas residuales entrantes fueron sustituidos por sólidos del sobrenadante inertes. Esto provocó una elevada carga de alimentos sobre los organismos que quedaban, quizá de 30 a 35 kilogramos por cada 100 kilogramos de organismos, y redujo la edad efectiva de los fangos de cinco días a quizá solo tres días y medio.

Una tormenta puede llevar una gran cantidad de arenas a la instalación por filtración en los colectores, o directamente en los sistemas unitarios. Los sólidos aumentan rápidamente, pero el porcentaje de sólidos volátiles puede reducirse a un 50% de los sólidos totales. Evacuar el aparente exceso de sólidos basándose en los sólidos en suspensión, sin tener en cuenta los kilogramos de sólidos volátiles existentes en la cuba de aireación, puede producir graves pérdidas de organismos.

En la instalación que nos sirve de ejemplo, los sólidos del sobrenadante pueden no producir, aparentemente, grandes cambios, pero en un período de varios días todo el sistema puede quedar gravemente perturbado. Cuando el total de kilogramos de sólidos volátiles en el tanque de aireación baja demasiado, a causa de las excesivas cantidades de sólidos inertes procedentes del sobrenadante del digestor o del caudal de la tormenta, la **solución al problema es detener la evacuación de fangos durante varios días**. Esta medida proporciona el margen de tiempo necesario para reponer la población de microorganismos necesario para tratar la carga de residuos entrante.

Intente mantener los sólidos en el digestor un poco más de tiempo e intente aumentar la concentración de sólidos en los fangos enviados al digestor. Es posible que la mala calidad del sobrenadante se deba a una sobrecarga en el digestor y/o a una insuficiente cantidad de fangos de siembra en el digestor. En este caso el problema se convierte en una "bola de nieve": primero se sobrecarga el digestor, entonces los sólidos del sobrenadante sobrecargan el tanque de aireación, que sobrecarga el decantador, y el problema sigue empeorando.

Segunda pregunta: (Cambios en el caudal o en las características de las aguas residuales)

Esté siempre alerta por la posibilidad de vertidos tóxicos, vertidos accidentales (especialmente a media noche), tormentas, o cualquier otro factor que afecte al alcantarillado y que pueda cambiar el caudal influente o las características de las aguas residuales.

Un problema que aparece con frecuencia es el aumento de caudal a consecuencia de filtraciones



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**



durante las tormentas o de otras procedencias. Estos caudales provocan tiempos

de aireación más cortos, o pérdidas de fangos sólidos activados del decantador final, por una sobrecarga hidráulica. Para compensar esta situación, regule los caudales de recirculación y de evacuación de fangos, para mantener la mejor cantidad posible de sólidos en la cuba de aireación.

Tercera pregunta: (Cambios de temperatura)

La temperatura influye en el sistema de fangos activados. Durante el verano la instalación de fangos activados puede trabajar satisfactoriamente dentro de un cierto margen de cargas y de suministro de aire, pero en invierno cambian las condiciones óptimas de carga y de aireación, y se requieren menos aire y más sólidos en aireación. Normalmente, no es importante una variación de temperatura menor de 6º C.

La temperatura es un factor importante en la oxidación de los fangos acumulados. Una temperatura elevada produce un rápido crecimiento de microorganismos y oxidación de residuos. Las temperaturas bajas producen un ritmo menor de crecimiento y un mayor almacenamiento de residuos en las células de los organismos, con una oxidación menor. Por lo tanto, se tendrá una mayor producción de fangos con menor actividad biológica, y el proceso tenderá a producir fangos más ligeros.

Cuarta pregunta: (Cambios en el programa de toma de muestras)

Los datos sobre el rendimiento del sistema pueden resultar muy afectados por los cambios introducidos en el programa de toma de muestras. Si se emplean muestras tomadas en sitios inadecuados, y métodos incorrectos de análisis, los resultados del laboratorio pueden variar considerablemente. Cuando los resultados del laboratorio varíen mucho de un día a otro, compruebe los puntos de toma de las muestras, la hora y los procedimientos de laboratorio, por si hubiera errores.

Cuando piense en introducir algún cambio importante, en primer lugar, revise los datos de la instalación. Después, introduzca sólo un cambio importante cada vez. Si hace usted dos cambios simultáneos, no sabrá a cual de los dos se debe la acción correcta. Cuando haya cambiado, deje que la depuradora funcione por lo menos una semana antes de introducir otra modificación. No realice demasiados cambios, con rapidez.

6.2 ESPONJAMIENTO DE LOS FANGOS

Esponjamiento es el término que se aplica a la situación en la que los sólidos de la mezcla tienden a mostrar una velocidad de sedimentación muy lenta, y se compactan sólo hasta un cierto límite. El líquido que se separa de los sólidos es, normalmente, un efluente cristalino, de elevada calidad, pero no suele haber tiempo suficiente para que se complete la eliminación de sólidos en el decantador secundario. El manto de fangos en el decantador se hace mayor y asciende, hasta pasar sobre los vertederos y verterse con el efluente.

El esponjamiento puede ser provocado por la producción de fangos muy hidratados, gelatinosos, que tienen muy poca densidad, o por crecimiento filamentosos que pueden crecer de un flóculo a otro, y actuar impidiendo la compactación de las partículas de fango, produciendo malos resultados de sedimentación.



CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"



Se considera que influyen en el esponjamiento un bajo pH, **bajo nivel de OD** y **bajas concentraciones de nitrógeno**. Una elevada proporción alimento/organismos (**corta edad de**

los fangos) es lo que puede producir un esponjamiento permanente. Los organismos que crecen rápidamente tienden a esparcirse y no unirse para formar una masa flocular, hasta que disminuye el ritmo de crecimiento. Es difícil mantener unos fangos con una densidad suficientemente baja (ligeros) para disminuir la relación alimento/organismos (aumentar la edad de los fangos), sin utilizar la floculación química o cualquier otra posibilidad, para aumentar su densidad (peso). Una lluvia puede proporcionar la cantidad de arenas suficiente para favorecer el aumento de densidad del fango. Si es posible, **el esponjamiento puede reducirse disminuyendo la carga de los tanques de aireación** hasta que los fangos estén suficientemente oxidados para flocular.

Para evitar que se produzca el esponjamiento de los fangos, hay que controlar cuidadosamente los siguientes puntos:

1. Adecuada edad de los fangos. Revise cuidadosamente los datos de la instalación y mantenga la edad de los fangos que produzca una calidad óptima en el efluente. Vigile las cargas de sólidos en la cuba de aireación, y regule cuidadosamente el caudal de evacuación de fangos. Generalmente el esponjamiento puede corregirse, aumentando la edad de los fangos.
2. Bajo nivel de OD. Evite que se produzcan niveles bajos de OD. Las determinaciones de OD en la mezcla son análisis rápidos y sencillos; si se utiliza un electrodo de OD, se obtendrá una lectura permanente. No hay excusa válida para que se produzcan bajas concentraciones de OD, en condiciones normales, si se dispone de la suficiente capacidad de oxigenación, a menos que se reciban aguas residuales con excesiva demanda de oxígeno.
3. Tiempo de aireación escaso. El esponjamiento provocado por un tiempo de aireación excesivamente corto suele ser consecuencia de un problema de proyecto, a no ser que el operador haya adquirido la costumbre de mantener un volumen excesivo de recirculación de fangos. Si es así, puede corregirse reduciendo la recirculación y aumentando la concentración de sólidos en los fangos recirculados, manteniendo así el mismo número de organismos retornados para hacer frente al nuevo alimento (aguas residuales) entrante en el tanque de aireación, pero reduciendo, de manera importante, el caudal total que pasa a través del tanque y del decantador.
4. Crecimientos filamentosos. La aparición de crecimientos filamentosos puede estar provocada por una inadecuada edad de los fangos, o por diferencias de nutrición, tales como la carencia o abundancia de nitrógeno, fósforo o carbono. Si se deja que los crecimientos filamentosos se establezcan, plantearán un problema difícil de superar. Se puede lograr controlarlos, manteniendo una mayor edad de los fangos, y en casos especiales, supliendo la falta de nutrientes.

6.3 FANGOS SÉPTICOS

Cualquier tipo de fango puede volverse séptico, si permanece demasiado tiempo en lugares como pozos o canales. El fango séptico asciende lentamente, a veces en montones, y es probable que cause mal olor. Puede perturbar el funcionamiento de la cuba de aireación, incluso en pequeñas cantidades.

Los fangos sépticos pueden producirse en pozos, canales o conducciones mal proyectados o mal contruidos, cuando se deja que se depositen los fangos activados y se inicia la descomposición anaerobia. Depósitos de fangos sépticos pueden producirse también sobre el suelo del tanque de aireación, a causa de un suministro insuficiente de aire, que no mantenga

el contenido del tanque completamente mezclado. Una alta carga de sólidos puede también plantear problemas sépticos.

Para evitar la formación de fangos sépticos en la cuba de aireación, debe mezclarse su contenido ampliamente y bombear los fangos frecuentemente. La velocidad del fango en las tuberías y canales debe ser superior a 0,45 m/s para evitar la formación de depósitos, que pueden volverse sépticos.

En un decantador secundario los fangos pueden volverse sépticos por cuatro causas:

1. Recirculación de fangos demasiado lenta, que mantiene demasiado tiempo los sólidos en el decantador final, permitiendo que se vuelvan sépticos.
2. Parada del mecanismo colector del decantador, de forma que los fangos no se trasladen hacia el pozo de salida.
3. Tuberías de extracción de fangos obstruidas o poco usadas.
4. La bomba de recirculación de fangos está parada, o la válvula cerrada.

Un buen operador comprueba el sistema varias veces al día. En cuanto cambie el nivel del manto de fangos en el decantador final, debe iniciarse una investigación. En cualquiera de los casos arriba mencionados, la acción correctora es obvia; restablecer la **adecuada recirculación de fangos** lo antes posible.

