

PRINCIPIOS Y CRITERIOS DE DISEÑO DE LA OXIDACION TOTAL

Por EDUARDO DEWISME

Ingeniero Colaborador del Servicio de Aplicaciones Industriales.
Confederación Hidrográfica del Norte de España.
Profesor de Tecnología Química de la E.T.S.I.I. de Bilbao.

En los primeros párrafos resume el autor con claridad y concisión el contenido del breve e interesante estudio, que publicamos a continuación.

El sistema de tratamiento de depuración de aguas residuales, denominado comúnmente en España Oxidación Total, está actualmente de moda, tanto en España como en el extranjero.

Con la extraordinaria publicidad comercial que han realizado las diferentes casas suministradoras de estos equipos considero que se ha llegado a exagerar las ventajas de este sistema. No es la intención de este artículo reducirlas, sino tan sólo exponer de forma sencilla a los técnicos que deciden sobre estos problemas los principios biológicos sobre los que se basa este sistema, deduciendo de ellos los criterios de diseño de sus elementos.

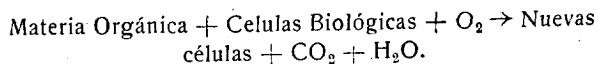
La denominación de oxidación total es más comercial que técnica, por cuanto si bien su principio básico consiste en una fuerte oxidación de las materias orgánicas que, tanto en suspensión como en solución, traen las aguas, la oxidación no es total. En Estados Unidos y Canadá, países en los que se inició este sistema, se denomina Extended Aeration, cuya traducción más ajustada, como ya viene en algunos catálogos, es Aeración Prolongada. Otra denominación general del proceso también más adecuada es la de Digestión Aerobia, si bien se incluyen bajo esta denominación plantas monobloc, también hoy en día muy de moda, fundadas en el sistema contact-stabilization, complementadas con una digestión aerobia de los fangos formados. Con este último sistema se consiguen resultados análogos a la oxidación prolongada.

Principios básicos. — Previamente expondremos, de forma resumida, el principio general de la depuración por fangos activados para luego ajustarnos a las particularidades de la variedad, oxidación prolongada.

Cuando un agua residual, de contaminación tipo orgánico, se pone en contacto con un fango biológico (masa de células biológicas activas) se reduce su DBO por medio de los siguientes procesos:

Las finas materias en suspensión y en estado coloidal son eliminados por *absorción* y coagulación.

Una primera parte de las materias orgánicas solubles se eliminan por una rápida *absorción* de las bacterias, que las almacenan como alimento de reserva. Otra parte es asimilada continuamente por las bacterias durante el proceso de aireación para su supervivencia y para la formación de nuevas células, desprendiéndose a la vez CO_2 y H_2O . Este proceso puede exponerse por la siguiente ecuación:



La velocidad de esta reacción, después de la rápida absorción inicial, depende fundamentalmente de la concentración de DBO a ser eliminado y de la concentración de fango activo existente. Con agua de alta concentración en DBO, la velocidad de reacción depende exclusivamente de la concentración de fangos.