6.4 SUSTANCIAS TÓXICAS

La toxicidad provoca la inhibición o la muerte de los organismos activos, produciendo trastornos en el sistema y en el efluente. El operador sólo tiene un control limitado sobre sus causas. Cuando se identifica la causa, hay que parar inmediatamente la evacuación de fangos, y todos los sólidos disponibles deben volver al tanque de aireación. Los compuestos tóxicos como los metales pesados, los ácidos, los insecticidas y los pesticidas no deben verse nunca en el sistema de alcantarillado sin el adecuado control.

6.5 SUBIDA DE LOS FANGOS POR GASIFICACIÓN

No hay que confundir la subida de los fangos por gasificación con el esponjamiento. En gasificación los fangos se sedimentan y compactan de forma satisfactoria en el fondo del decantador, pero una vez sedimentados suben hasta la superficie del tanque secundario en forma de manchas o pequeñas partículas del tamaño de un guisante. Esto va, generalmente, acompañado por una fina espuma (de color marrón), que aparece en la superficie del tanque de aireación y del decantador secundario.

La gasificación de los fangos se produce por desnitrificación o septicidad, y es el resultado de un tiempo de retención excesivo en el decantador secundario. Estos decantadores deben ir provistos de deflectores y recogedores para evitar que estos sólidos salgan con el efluente de la depuradora.

La desnitrificación es muy corriente cuando la edad de los fangos es elevada (aireación prolongada). Cuando este tipo de fangos activados pasa del aireador al decantador secundario o se queda falto de oxígeno, los organismos utilizan primero el oxígeno disuelto disponible, y después el oxígeno existente en los nitratos, liberando gas nitrógeno. La desnitrificación indica un buen tratamiento, siempre que en



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCJA"**

la prueba de sedimentabilidad, los fangos se mantengan



en el fondo del cilindro por lo menos una hora, aunque asciendan a la superficie a las dos horas. Si suben demasiado pronto en esta prueba, hay que **reducir la edad de los fangos** o aumentar la relación alimento/organismos. Si los fangos permanecen en el fondo durante una hora (en la citada prueba), pero todavía hay problemas en el decantador secundario, **aumenta el caudal de recirculación de fangos** para sacar los sólidos del decantador más rápidamente.

6.6 FORMACIÓN DE ESPUMA

En algunas instalaciones la formación de espumas en la cuba de aireación ha constituido un problema. Se han propuesto varias teorías para explicar el fenómeno, como los detergentes, los polisacáridos y el exceso de aireación. Sea cual sea la causa, existe una clara teoría relación entre la formación de espuma en la cuba de aireación y la cantidad de sólidos en suspensión en la mezcla y el suministro de aire al tanque.

Para controlar la:

1. Mantenga una mayor concentración de sólidos en suspensión en la mezcla.
2. Reduzca el suministro de aire durante los períodos de bajo caudal, pero manteniendo el nivel de OD.
3. Recircule sobrenadante al tanque de aireación durante los períodos de bajo caudal (tenga cuidado con este método: el sobrenadante debe recircularse lenta y constantemente, porque un exceso de sobrenadante puede producir una excesiva demanda de oxígeno).

La mayoría de las instalaciones van equipadas con pulverizadores de agua a lo largo de la cuba de aireación, para disipar la espuma. Si se deja que disminuyan los sólidos en la mezcla, los pulverizadores no bastarán para detener la espuma. Si esto ocurre se plantearán dos problemas: mantenimiento y seguridad.

PRIMERO LA SEGURIDAD.- La espuma de una cuba de aireación es un excelente vehículo para las pequeñas partículas de grasa; cuando se deposita en las paredes en "Y" o en los pasos, deja un depósito de grasa muy resbaladizo. Más de un operador ha sufrido heridas al resbalar en un paso o escalón recubierto de espuma.

7 PARÁMETROS DE CARGA DE LA CUBA DE AIREACIÓN

7.1 GENERALIDADES

Ya se ha dicho que la edad de los fangos es el mejor método para controlar los sólidos existentes en el proceso de fangos activados. Otros controles de funcionamiento que los operadores utilizan con buenos resultados son la carga másica que es la relación carga residual (alimento) / sólidos volátiles de fangos (organismos), y el tiempo medio que las células residen en el tanque (MCRT). Matemáticamente se puede demostrar que las cargas de la cuba de aireación, basadas en la edad de los fangos, la relación alimento/organismos y el MCRT son teóricamente idénticas. En cada caso, el operador selecciona un número o un valor de partida para el parámetro, basado en la experiencia y en los datos obtenidos en otras instalaciones. Luego ajusta este valor, hasta encontrar un margen de funcionamiento que produce una calidad óptima en el efluente.

En cualquier caso, **el factor crítico es la relación alimento/organismos**, que no puede estimarse exactamente para ninguna depuradora determinada. El operador intenta mantener en el tanque de aireación un número suficiente de sólidos (organismos) para utilizar completamente los residuos entrantes (alimento). No quiere tener ni demasiados organismos ni demasiados pocos en el tanque, en relación con el alimento que entra. El funcionamiento del proceso de fangos activados requiere la evacuación de los organismos (fangos activados sedimentados) del decantador secundario, lo más rápidamente posible. Los organismos, o bien vuelven a la cuba de aireación para descomponer el alimento que entra, o se evacúan. Por lo tanto una decisión fundamental es determinar la cantidad de sólidos que hay que evacuar.

7.2 CARGA MÁSICA: RELACIÓN ALIMENTO/ORGANISMOS

La relación alimento / organismos se basa en el alimento suministrado diariamente a la masa de microorganismos existentes en el tanque de aireación. El alimento (residuos) suministrados se mide preferentemente por la DQO del influente al tanque. Se recomienda usar la DQO porque puede disponerse de los resultados de los análisis pocas horas después de realizados, y pueden introducirse los cambios necesarios antes de que todo el proceso se altere.

Muchos operadores cargan los tanques de aireación basándose en el análisis de la DBO, pero los resultados se tienen cinco días después, y es ya demasiado tarde para mantener un control del funcionamiento. La relación de la carga de alimentos suministrada diariamente a los sólidos volátiles contenidos en la cuba de aireación es el recíproco de la edad de los fangos.

Se han establecido parámetros típicos de carga para las tres zonas de operación de los fangos activados, que resumimos a continuación.

1. Alta carga:

DQO: 1 kg DQO por día / 1 Kg de MLVSS* bajo aireación

DBO: > 0,5 kg DBO por día / 1 kg de MLVSS bajo aireación

(*) MLVSS equivale a: Mezcla Líquida, Volátiles en los Sólidos en Suspensión

2. Convencional:



**CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"**

DDO: 0,5 a 1,0 kg de DBO por día / 1 kg de MLVSS bajo aireación
DBO: 0,25 a 0,5 kg de DBO por día / 1kg de MLVSS bajo aireación





CONSORCIO DE ABASTECIMIENTO Y
SANEAMIENTO DE AGUAS "PLAN ÉCIJA"



3. Aireación prolongada:

DQO: < 0,2 kg DQO por día / 1 kg de MLVSS bajo aireación

DBO: 0.05 a 0,10 kg de DBO por día / 1 kg de MLVS bajo aireación

8 MANIPULACIÓN Y DIGESTIÓN DE FANGOS

8.1 INTRODUCCIÓN

Los sólidos sedimentados retirados del fondo y los flotantes retirados de la parte superior de los decantadores y tanques de sedimentación, en realidad son una mezcla acuosa y con olor llamado fango fresco. Frecuentemente este fango fresco se bombea a un digestor de fangos, para tratarlo antes de su evacuación. En un digestor anaerobio de fangos (la clase más utilizada), las bacterias descomponen los sólidos orgánicos en ausencia de oxígeno disuelto.

8.1.1 Propósito de la digestión de fangos

La digestión anaerobia¹ reduce los sólidos de las aguas residuales, de una mezcla pegajosa y con olor, a una mezcla relativamente inodora, fácilmente deshidratable y capaz de ser evacuada sin causar grandes trastornos.

En este proceso, los sólidos orgánicos se licuan, el volumen de los sólidos totales se reduce y se produce gas metano (que puede utilizarse luego) por la acción de dos grupos diferentes de bacterias que viven juntos en el mismo medio. Un grupo es el de los organismos saprofitos³ llamados corrientemente "formadores de ácidos" o acidulantes. El segundo grupo, que utiliza ácido producido por los saprofitos, es el de los "fermentos de metano". Estos no son tan abundantes como los formadores de ácidos, en el agua bruta. Los fermentos de metano necesitan un pH de 6,5 a 8 y sólo se reproducen en esa zona.

-
- 1 Digestión Anaerobia: Los sólidos procedentes de las aguas residuales con agua en cantidad (alrededor del 5% de sólidos, 95% de agua), son enviados a un gran tanque donde las bacterias descomponen los sólidos en ausencia de oxígeno disuelto. Por lo menos dos grupos generales de bacterias actúan en equilibrio: 1) las bacterias saprofitas que convierten los sólidos complejos en ácidos volátiles, y 2) los fermentos de metano que convierten los ácidos en metano, anhídrido carbónico y agua.
 - 2 Deshidratable: Un material se considera fácilmente secable si el agua se retira de él con rapidez. En general, el secado de fango fresco es más difícil que la retirada del agua del fango digerido.
 - 3 Organismos saprófitos: organismos que viven en materia orgánica muerta o en decadencia. Ayudan a la descomposición natural de los sólidos orgánicos en las aguas residuales.

PROCESO DE TRATAMIENTO FUNCIÓN PRETRATAMIENTO

INFLUENTE

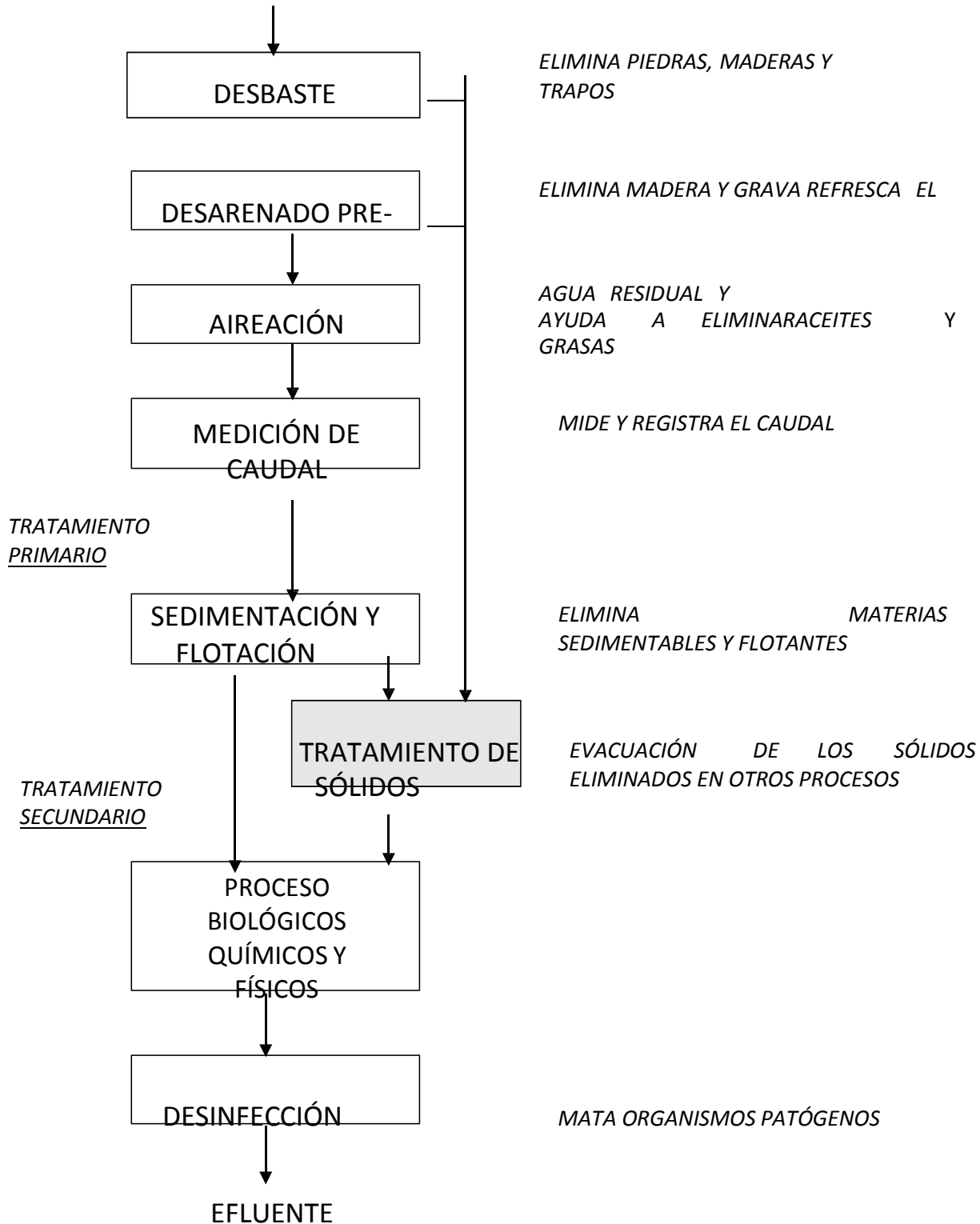


Fig. 8.1 Esquema de corriente de una instalación típica

La forma de funcionar adecuadamente el digestor es aquella que mantiene las condiciones idóneas en el mismo, para lograr una población creciente (que se reproduzca) de ambos grupos de bacterias, los formadores de ácidos y los fermentos de metano. Se puede conseguir por medio del **control del suministro de alimentos (sólidos orgánicos), de la relación ácidos volátiles/alcalinidad, del mezclado y de la temperatura**. En general, puede decirse que se ha realizado un trabajo satisfactorio, si el digestor reduce el contenido de sólidos volátiles (orgánicos) entre un 40 y un 60% del existente en el fango fresco.

Para conseguir el grado deseado de reducción de los sólidos orgánicos se pueden necesitar de 5 a 120 días de tiempo de digestión. El tiempo requerido depende de las características exigidas al fango digerido, de la idoneidad del mezclado, de la carga orgánica y de la temperatura a que se mantenga el cultivo de bacterias.

8.2 FUNCIONAMIENTO DE LA DIGESTIÓN DE FANGOS

Las reacciones que se producen en un digestor son:

1. Las reacciones con formación de ácido, cuya velocidad depende de: la temperatura, pH y condiciones de la alimentación.
2. Las reacciones con formación de metano, cuya velocidad depende de: la temperatura, pH y condiciones de la alimentación.

Usted debe tratar de manejar un digestor anaerobio de fangos, de tal manera que la velocidad de ambas reacciones sea aproximadamente igual; de otro modo se producirá un desequilibrio. La causa más frecuente de desequilibrio es que los fermentos de metano, que son organismos anaerobios muy sensibles, no siguen el ritmo y el digestor se acidifica, porque la velocidad de transformación de los ácidos es demasiado baja.

La gama media de organismos recibe el nombre de bacterias mesófilas⁵ (que viven con temperaturas medias) y se desarrollan entre 20ª y 45ª C. Este es el campo de funcionamiento más corriente, con temperaturas que normalmente se mantienen entre los 35ª y los 37ª C, aproximadamente. La digestión a estas temperaturas puede tardar de 5 a 50 días o más (por regla general entre 25 y 30 días), según sea el grado de reducción de sólidos volátiles requerido y la efectividad del mezclado. Los llamados procesos de "alta carga" actúan normalmente dentro de la gama de temperatura mesófila y emplean distintos procedimientos para obtener un buen mezclado, a fin de poner en íntimo contacto los organismos y el alimento y permitir que los procesos de digestión se desarrollen lo más rápidamente posible. En las condiciones más favorables, la duración puede no ser superior a cinco días par un nivel medio de digestión.

5 Bacterias mesófilas: (temperatura media) Un grupo de bacterias que se desarrollan en temperaturas que oscilan entre los 20 y los 45 grados centígrados.

6 Bacterias termófilas: (temperatura alta) Grupo de bacterias que se desarrollan en temperaturas superiores a los 45ª C.

7 Sobrenadante: En un tanque de digestión de fangos, el sobrenadante es el líquido situado entre la costra de la superficie y el fango sedimentado en el fondo del tanque.

Además de la elección de la temperatura y del mezclado, hay otros medios de control. Por ejemplo:

1. La variación de la concentración fangos o agua añadidos al sistema.
2. La variación del caudal y frecuencia de la alimentación, preferentemente la alimentación continua.
3. El control al exacto de las arenas y de los flotantes, para no disminuir la capacidad útil del tanque.
4. La limpieza periódica, para mantener la capacidad.
5. Un buen programa de mantenimiento, para conseguir el grado máximo de flexibilidad.
6. El mantenimiento de los registros y del control de laboratorio, para conocer en todo momento las condiciones del proceso.

8.3 COMPONENTES DEL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA DE FANGOS

Para comprender y hacer funcionar un digestor anaerobio de fangos, el operador debe estar familiarizado con la situación y función de los diversos componentes de la instalación de digestión.

8.3.1 Tuberías y válvulas

Las tuberías de fango fresco se construyen en general de acero o hierro fundido, para resistir la presión de bombeo.

Las válvulas utilizadas en las conducciones de fangos y flotantes son en su mayoría de tajaderas. Proporcionan un control efectivo en los casos en que una válvula del tipo mariposa o de compuerta puede quedar bloqueada por trapos u otros materiales, que queden detenidos en el asiento.

PRECAUCIÓN

Nunca arranque una bomba de desplazamiento positivo con la válvula de descarga cerrada, porque el aumento de presión puede dañar la tubería o la bomba. Todas las bombas deben estar equipadas con dispositivos de seguridad, pero a veces estos dispositivos fallan o dejan que la presión se eleve demasiado, ocasionando daños. Una conducción de fangos no debe jamás aislarse cerrando las válvulas de cada extremo durante algunos días, ya que la producción de gas puede elevar la presión lo suficiente como para provocar la rotura de la conducción. Asimismo, los sólidos formarán una masa casi inamovible en la tubería.



8.4 EL DIGESTOR

Los tanques de digestión pueden tener forma cilíndrica o cúbica, aunque la mayor parte de los tanques que se construyen en la actualidad son cilíndricos. El suelo del tanque está inclinado, para que la arena, el material inorgánico sedimentable y el fango pesado puedan ser extraídos del tanque.