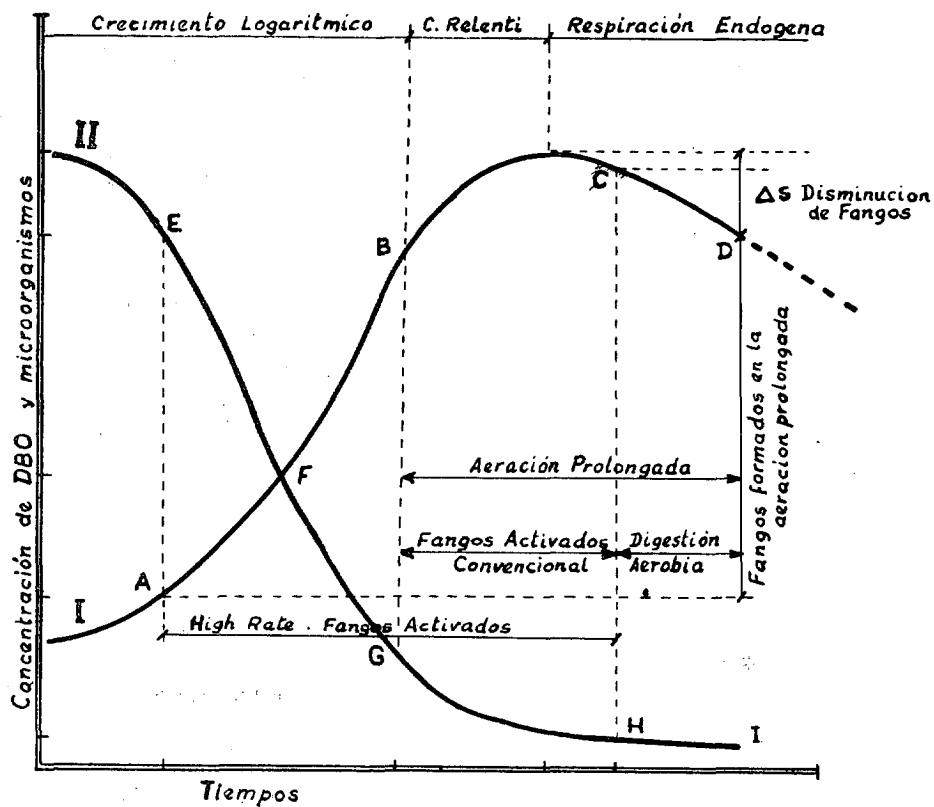


Fig. 1.^a—I, Crecimiento de la masa biológica; II, Reducción de la DBO de las aguas.

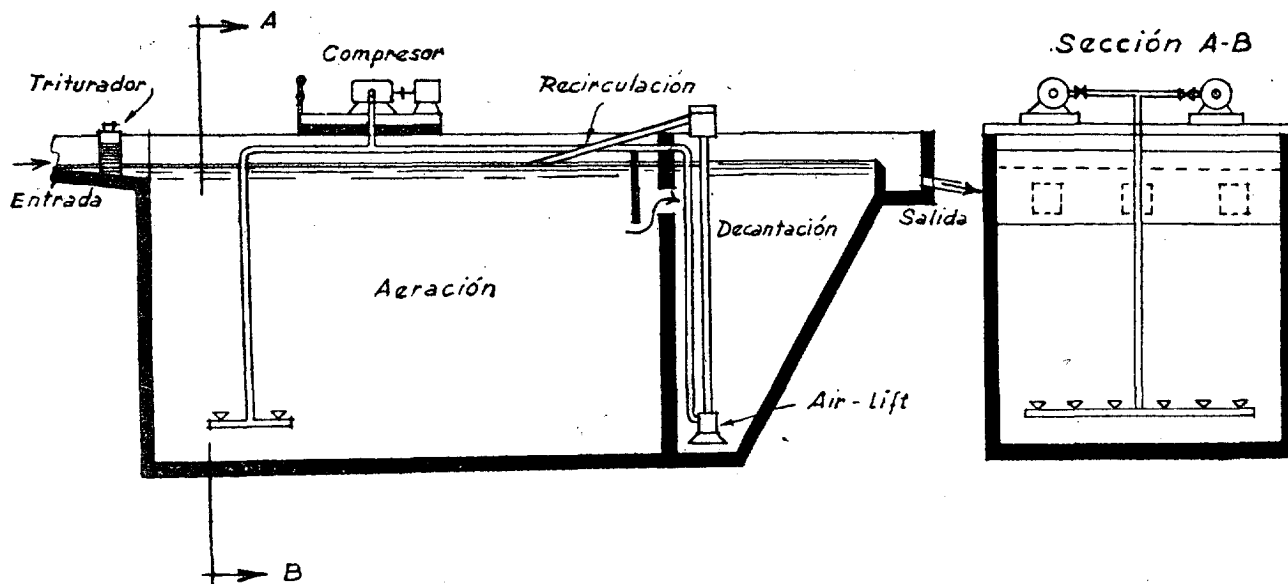


Fig. 2.^a—Oxidación total.

Las células biológicas tienen un período de vida en el que en su última fase viven de la asimilación de los alimentos almacenados. En esta fase, por tanto, se reduce la masa biológica; este es el fundamento de la digestión aerobia.