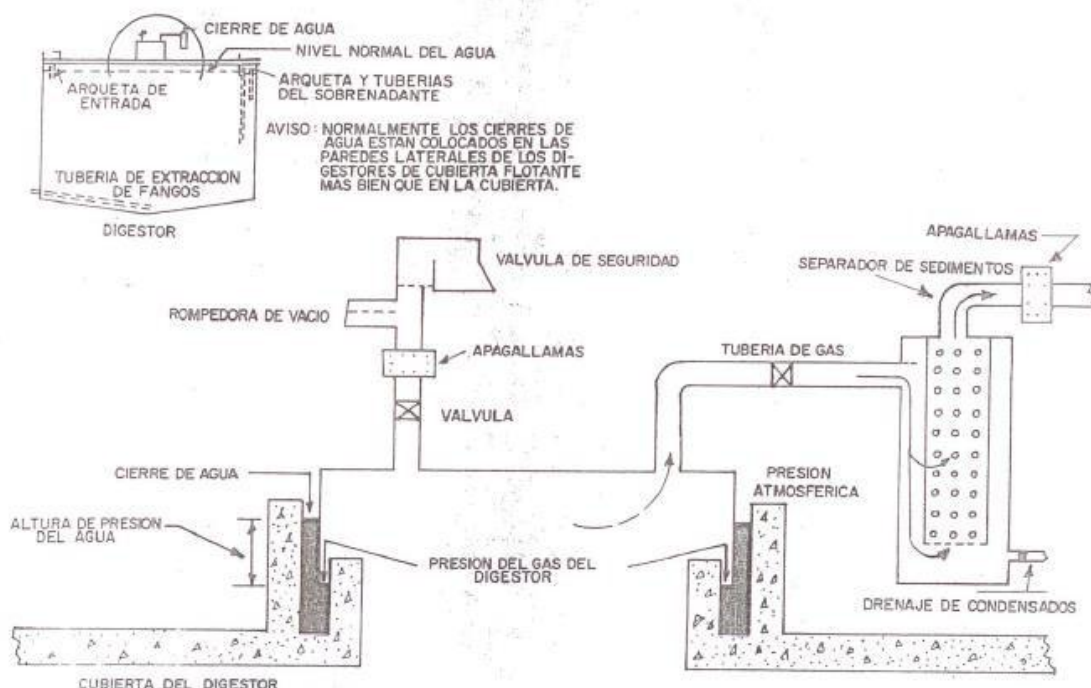


Fig. 8.3 Cierre del agua del digestor

A. Entrada de fangos frescos

Normalmente, el fango fresco se introduce por la parte superior del digestor primario y el sobrenadante se extrae por el lado contrario (fig. 8. 4) y se conduce al digestor secundario.

B. Tuberías de salida del sobrenadante (fig. 8. 4)

En un digestor de cubierta fija puede haber de 3 a 5 tubos de sobrenadante, colocados a niveles diferentes, para la extracción del mismo. Por regla general sólo se utiliza un tubo cada vez, eligiendo aquel que extraiga un sobrenadante con la menor cantidad posible de sólidos, para reenviarlo al decantador primario o a las eras de secado de fangos, si hay espacio disponible.

El nivel de la mezcla del digestor debe comprobarse visualmente una vez al día como mínimo, para evitar que se llene en exceso y dañe la estructura del tanque.

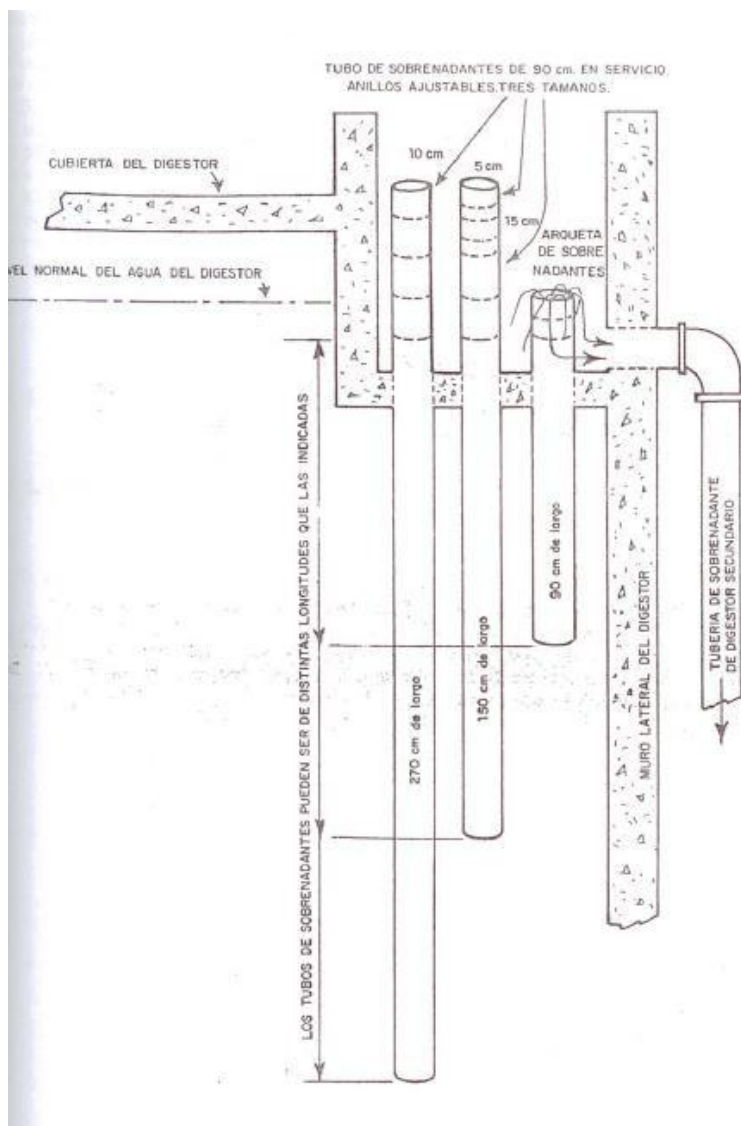


Fig. 8. 4 Caja y tubos del sobrenadante

8.5 SISTEMA DE GAS

El proceso de digestión anaerobia produce de 400 a 700 litros de gas por cada kilogramo de materias volátiles destruidas, según sean las características del fango. El gas se compone principalmente de metano (CH_4) y de anhídrido carbónico (CO_2). El contenido en metano del gas de un digestor que funcione adecuadamente variará del 65% al 70%, con una oscilación en el anhídrido carbónico del 30% al 35% en volumen. Un uno o dos por ciento del gas del digestor se compone de otros varios gases.

El gas del digestor (debido al metano) posee un poder calorífico aproximado de 500 a 600 kcal⁹ por litro, (Kilocaloría equivale a 1.000 calorías. Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua), mientras que el gas natural con un contenido más elevado de metano puede oscilar de 900 a 1.200 kcal. por litro.

El gas del digestor se utiliza en las depuradoras de diversos modos: para calentar los digestores, en la calefacción de los edificios de la misma, como combustible de los motores para las soplantes del proceso de fangos activados, o para producir la energía eléctrica de la instalación.

ADVERTENCIA

El gas del digestor puede ser extremadamente peligroso en dos aspectos. Cuando se mezcla con el oxígeno puede formar mezclas explosivas, y puede también causar asfixia o agotamiento del oxígeno. Se prohibirá encender fuego, fumar o provocar chispas cerca de los digestores o de las instalaciones de bombeo de fangos.

El sistema de gas, le traslada desde el digestor a sus puntos de consumo o al quemador de gases en exceso. El sistema de gas se compone de las siguientes partes:

A. Cúpula de gas

Es un punto en el techo del digestor desde el cual se extrae el gas del tanque. En los tanques de cubierta fija puede haber también un cierre hidráulico incorporado, para proteger la estructura del tanque del exceso de presión positiva (es una presión mayor que la atmosférica. Se mide en kilos por centímetro cuadrado o en centímetros de columna de agua. Una presión negativa (vacío) es una presión menor que la atmosférica y a veces se mide en centímetros de mercurio) o vacío creado por la extracción del fango o del gas demasiado rápidamente.

Si la presión del gas sube por encima de los 30 cm. de columna de agua, se escapará a través del cierre de agua hacia la atmósfera, sin levantar el techo. Si se extrae el fango o se utiliza el gas con demasiada rapidez, el vacío puede pasar de los 20 cm. y romper el cierre de agua, permitiendo la entrada de aire en el tanque. Sin el cierre de agua, el vacío aumentará enormemente y destrozará el tanque.

El aire crea en el tanque una mezcla explosiva. Además, se encuentra a menudo corrosión por ácido sulfúrico en los puntos donde el aire está en contacto permanente con el agua. La tubería entre el tanque de almacenaje de gas y el digestor, protegerá a este de las pérdidas del cierre de agua, si el paso no está cortado. Cuando se introducen líquidos en el digestor,

el gas puede salir por la tubería hacia el tanque de almacenaje y cuando se extraen del digestor, el gas puede volver al tanque, a través de la misma conducción.

B. Válvulas de seguridad y rompedora de vacío

La válvula de seguridad y la rompedora de vacío van colocadas sobre la misma tubería, pero cada una trabaja independientemente. La válvula de seguridad consta de un plato cargado con arandelas de peso calibrado.

Cada peso va estampado con su equivalente altura de columna de agua (*Altura de columna de agua. Cuando sube la presión del gas en un digestor, ella obligará a subir el agua por un tubo que estuviera conectado con el exterior del digestor. Cuanto más alta sea la columna de agua, mayor será la presión del gas*) como 3 cm. H₂O ó 6 cm. H₂ O. La combinación de estos pesos punto con el peso del plato debe igualar la presión de proyecto del tanque. La presión nominal del gas se establece normalmente entre 15 y 20 cm. de columna de agua. Si la presión de gas en el tanque excede de la presión de timbre, la válvula se abrirá y dejará escapar gas durante un par de minutos. Ello debe ocurrir antes de que se rompa el cierre de agua. El cierre de agua se puede romper cuando la alimentación del tanque sea excesiva o cuando la extracción del gas sea demasiado lenta.

La válvula rompedora de vacío funciona de manera idéntica a la de seguridad, excepto en que alivia las presiones negativas para impedir el colapso del tanque. El funcionamiento de cualquiera de estas dos válvulas es peligroso, porque permite la mezcla del gas del digestor con el aire y podría producir una explosión fuera del tanque, si se abriera la válvula rompedora de vacío.

AVISO

La mezcla de gas del digestor y aire en proporción comprendida entre el 5,7 y el 13,5% es explosiva.

Para poder asegurar en todo momento el funcionamiento de estas dos válvulas, es necesario probarlas por lo menos cada seis meses.