La representación gráfica de estos procesos viene reflejada en la figura 1.^a

Se observa una primera fase AB, durante la cual, la masa biológica se desarrolla enormemente (proliferación en forma logarítmica), con un gran poder de absorción que consigue una notable reducción en la DBO, tramo EG. Esta fase, que es la predominante en la variedad "high rate" de fangos activados, tiene, sin embargo, la desventaja de que las células tienen poco poder de adsorción (floculación) y la separación del agua y fangos se hace difícil. En la segunda fase BC, predominante en los sistemas convencionales de fangos activados, el crecimiento de las células es más lenta (crecimiento lento), consiguiéndose un incremento en la reducción de la DBO correspondiente al tramo GH. En esta fase, las células tienen un gran poder de adsorción, por lo que se separan bien los fangos del agua. En la tercera fase CD, la masa biológica se reduce por respiración endógena, no asimila alimentos del exterior, de aquí que no haya un incremento apreciable en la reducción de la DBO, tramo HI. Esta es la fase predominante en el proceso de aeración prolongada. El poder de adsorción de los fangos residuales procedentes de esta similitud endógena es regular.

De acuerdo con esta visión panorámica de la depuración biológica, por fangos activados, vamos a reducir ahora las bases de funcionamiento y de diseño de la aeración prolongada. Dos secciones de un aparato de depuración de este tipo se representan esquemáticamente en la figura 2.^a

Tiempo de aeración.—Como se ve, la aeración prolongada requiere estanques de aeración de gran capacidad, al menos tres o cuatro veces superior al que precisan los procedimientos convencionales. Generalmente se diseña para un mínimo de veinticuatro horas de retención en aeración, y de cuatro a seis horas de decantación.

Carga de DBO.—Las cargas de DBO que se aplican por unidad de masa de fangos es pequeña, oscilan entre 0,02 y 0,04 kilos de DBO

por kilo de fangos (fangos totales en la zona de aeración). La concentración de fango en el estanque de aeración varía de 1.500 mg./l. a 8.000 mg./l., si bien el equilibrio se establece alrededor de los 6.000 mg./l. De estos datos se deduce que no conviene superar de 0,25 a 0,3 kilos de DBO por m.³ de estanque de aeración.

Rendimiento de depuración.—El rendimiento de eliminación de DBO es máximo, consiguiéndose alcanzar el 90 por 100 o más.

Consumo de aire y energía.—Los análisis de los datos de aeración señalan que se absorben del orden de 1,5 a 1,8 kilos de oxígeno por kilo de DBO a depurar. Considerando que un m.³ de aire tiene del orden de 285 gramos y que el rendimiento de difusión de oxígeno en la masa líquida oscila entre el 5 por 100 y el 10 por 100, según el tamaño de las burbujas de aire que suministran las boquillas difusoras, resulta que el caudal de aire preciso oscila entre 65 y 125 m.³ por kilo de DBO. En general se admite para las boquillas normales, insuflando a una profundidad de unos 3,5 metros un rendimiento del 6 por 100, con lo que el caudal de aire a suministrar está alrededor de los 100 m.³ por kilo de DBO eliminado.

Considerando que la profundidad de los estanques de aeración está próxima a los 3,5 metros y que para esta profundidad se consume un kilovatio por hora por unos 57 m.³ de aire insuflado resulta que el consumo de energía es de 1,9 kilovatios por hora por kilo DBO eliminado. Este consumo es del orden de diez veces el de una instalación clásica con filtro bacteriano o triple del que precisan una instalación de fangos activados.

Producción de fangos residuales.—Esta es la característica ventajosa de la oxidación prolongada, a la que se da un gran énfasis en todos los *slogans* comerciales, algunos de los cuales llegan a decir que en estas plantas no se producen fangos. Por este motivo vamos a estudiar con detenimiento este punto.