C. Apagallamas

El apagallamas típico es una caja rectangular que contiene aproximadamente de 50 a 100 placas de aluminio corrugado con agujeros taladrados. Si se ocasionara alguna llama en la tubería del gas, se enfriaría por debajo del punto de ignición al pasar a través de los deflectores, pero el gas podría seguir pasando con poca pérdida de carga.

Para evitar las explosiones, deben instalarse apagallamas:

1. Entre las válvulas de seguridad y rompedora de vacío y en la cúpula del digestor.
2. Después del purgador de sedimentos, en la tubería de gas del digestor.

3. En el quemador de gases en exceso.

4. Delante de cada caldera, horno o llama.

Los reductores de llama deben supervisarse cada tres meses, abriendo la válvula para que salga el gas, sacando una placa final y extrayendo el cartucho de deflectores fuera de su alojamiento. La acumulación de incrustación, las sales del condensado, y el amontonamiento de residuos en las placas, disminuyen el paso del gas.

El cartucho en el reductor de llama está proyectado para que se pueda abrir, separar los deflectores y lavar, sin tener que desmontar por completo el aparato. Cuando el equipo se monta de nuevo debe comprobarse su estanqueidad, aplicando una solución jabonosa en las posibles zonas de fugas y observando si se forman burbujas.

D. Válvulas térmicas

Otro dispositivo de protección instalado cerca de una fuente de llama y cerca de la cúpula de gas es la válvula térmica. Esta válvula es redonda, con un plato de cierre unido al accionamiento, por un muelle vástago. El vástago apoya sobre un disco fusible que mantiene el plato unido. Si la llama genera el calor suficiente, el elemento fusible se funde y el muelle acciona el vástago hasta que el plato asienta, para cortar el paso del gas. La mayoría de las válvulas están equipadas con palomillas, a rosca en la parte superior del cuerpo. Si se quita la palomilla, queda al descubierto un tubo de cristal que permite ver si el vástago está arriba. Si no se ve el vástago, es que la válvula está cerrada y por tanto no puede pasar el gas. Cuando ocurra esto hay que quitar la válvula y calentarla en agua hirviendo, para hacer desaparecer los residuos del fusible fundido. Se coloca un nuevo lingote (algo mayor que una tableta e aspirina), después se coloca el vástago, y la válvula queda de nuevo en servicio. Estas válvulas deben desarmarse una vez al año por lo menos, para asegurarse de que el vástago puede caer sin problemas y que no está inmovilizado por los residuos o la incrustación del gas.

En la figura 8.9 puede verse un reductor de llama conectado a una válvula de seguridad.

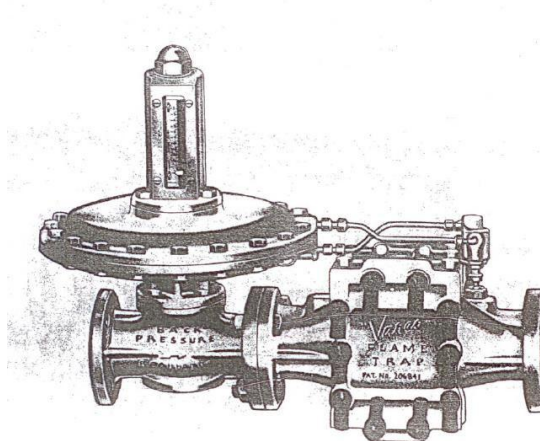


Figura 8.9 Conjunto de la válvula de seguridad del apagallamas

E. Separador de sedimentos

Un separador de sedimentos es un recipiente de 30 a 40 cm. de diámetro y 60 a 90 cm. de longitud. Está situado, corrientemente, en la parte superior del digestor, cerca de la cúpula de gas. La tubería de entrada de gas está cerca de la parte superior del separador y en un lateral y la tubería de salida entra directamente en la parte superior del mismo. Este separador de sedimentos está también equipado con un deflector interior perforado, y un drenaje de condensados cerca del fondo. El gas entra por la parte superior de un lateral del tanque, desciende, atraviesa el deflector, vuelve a subir y sale por la parte superior. La humedad del gas y todos los trozos grandes de incrustación quedan retenidos en el tanque, antes de entrar en el sistema de gas. Los condensados del separador deben drenarse con frecuencia, que puede llegar a ser de dos veces al día durante las épocas frías, ya que se condensarán mayores cantidades de agua.

F. Purgadores de condensado

El gas del digestor está bastante húmedo, y en su recorrido desde el tanque caliente hasta zonas de temperatura más baja, el agua se condensa. El agua debe recogerse en los puntos bajos del sistema y purgarse, ya que de lo contrario impedirá que el gas circule, causará daños en algunos equipos como los compresores, e interferirá en la utilización del gas. Estos purgadores disponen generalmente de una capacidad de almacenaje de un cuarto o medio litro de agua. Todos los purgadores de los conductos de gas deben situarse al aire libre y ser de funcionamiento manual. Estos purgadores deben drenarse una vez al día por lo menos, e incluso más en tiempo frío. Los purgadores automáticos no son recomendables porque muchos van provistos de un flotador, y de un orificio con válvula de aguja y la corrosión, los sedimentos y la incrustación en el sistema de gas pueden impedir que la aguja asiente. Las pérdidas consiguientes pueden crear concentraciones de gas con posibles riesgos para las personas y para los equipos.

G. Medidores de gas

Los medidores de gas pueden ser de diversos tipos, como fuelles, diafragmas de flujo en paralelo, molinetes y placas de orificio o presión diferencial.

H. Manómetros

Los manómetros se instalan en varios puntos del sistema, para indicar la presión del gas en centímetros de columna de agua.

9 PROBLEMAS PRÁCTICOS EN LA EXPLOTACIÓN DE UNA EDAR

9.1 PROBLEMAS CON EN LA LINEA DE AGUA

9.1.1 *Desbaste*

9.1.1.1 Olores e insectos

El problema de los olores, cada vez está más presente en la explotación de estas unidades, tanto por lo que a seguridad del personal, como por sus efectos adversos en el entorno de la E.D.A.R.

Además este problema, -en este tipo de unidades-, tiene causas muy complejas que necesitan de un estudio detallado caso a caso, y que por tanto son muy difíciles de sintetizar en unas líneas.

En un intento de simplificar diremos que las raíces del problema que nos ocupa son fundamentalmente de dos tipos:

- ☐ Olores provenientes de la gestión de los residuos.
- ☐ Olores provenientes de gases y productos contenidos en el agua y con origen en la red de saneamiento ó anterior.

Olores provenientes de la gestión de residuos

La principal fuente de este problema, es el almacenamiento prolongado de estos residuos, con el añadido frecuente de que lo son en condiciones de muy alta humedad, lo que acelera los procesos de descomposición.

Así pues, la solución para la solución pasa por los siguientes principios de gestión:

- ☐ Aumentar la frecuencia de la retirada de los residuos de la E.D.A.R.
- ☐ Gestionar los equipos de desbaste de forma que se aumente el tiempo de desgaste de los residuos en los mismos.
- ☐ Instalación de prensas de residuos, fácilmente amortizables por los ahorros en la gestión del producto final.

Olores provenientes de gases y productos contenidos en el agua y con origen en la red de saneamiento ó anterior

La mayoría de los casos, este problema se detecta en forma de sulfuros con el origen. Muy frecuentemente, encontramos este problema en desbastes, situados en edificios cerrados, y donde no existe ningún tipo de tanque aereado que permita el tratamiento del agua, por lo que en este caso solo cabe acudir a soluciones tales como el confinamiento de la zona, fuerte extracción y renovación del aire y posterior desodorización del mismo.

Podría estudiarse también la eliminación de estos productos mediante su precipitación con sales de Fe, pero de los tratamientos químicos nos ocuparemos más adelante. En definitiva la solución a este problema, depende mucho de la geografía de la E.DAR.

9.1.1.2 Atascos frecuentes sin acumulación de arenas ni gravas

Este problema suele ser producido por una elevada velocidad de paso, o por una insuficiente frecuencia de los ciclos de limpieza. La solución más comúnmente adoptada, pasa por adecuar el número de unidades en servicio al caudal circulante en cada momento, mediante la medición de caudal. En este tipo de soluciones, la determinación del régimen de limpieza, se deja para automatismos basados en la medición de nivel en el canal, aguas arriba del elemento de desbaste.

9.1.1.3 Atascos frecuentes con. Acumulación de arenas y gravas

El problema puede tener dos vertientes diferentes:

- La cantidad de arenas y gravas, es excesiva
- La cantidad de arenas y gravas no es excesiva

Cantidad de arenas y gravas excesiva

Bien podría ser por existir entronques al sistema que permitan la entrada indiscriminada de estos elementos, en cuyo caso, la eliminación de la fuente es la mejor de las soluciones.

Sin embargo, además de esta solución, se está generalizando el uso de pozos de gruesos en cabeza de la instalación, con extracción por cuchara bivalva, que están solucionando muchos problemas, especialmente en los momentos de avenidas por tormentas.

Cantidad de arenas y gravas no excesiva

Este problema suele ser frecuente en E.D.A.R. donde el caudal real es inferior al de diseño, ó bien donde el sistema está sobredimensionado. Ocurre en este caso, que por baja velocidad de acercamiento, los canales de instalación del desbaste, se convierten en realidad en pequeños desarenadores longitudinales donde se produce la eliminación por decantación, de elementos, -arenas y gravas-, que deberían mantenerse suspendidos hasta el desarenado, y que al llegar a las rejillas y /ó tamices, ponen en peligro incluso la integridad mecánica de estos elementos. La solución más comúnmente adoptada, pasa por adecuar el número de unidades en servicio al caudal circulante en cada momento, mediante la medición de caudal. En este tipo de soluciones, la determinación del régimen de limpieza, se deja para automatismos basados en la medición de nivel en el canal, aguas arriba del elemento de desbaste

9.1.2 *Desarenado desengrasado*

9.1.2.1 Olores y corrosiones

Ya se ha comentado, que una buena parte de los olores producidos en los primeros sistemas de la E.D.A.R. pueden, - y de hecho frecuentemente lo son, ser originados en la red de saneamiento, tanto por sus contenidos, ($\text{SO}_4=$), como por sus condiciones (anaeróbicas).

Una vez llegada el agua a condiciones aireadas se produce un desprendimiento masivo que de estos compuestos, que da lugar a los problemas citados.

Si además, y para evitar su repercusión en el entorno, nos encontramos con desarenadores incluidos en edificios cerrados, el problema se ve acentuado por las circunstancias de la seguridad del personal.

Las actividades que se deben desarrollar para minimizar este problema son las siguientes:

- ☐ Vigilancia de la formación de SH_2 en la red de saneamiento.
- ☐ Intensificación de las operaciones de limpieza y conservación en mecanismos, canales, depósitos y vertederos.
- ☐ Vigilancia en continuo de parámetros de seguridad en la atmósfera, tales como SH_2 , CO y NH_3

El gas más frecuente en estos sistemas, es el SH_2 , cuyas concentraciones límite en la atmósfera son:

Valor límite umbral- media ponderada en el tiempo para valores de exposición de 40 horas/ semana), ppmv = 1.

Valor límite (umbral- límite de exposición de corta duración), ppmv = 10

Estos valores son frecuentemente superados por lo que habrá que acudir a alguna de las siguientes soluciones:

- ☐ Desodorización: plantea el problema de los fuertes caudales a tratar, así como de no resolver el problema de la exposición del personal dentro de la instalación.
- ☐ Tratamientos químicos del agua.

9.1.2.2 Arenas con mucho contenido en volátiles

Este problema suele ser producido por una insuficiente aereación, que hace que parte de los MES, no se mantengan en suspensión y se incorporen por decantación a la arena depositada en el fondo.

No obstante lo dicho, la instalación de mesas de lavado de arenas, minimiza mucho el problema, si por otras causas no se quiere aumentar la aereación.

9.1.2.3 Baja eliminación de arenas

Este suele ser debido a la sobrecarga hidráulica de las unidades en funcionamiento, por lo que su solución pasa por la adecuación de los parámetros de funcionamiento.

9.1.2.4 Baja eliminación de grasas y/ó ó acumulación ó presencia aguas abajo

Es frecuente encontrar este problema en desarenadores aereados en exceso, lo que puede comportar que el sistema funcione en régimen de mezcla completa, sin que existan zonas tranquilas de flotación de grasas. Estas pueden aparecer aguas abajo, ó bien flotando en zonas remansadas ó bien en el agua y/ ó los fangos.

Además del recálculo y adecuación del sistema, suele dar buen resultado el seccionamiento de la aereación en sentido longitudinal, disminuyendo esta al final para conseguir una buena flotación.

9.1.2.5 Atascos en sistema de bombeo de flotantes

Junto a las grasas, en este tipo de unidades se separan muchos otros sólidos con capacidad de flotar, y que presentan los siguientes problemas:

- ☐ Atascos en sistema de bombeo, si este existe.

- ❑ Importancia económica de la gestión de este tipo de residuos, que se ve aumentada por la presencia mayoritaria de sólidos que no son grasas.

La experiencia de colocar microtamices de finos, en el canal de salida de flotantes del desarenador, da muy buenos resultados sobre la operatividad de los sistemas de bombeo, así como en la reducción de la producción de residuos especiales.

9.1.3 Tratamientos primarios

Tratamiento standard, que se basa en las leyes de la sedimentación para eliminar parte de los M.E.S., y la D.B.O., asociada a ellos.

Los problemas más frecuentes en la explotación de un sistema de decantación primaria. En general podría simplificarse que el problema más frecuente viene dado por la alta cantidad de fangos en el decantador primario (almacenamiento), debido tanto a una ineficiente gestión de su funcionamiento, como a una ineficiente gestión de la línea de tratamiento de fangos, que hace que una gran masa de fangos esté recirculando desde la línea de fangos a la línea de agua, en continuo.

9.1.4 TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Conocidas las bases teóricas de este tipo de tratamientos, desarrollaremos este punto en los siguientes apartados:

- Introducción.
- Problemas de proceso.
- Problemas de separación sólido/líquido,

9.1.4.1 Introducción

A) ECOSISTEMA ARTIFICIAL

Los sistemas de depuración mediante tratamientos biológicos, pueden ser considerados como auténticos ecosistemas artificiales, que recogen en su estructura, toda la complejidad de los mismos. En este punto, nos referiremos a los sistemas de fangos activados, por ser estos los más habituales.

B) FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

A su vez, los factores que regulan estos sistemas, pueden ser de dos tipos fundamentales para la explotación del sistema:

- ❑ Poco manipulables: a pesar de poder presentar una fuerte variación, esta no suele estar en manos del operador. El mejor ejemplo de este tipo es la caracterización cualitativa y cuantitativa del agua a tratar, que salvo excepciones, hay que admitir a tratamiento. También habría que situar en este apartado la temperatura del reactor, factor importantísimo en la regulación de los procesos de eliminación biológica de nutrientes, tanto deseados como no.
- ❑ Muy manipulables: son otros factores que si pueden ser manipulados por el operador, tales como el suministro de oxígeno, la recirculación, la adición ó no de productos químicos, el pH, etc.

9.1.4.2 **Problemas de proceso**

Nos referiremos en este caso a la mera transformación de la materia orgánica, así como a la de las especies de nitrógeno y fósforo, dejando para un apartado específico las de separación de sólido/ líquido, es decir a las reacciones que tienen lugar dentro del reactor biológico, y cuyo control puede realizarse mediante las analíticas al filtrado del licor mezcla, ó bien del efluente.

Como típicas, podemos sugerir las siguientes:

- ❑ Bajo rendimiento en la eliminación de D.B.O.
- ❑ Bajo rendimiento en nitrificación.
- ❑ Bajo rendimiento en desnitrificación.
- ❑ Bajo rendimiento en la eliminación biológica del fósforo.

A) BAJO RENDIMIENTO EN LA ELIMINACIÓN DE D.B.O.

Este problema se detecta por el incremento de la D.B.O. disuelta en el efluente, es decir sobre muestra filtrada, y no debe confundirse con el caso de que el gran aporte de D.B.O. y D.Q.O., esté en forma suspendida.

Este problema, que no es con mucho el más habitual, está relacionado con la regulación de los siguientes parámetros:

- ❑ Alta carga másica (F/ M), ó baja edad del fango (M.C.R.T.). Generalizando, y dicho con mucha prudencia, puede asumirse que en aguas residuales urbanas de componentes equilibrados, edades de fango ligeramente inferiores a las necesarias para nitrificar, garantizan la conversión de la D.B.O.
- ❑ Bajo oxígeno disuelto.
- ❑ Presencia de tóxicos ó sustancias inhibidoras, que pueden ser detectados con análisis mediante bacterias fluorescentes, ó mediante ensayos de respirometría, de forma directa, y de forma indirecta mediante observación microscópica.

B) BAJO RENDIMIENTO EN NITRIFICACIÓN.

Baja edad del fango ó M.C.R.T.

Para conseguir la nitrificación, hay que trabajar a edades altas (que además son función de la temperatura) de tal manera que se garantice el crecimiento de las bacterias nitrificantes

C) BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN.

Falta de materia orgánica

Debe recordarse que la desnitrificación, es un proceso basado en bacterias heterótrofas, lo que supone que la respiración del oxígeno nítrico en realidad es parte del proceso de metabolización de la materia orgánica del agua a tratar. Es decir, debemos considerar este proceso como un paso más en la eliminación de la DBO del agua a tratar, excepto que por alguna razón haya que incorporar una fuente externa.

Baja velocidad de desnitrificación

Aún a pesar de tener seguridad de que la edad del fango, corresponde a los mínimos necesarios para la desnitrificación, se debe comprobar que la velocidad de desnitrificación (diferente para cada fango activo y agua residual), es la suficiente como para llevar a cabo la operación en los reactores con que contamos. La cantidad de biomasa presente debe acoplarse a la velocidad de desnitrificación, y a la masa real de nitratos que entre en el sistema.

La posibilidad de este aumento, vendrá dada por las condiciones hidráulicas y másicas de la decantación secundaria, así como por las capacidades de recirculación y de suministro de oxígeno de la instalación.

Presencia de oxígeno disuelto por saltos ó cascadas

Esta situación suele darse a causa de un deficiente diseño de la planta (saltos hidráulicos por ejemplo) ó por lluvias en el caso de colectores unitarios, Se soluciona con la eliminación de los saltos hldráulicos, así como con la construcción de compartimentos.

Falta de recirculación en sistemas de desnitrificación preconectada.

Cuando se trabaja con sistemas de desnitrificación preconectada, la efectividad de la desnitrificación viene dada por la relación entre los nitratos que producimos, y los que enviamos a desnitrificación.

Dado que normalmente, la recirculación externa nos viene limitada por las condiciones de trabajo del decantador secundario, el comando disponible para la regulación es precisamente la recirculación interna.

D) BAJO RENDIMIENTO EN ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO

Los problemas que pueden dar lugar a un funcionamiento deficiente de un proceso biológico de eliminación de fósforo, se derivan del incumplimiento de las condiciones necesarias para que los procesos se desarrollen de forma correcta.

Los más evidentes son los siguientes:

Introducción de oxígeno ó nitratos en el reactor anaerobio.

Esta situación suele darse a causa de las recirculaciones, ó de un deficiente diseño de la planta (saltos hidráulicos por ejemplo) ó por lluvias en el caso de colectores unitarios. Se soluciona con la eliminación de los saltos hidráulicos, así como con la construcción de compartimentos.