Sabemos que las aguas residuales urbanas arrastran consigo materias, tanto en suspensión, estado coloidal o disuelto. La cantidad media de estas materias, así como su estado e influencia sobre el DBO por habitante, en redes separativas para Europa, se consignan en la tabla siguiente, expresándose los valores en gramos:

	Minera- les	Orgáni- cos	Totales	DBO ₅ — 20
Materias en suspensión decantables en dos horas.	20	40	60	19
Materias en suspensión no decantables.	10	20	30	12
Materias disueltas.	50	50	100	23
<i>Totales.</i>	80	100	190	55

Los fangos residuales en exceso por habitante que se producirán en estas plantas de aeración prolongada estarán constituidas por:

- 1.º Sólidos minerales que decantan.
- 2.º Materias orgánicas no biodegradables que decantan.
- 3.º Materias residuales procedentes de las células biológicas que realizan la depuración.

Vamos a calcular cada uno de estos valores:

Punto núm. 1.—Está claro que son 20 gramos.

Punto núm. 2.—Aproximadamente son el 40 al 50 por 100 de las materias orgánicas sedimentadas; es decir, $0,45 \times 40 = 18$ gramos.

Punto núm. 3.—Esta es la parte más complicada de calcular. Está compuesta por la suma de los fangos producidos por la oxidación de las materias orgánicas biodegradables que decantan y por los procedentes de la asimilación biológica de las materias orgánicas no decantables y disueltas.

Para calcular estos valores se parte del siguiente dato: un kilo de DBO en su asimilación biológica produce 0,7 kilos de fango activado que a su vez al ser oxidado de forma prolongada deja 0,14 kilos de fango residual.

Kilos de DBO eliminados por habitante con un rendimiento del 90 por 100:

$$0,9 (0,019 + 0,012 + 0,023) = 0,05 \text{ kilos.}$$

Fango producido:

$$0,14 \times 0,05 = 0,007 \text{ kilos.}$$

Luego en total se producen $20 + 18 + 7 = 45$ gramos de fango residual. Sumando a estos fangos los 10 gramos de materias minerales no decantables, y aproximadamente siete de las orgánicas no biodegradables y no decantables, dan un total de 62 gramos de residuos sólidos por habitante, que sobre una dotación de 200

litros supone que el efluente, en el caso de no realizar ninguna purga del sistema, contendría 310 mg./l. de materias en suspensión.

Esta cifra no es admitida por ninguna reglamentación de vertidos, siendo lo normal exigir en el vertido de 60 a 100 mg./l. de materias en suspensión, según la clasificación del río.

De aquí se deduce que las plantas de oxidación prolongada no deben funcionar sin que se realice una purga de fangos.

Ahora bien, este sistema de depuración funciona con una concentración de fangos biológicos en el estanque de aeración desde 1.500 miligramos/l. a 8.000 mg./l. Entonces no es preciso realizar purgas diarias, sino que los fangos producidos se van acumulando en el estanque de aeración hasta que la concentración en el mismo alcanza los 8.000 mg./l., y es entonces cuando hay que realizar una purga de desconcentración para iniciar de nuevo en los 1.500 mg./l.

Vamos a calcular de forma aproximada cada cuánto tiempo es preciso realizar esta purga y la cantidad de fangos a extraer, partiendo de que se admite en el efluente depurado 100 miligramos/l. de materias en suspensión.

Fangos almacenados por habitante y día:

$$62 - \frac{200 \times 100}{1000} = 42 \text{ gramos.}$$

Días de almacenamiento:

$$\frac{(8000 - 1500) 200}{42 \times 100} = 31 \text{ días.}$$

Peso de fangos secos a eliminar por cada habitante:

$$31 \times 42 = 1\,300 \text{ gramos.}$$

Considerando que estos fangos salen con un 98 por 100 de humedad, el volumen será de unos 65 litros. Estos fangos no tienen ningún olor y drenan muy bien, siendo éstas las características ventajosas del sistema.

Como resumen podemos decir que el porcentaje de fangos que se producen en el sistema de aireación prolongada es tan sólo del orden de un 20 por 100 inferior al que se produce en un sistema en el que los fangos se someten a una digestión anaerobia.

BIBLIOGRAFIA

- "Extended Aeration and High Rate Treatment", *Water Works and Wastes Engineering*, diciembre 1965.
- "Theory and Practice of Activated Sludge Process Modifications", *Water and Sewage Works*, abril 1961.
- "Aerobic Digestion Factor Affecting Design", *Water and Sewage Works*, Reference Number, 1965.