Sustrato carbonoso insuficiente en el reactor anaerobio.

Esta situación aparece cuando existe una baja relación DQO (ó DBO5)/P en la entrada ($QOQI/P > 50$), ó cuando la fracción fácilmente biodegradable es muy baja en el agua de entrada ($DBO5/I DQO < 0,5$).

Para solucionar este problema puede acudir a fuente de carbono externas, o estudiar la instalación de sistemas de prefermentación.

Edad del fango global muy alta

Se da con frecuencia en aereaciones prolongadas y/ ó en climas muy fríos. Se debe completar la eliminación con un pulido a base de precipitación con sales de Fe+H ó similar.

9.1.4.3 Problemas de separación líquido-sólido

Resumiremos este apartado en los siguientes puntos:

- ☐ Esponjamiento ó bulking.
- ☐ Espumas.
- ☐ Defloculación por choque tóxico.
- ☐ Desnitrificación incontrolada.
- ☐ Alta carga de sólidos al decantador secundario. (Se estudia en el mismo apartado que el bulking).
- ☐ Pin- point floc.

A) ESPONJAMIENTO Ó BULKING

El bulking, es un fenómeno en el que el I.V.F., de los fangos aumenta muy por encima de los valores habituales de operación, es decir, la masa de fango decantado pasa a ocupar un volumen mucho mayor, lo que puede originar problemas, tanto en el proceso de separación sólido/líquido, como en la compactación del fango en las líneas de recirculación y purga de fangos en exceso.

Los tipos fundamentales de bulking, son dos:

- ☐ Bulking filamentoso.
- ☐ Bulking no filamentoso.

Bulking filamentoso

El más frecuente de los bulking, es el llamado filamentoso, pues es debido a un alto desarrollo de alguna de las especies de bacterias filamentosas presentes en el sistema biológico, que por alguna circunstancia selectiva pueden pasar a ser predominantes y alcanzar un alto grado de crecimiento

Las bacterias filamentosas están asociadas a bajas cargas orgánicas (alta edad del fango), es decir a un escenario de poca alimentación específica por individuo (alta competencia), donde los microorganismos exteriores al flóculo presentan una clara ventaja estratégica en la captación tanto de alimento como de oxígeno, frente a los organismos situados dentro del flóculo.

Las acciones a tomar, son de dos tipos básicos:

- ☐ Control del proceso.
- ☐ Adición de reactivos.

Control del proceso

- Eliminación de causas endógenas y exógenas, (si se conocen).
- Disminución del M.C.R.T.

En general favorece la lucha contra las bacterias filamentosas, pues estas suelen llevar aparejado un alto valor de este parámetro. Además en el caso de bajas edades de fango, y si se tiene que acudir a medidas químicas, la restauración del sistema protozoario suele ser más rápida.

- Regulación de la carga del decantador secundario.

El bulking filamentoso, plantea dos tipos de problemas que pueden ser simultáneos:

- 1.- Elevación del lecho de fangos en la decantación secundaria.
- 2.- Aumento de la carga volumétrica de sólidos, aplicada al decantador secundario.

En el primer caso, el lecho de fangos almacenado en la decantación, puede subir a cotas tan altas que interfiere con las líneas de corriente de agua, lo que casi garantiza que se produzca arrastre de sólidos con el efluente, incrementando su contenido en M.E.S. y por tanto en D.B.O. Además, debido a la ligereza de este tipo de sólidos, una variación brusca del caudal, puede desestabilizar este lecho, produciéndose un arrastre masivo de lodos con el efluente.

En el segundo caso, y aunque el lecho no esté elevado, la separación puede ser de baja calidad y una fracción importante de los M.L.S.S., puede escapar con el efluente.

El control de esta situación se reduce a un control efectivo de la recirculación. Se constata la práctica de aumentar la recirculación en estos casos, no teniendo en cuenta los siguientes efectos indeseados a corto plazo:

- 1.- Aumento de la carga volumétrica de sólidos en el decantador, con la consecuente pérdida de calidad en el efluente.
- 2.- Disminución del tiempo de retención de la corriente de fangos en el decantador, con la consiguiente pérdida de concentración y posterior aumento de los caudales necesarios para la extracción de los fangos en exceso.

Para el control de este parámetro, el operador solo cuenta con la regulación de la recirculación, que puede ser fijo ó variable, considerándose esta última una gran herramienta

Por tanto, podemos resumir que un sistema de recirculación variable, aunque sea manual nos 'permite optimizar al máximo la gestión del decantador secundario por los siguientes efectos positivos:

- 1.- Perfecto control de la carga volumétrica de sólidos.
 - 2.- Posibilidad de maximizar la concentración en purgas.
 - 3.- Minimización del caudal de purgas.
- Comprobación de la existencia de O₂ D suficiente en el reactor biológico.
 - Uso de selectores apropiados, para la limitación de las diferentes especies de filamentosas. En general, parece que los reactores anaerobios funcionan bastante bien para la amortiguación de los problemas de bulking.

Adición de reactivos

Sin excluirse otros, se constata que el más experimentado es el cloro añadido en forma de hipoclorito. Los aspectos que deben tenerse en cuenta para su dosificación, sin renunciar a obtener la calidad del agua, son los siguientes:

- Dosis de cloro: de 5 a 15 kg de Cl activo / tm MS x día.

Bulking no filamentoso

Está relacionado con desequilibrio de nutrientes, lo que origina una síntesis incompleta de protoplasma, y el almacenamiento exocelular de los productos intermedios. Las características que puede tener el fango activo son las siguientes:

- ☐ Alto grado de defloculación.
- ☐ Alta viscosidad del fango.
- ☐ Producción de espumas ligeras.

El problema se soluciona muy rápidamente solucionando el problema del desequilibrio de nutrientes, en aguas residuales urbanas más frecuente el déficit de P. que el de N, aunque en cualquier caso es un fenómeno raro si no existes especiales aportaciones industriales.

B) ESPUMAS

Cuando hablamos de foaming ó espumas en un tratamiento biológico, deberemos caracterizar estas espumas, que básicamente son de dos tipos:

- Espumas no biológicas.
- Espumas biológicas.

Espumas no biológicas.

En general significa que hay FALTA DE BIOMASA ACTIVA para resolverlas, y esto por diferentes causas:

- ☐ Puesta en marcha: suelen presentarse hasta conseguir concentraciones de biomasa del orden de 500- 700 mgMLSS/ l, disminuyendo paulatinamente según se avanza en la puesta a punto del proceso. La actividad a desarrollar es conseguir rápidamente la biomasa necesaria. Una técnica de buenos resultados es hacer un by- pass a la decantación primaria, si esta existe.
- ☐ Choques tóxicos: son frecuentes estas espumas después de un choque tóxico, ya que aunque existan MLSS en los reactores, en realidad gran parte de ellos pueden estar inactivados, y en la práctica estamos en el caso anterior. La actividad a desarrollar es el renovar la biomasa mediante purgas de fangos contundentes.

Vertidos de detergentes industriales: como en otros casos el problema debe resolverse en origen, aunque dentro de las instalaciones hay que vigilar que no existan problemas tóxicos sobre la biomasa.

Espumas biológicas ó foaming

El problema se genera siguiendo la siguiente serie de acontecimientos:

1. Eclosión de bacterias filamentosas de carácter hidrófobo.
2. Flotación de estos microorganismos.
3. Acumulación de estos microorganismos por no existir una buena solución a la eliminación de flotantes.

Los problemas que trae este tipo de incidentes son básicamente los siguientes:

- ❑ Creación de un sub-reactor superficial, descontrolado de las siguientes características:
 1. Edad del fango muy superior a la del resto del reactor.
 2. Concentración de MLSS muy superior a la del resto del reactor.
 3. Especies microbiológicas preferentemente hidrófobas.
- ❑ Problemas electromecánicos y de proceso en sistemas de aereación superficial, con altos consumos, problemas de arranque y pérdidas de eficiencia en la introducción de oxígeno.
- ❑ Escapes de sólidos y putrefacciones.

Los remedios más comúnmente usados contra su acumulación son:

1. Uso de biocidas.
2. Eliminación de confinamientos, en tanques sin retirada superficial de flotantes.
3. Aumento de eficacia en tanques con retirada superficial.
4. Extraer los flotantes del sistema.
5. Instalar si se puede un selector aerobio.

Eliminación de confinamientos en tanques sin retirada superficial de flotantes.

Selector aerobio: se puede realizar si se cumplen las siguientes condiciones

- Carga volumétrica= $10 \text{ kgDBO}_5 \text{ m}^3 \times \text{d}$
- Suministro de oxígeno: $4 \text{ kgO}_2 / \text{m}^3 \times \text{d}$

C) DEFLOCULACIÓN POR CHOQUE TÓXICO

Tiene lugar cuando un choque tóxico elimina la actividad de las bacterias formadoras de flóculo y o de los protozoos que refuerzan la estructura del mismo. Sus efectos - turbiedad del agua tratada- son muy parecidos a un crecimiento disperso, que tiene lugar en sistemas en puesta en marcha.

Desgraciadamente es un fenómeno' repetido en sistemas de saneamiento sin control. La secuencia aproximada de los hechos es la siguiente:

- ❑ Desaparición de los grandes protozoos y formas superiores de vida.
- ❑ Defloculación de la biomasa, acompañada algunas veces de espuma.
- ❑ Bajada del rendimiento en eliminación de D.B.O.
- ❑ Crecimiento rapidísimo de flagelados en sustitución de protozoos ciliados.

En este punto, es necesario advertir de la fuerte influencia que los tóxicos ejercen sobre los sistemas biológicos de eliminación de nutrientes, que se ven desactivados a dosis muchísimo menores que las necesarias para desactivar los mecanismos de transformación de D.B.O. carbonosa.

D) DESNITRIFICACIÓN INCONTROLADA

Los fenómenos más frecuentes de fango ascendente se producen por la desnitrificación incontrolada en el decantador secundario.

Existen valores críticos para 8 mg N-NO₃ / l a 20°C y tiempos de retención de 1 hora. La solución parte de tener una desnitrificación correcta en la planta, (ó impedir que esta se produzca trabajando a edades adecuadas, si la planta no está diseñada para desnitrificar).

Un efluente nitrificado es preferible a uno conteniendo una elevada concentración de nitrógeno amoniacal. Sin embargo tanto el amonio como los nitratos pueden ser fuentes de nitrógeno para el crecimiento de algas, por lo que un efluente nitrificado puede ser todavía desfavorable si se descarga en un receptor propenso a eutrofizar por proliferación excesiva de algas. Otro argumento para el control del nitrógeno en el agua del receptor es la limitación de la concentración de nitratos en el caso de emplear el receptor para agua potable por los límites impuestos a estas. La desnitrificación es un proceso de degradación y eliminación de combinaciones orgánicas que utiliza el oxígeno de los nitratos en condiciones anóxicas (anoxia = ausencia de oxígeno disuelto).

Desde el punto de vista tecnológico, no se entiende que una planta nitrifique y no desnitrifique ya que aunque en una planta no se requiera una eliminación de nitratos sino únicamente la oxidación del nitrógeno amoniacal, la desnitrificación es conveniente porque:

- ❑ Permite recuperar la mitad de la alcalinidad perdida en la nitrificación.
- ❑ Reduce el consumo de oxígeno en la zona aeróbica (ya que un porcentaje importante de la materia orgánica se usa en la desnitrificación).
- ❑ Evita problemas de desnitrificación espontánea, con la consiguiente formación de flotantes en el decantador secundario.

Cuando la desnitrificación tiene lugar de forma incontrolada el decantador secundario puede convertirse en la zona anóxica de un proceso de nitrificación porque dispone de nitratos en disolución y de microorganismos y materia orgánica en los fangos en sedimentación. Incluso la propia biomasa puede ser fuente de carbono para este proceso de desnitrificación. Así, las burbujas de gas (nitrógeno pueden dar lugar a un levantamiento del fango no deseado que tiene como consecuencia final una deficiente clarificación.

La desnitrificación espontánea en la decantación final suele tener lugar en épocas del año en que la temperatura del agua suele ser más alta (verano), y aunque el problema suele ser causa de incumplimiento de la normativa, todavía no se le ha dado la importancia que tiene.

La forma de minimizar al máximo la desnitrificación espontánea e incontrolada podría resumirse como sigue:

- ❑ Para plantas que están diseñadas para eliminar únicamente materia orgánica evitar el crecimiento de bacterias autótrofas nitrificantes operando las mismas con una adecuada edad de fango teniendo muy en cuenta que no es posible diseñar ni operar con nitrificaciones estables parciales.
- ❑ Operar la aereación en batch, en aquellas plantas que los sistemas de agitación del reactor sean independientes de la aereación.
- ❑ Reducir al máximo el tiempo de retención del agua en la decantación secundaria siempre y cuando las instalaciones lo permitan.
- ❑ Reducir al máximo el tiempo de retención hidráulico del fango del clarificador, trabajando con mayores recirculaciones que el resto del año.



-
- 2 Reducir la cantidad de nitratos que se introducen en la decantación.

- Por último y con la finalidad de evitar el escape de sólidos por el efluente se debe diseñar correctamente la decantación secundaria dotando a la misma de baffles que retengan al fango ascendente.

Siguiendo estos consejos se puede poner solución al problema, si bien cuando las temperaturas siguen siendo altas el problema continúa siendo difícilmente incontrolable.

10 TELEMADO Y TELECONTROL: FUNCIONAMIENTO

El alcance de este capítulo es la definición de los criterios de funcionamiento de los procesos y máquinas a programar en los equipos de control, PLC's y Scada WinCC, de la E.D.A.R.'s,

Los procesos contemplados son los gobernados por los plc's siguientes,

- Pretratamiento
- Transformación
- Terciario
- Deshidratación
- Digestión

10.1 CONSIDERACIONES GENERALES

A la hora de definir los criterios de funcionamiento de cada uno de los equipos que componen la EDAR se deben plantear de acuerdo a los marcados por la ingeniería de procesos. Cualquier incertidumbre en los criterios marcados por la ingeniería de procesos debe ser aclarada antes de ser programados.

Se consideran los siguientes modos de funcionamiento posibles:

Modo Local: Los equipos dispuestos en modo local deberán de tener un correcto funcionamiento aun en ausencia del Plc

Local-manual, el operador podrá actuar de una forma manual mediante una acción directa sobre los pulsadores o conmutadores. Las ordenes locales y remotas de puesta en marcha antes comentadas, serán sin intervención posible de enclavamiento alguno, excepto los propios de protección del equipo.

Local- automático, se definirá mediante lógica cableada un modo de funcionamiento básico. Este modo de funcionamiento se utilizará solamente en aquellos equipos expresamente indicados.

Modo Plc: Seleccionando el modo de funcionamiento Plc de cada elemento, este queda bajo el control del Plc, los elementos dispuestos en el cuadro de maniobra para el funcionamiento Local quedan anulados, exceptuando la seta de emergencia, contactos de protección del equipo (térmico..) el selector Plc/Local. Si las comunicaciones fallasen; cada Plc deberá continuar de forma individual e independiente con la gestión de los equipos a él encomendados.

- ❑ **Plc-Manual o Forzado,** desde el Scada se ordena el funcionamiento individual o colectivo de equipos sin más criterio que los enclavamientos de protección eléctrica y mecánica del equipo.
- ❑ **Remoto-automático,** desde el Scada se ordena el funcionamiento de los diferentes equipos según unos criterios y parámetros que permiten su funcionamiento sin pausa y dentro de los márgenes establecidos. Dentro de este modo de funcionamiento se establecen diferentes criterios normalizados de funcionamiento para los equipos que más adelante se describirán

10.2 ELEMENTOS DE MANDO

Seguidamente se describen los diferentes elementos de mando de que pueden disponer los equipos de las diferentes instalaciones.

Localmente

En sus inmediaciones, cada equipo puede disponer de uno o más de los siguientes elementos de mando, instalados en una caja estanca local o si fuera necesario, en su cuadro local.

Cuadro de control Local: CCL

Existen equipos que tienen localmente su propio cuadro de maniobra y control.

Pulsador de Seguridad: PS

Permite parar el equipo de forma inmediata tanto si está funcionando en automático o en manual.

Pulsador de Marcha: M

Sirve para arrancar el equipo manualmente siempre que el selector del CCM esté en posición LOCAL

Pulsador de Marcha Mantenida: MM

Estando seleccionado el equipo en LOCAL en el CCM, este pulsador mantiene el equipo en funcionamiento mientras se tenga actuado dicho pulsador.

Pulsador de Subida Mantenida: SM

Actúa del mismo modo que el pulsador de marcha mantenida (MM), produciendo un movimiento ascendente del equipo (p.ej. compuertas, rasquetas,..)

Pulsador de Bajada Mantenida: SM

Actúa del mismo modo que el pulsador de marcha mantenida (MM), produciendo un movimiento descendente del equipo (p.ej. compuertas, rasquetas,..)

Selector A-C (Abrir-Cerrar)

Sirve para actuar sobre las electroválvulas en manual, O OPERARLA EN MODO AUTOMATICO.

Selector Derecha-Izquierda

Sirve para hacer funcionar un equipo en LOCAL en sus dos posibles sentidos de giro (P.ej. tornillo reversible).

Selector PLC-o- LOCAL.

El selector Local / Plc se dispondrá en el cuadro CCL.

CCM

En el centro de control de motores se pueden tener los siguientes elementos de mando:

El equipo seleccionado **en PLC** funcionará de forma automática. Desde el PC se puede seleccionar que el equipo funcione en conjunción con el resto de la planta según la secuencia programada en el PLC, o bien que funcione de forma individual, arrancándose y parándose directamente desde el PC.

En ambos casos se tendrán en cuenta sus enclavamientos de seguridad.

El equipo seleccionado en **LOCAL** se accionará a través de su botonera de mando local, y funcionará manualmente por maniobra electromecánica y teniendo en cuenta solo sus enclavamientos de seguridad

PC

En el PC se tienen los siguientes elementos de mando:

-  **Marcha o paro de equipos (M-P)**
-  **Abrir o cerrar compuertas (AB-CE)**
-  **Variación de puntos de consigna**
-  **Variación de parámetros: Tiempos, parámetros de regulación**
-  **Fuera de servicio, para sacar el equipo de secuencia.**
-  **En secuencia automática, estando en secuencia siempre que el mismo este solucionado**

10.3 CRITERIOS NORMALIZADOS DE FUNCIONAMIENTO

En las siguientes hojas se describirá diferentes criterios normalizados de cada equipo en función de determinadas señales y enclavamientos con otros equipos.

Además, para algunos de ellos se indican también los siguientes criterios de funcionamiento generales.

Disponibilidad

Como norma general, cuando existan varias bombas en paralelo, se definirá un estado de disponibilidad de la bomba para el funcionamiento en automático

Modo cíclico MC

Las bombas funcionarán de forma cíclica, de manera que la primera en activarse fuese la primera que paró y la primera que parase fuese la primera que se pusiese en marcha. En el ciclo de activación solo se consideraría aquellas bombas que estuviesen disponibles

Modo marcha horario,

Hay que introducir cada una de las horas de marcha y parada y deben ser compatibles, incluyendo el paso por cero

Modo marcha variable en función de otra variable

Por ejemplo: tensión de alimentación de bomba en función del caudal de salida, para mantener un caudal constante a la salida que se introduce por consigna HMI.