Eficiencia del plan de tratamiento de agua residual - PTAR

En el presente documento estudie dos ejemplos que sirven para comprender y desarrollar el diseño de la PTAR.

Ejemplo 1:

Caudal de vertimiento continuo:
Q= 0,05L/s

Concentraciones iniciales:
CDBO= 444,44mg/L
CSST= 555,55mg/L

Eficiencia del sistema anaerobio:
DBO: 40%
SST: 60%

Eficiencia del sistema de filtración FAFA:
DBO: 67%
SST: 50%

Desarrollo de los cálculos:
En primera instancia se calculan las cargas contaminantes iniciales:
Cc= Q x C x 0.0036 x t

Entonces:
Cc DBO= 0,05L/s x 444,44mg/L x 0.0036 x 24 h
Cc DBO= 1,92 Kg/día
Nota: el vertimiento es continuo por lo cual se le asigna un tiempo de descarga de 24 horas al día.

Cc SST= 0,05L/s x 555,55mg/Lx 0.0036 x 24 h
Cc SST= 2,4 Kg/día

Para calcular la remoción del tren de tratamiento se realiza el siguiente cálculo:
R= Cc x Ef

Donde:
R= Remoción de la unidad de tratamiento
Ef= porcentaje de la eficiencia en fracción decimal por parámetro

Para calcular la deficiencia en remoción del tren de tratamiento se realiza el siguiente cálculo:
DR= Cc x Def

Donde:
R= Deficiencia en remoción de la unidad de tratamiento
Def= porcentaje que no removió la unidad de tratamiento en fracción decimal por parámetro

Entonces:
Remoción en carga contaminante para los tanques anaerobios:
R DBO= 1,92 Kg/día x 0,40 = 0,76Kg/día (en remoción)
R SST= 2,4Kg/día x 0,60 = 1,44Kg/día (en remoción)

La deficiencia de la remoción seria entonces:
DR DBO= 1,92Kg/día x 0,60 = 1,15Kg/día (no removidos)
DR SST= 2,4Kg/día x 0,40= 0,96kg/día (no removidos)

Remoción en carga contaminante para los filtros anaerobios:
R DBO= 1,15Kg/día x 0,67= 0,77Kg/día (en remoción)
R SST= 0,96Kg/día x 0,50 = 0,48Kg/día (en remoción)

La deficiencia de la remoción sería entonces:
DR DBO= 1,15Kg/día x 0,33 = 0,38Kg/día (no removidos)
DR SST= 0,96Kg/día x 0,50= 0,48kg/día (no removidos)
Nota: el valor de la carga contaminante es la DR (Cc no removida) de la unidad de tratamiento anterior.

Para calcular la eficiencia Total de la planta de tratamiento se realiza el siguiente cálculo:
ET= (Ci – Cf)/ Ci) x 100
Nota: para calcular la concentración final se debe tomar la misma fórmula de carga contaminante y despejar C.

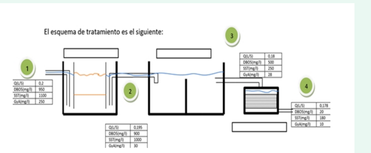
Entonces:
ET DBO= ((444,44mg/L - 87,96mg/L)/ 444,44mg/L) x 100
ET DBO= 80,2%
ET= ((555,55mg/L - 111,1mg/L)/ 555,55mg/L) x 100
ETSST= 80,0%

Ejemplo 2:

En una empresa de alimentos se cuenta con un sistema de tratamiento, consistente en las siguientes unidades:

Trampa de grasas, sedimentador y filtro percolador, ver figura.

Figura 49 Intercambio iónico para el tratamiento de efluentes



Nota. CGI SENA. (2018). Guía de vertimientos tecnología en control ambiental.

El sistema de tratamiento opera en forma continua durante 8 horas cada día en las tres unidades, y con el fin de establecer la eficiencia de tratamiento de cada unidad y del sistema de tratamiento general se tomaron muestras de agua antes y después de cada unidad de tratamiento, cuyos resultados se muestran en los cuadros identificados por un número.

El encargado de la planta desea verificar dichas eficiencias, para lo cual realizará las siguientes actividades propuestas:

1. Identifique cada unidad colocando su nombre sobre el espacio en cada una de ellas.
• PRIMER EQUIPO: Trampa de grasas
• SEGUNDO EQUIPO: Sedimentador
• TERCER EQUIPO: Filtro percolador

2. Diligencie el siguiente cuadro con las cargas contaminantes solicitadas, ver tabla.

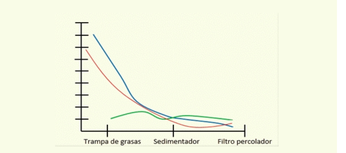
Tabla 3 Cuadro de cargas contaminantes de las sustancias presentes en el agua en cada tratamiento resuelto el ejercicio

CORRIENTE	CC_{DBO}(Kg/día)	CC_{SST}(Kg/día)	CC_{GYA}(Kg/día)
1. Agua sin tartar	16,416	19,008	4,32
2. Salida trampa de grasas	15,1632	16,848	0,505
3. Salida sedimentador	7,776	3,888	0,4355
4. Salida filtro percolador	0,3075	2,7682	0,1537

Nota. Triana, D. (2020.) Cuadro de cargas contaminantes resuelto.

3. Realice un gráfico de carga contaminante vs. corriente, utilizando un color distinto para cada contaminante y concluya sobre la evolución de cada contaminante en la medida que fluye de un tratamiento.

Figura 58 Gráfico de carga contaminante vs corriente



Nota. Triana, D. (2020). Carga contaminante vs. corriente.

4. Determine las eficiencias de remoción de cada contaminante en cada unidad, diligenciando el siguiente cuadro resumen:

Tabla 4 Porcentajes de remoción o de eficiencias de remoción

UNIDAD	% Remoción de DBO5	% Remoción SST	% Remoción GYA
Trampa de Grasas	7,33 %	11,36 %	88,31 %
Sedimentador	48,71 %	76,92 %	13,76 %
Filtro Percolador	96,04 %	28,80 %	64,70 %

Nota. Triana, D. (2020). Cuadro de porcentajes de remoción o de eficiencias de remoción resueltos

5. Concluye el operario, cuáles unidades fueron más eficientes en la remoción de los distintos contaminantes.

Analizando los porcentajes de resultados, se evidencia que en el proceso de tratamiento del agua que se lleva a cabo en las tres diferentes maquinas los porcentajes de Eficiencia se llevan de la siguiente manera. Para la trampa de grasas el contaminante que se redujo de manera eficiente fue el de remoción de GYA con un 88,31 %, para el sedimentador fue con el 76,92 % de remoción de SST y para el filtro percolador de 96,04 % en la remoción de DBO5.

Tabla 5 Eficiencia total de la PTAR

AFLUENTE			EFLUENTE		EFICIENCIA TOTAL (%)
PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN	CARGA	CONCENTRACIÓN	CARGA	
DBO5	kg/día	16,416	kg/día	0,3075	98,12
SST	kg/día	19,008	kg/día	2,768	85,43
GyA	kg/día	4,32	kg/día	0,1537	96,44
					XT= 93,33 %

Nota. Triana, D. (2020). Cuadro de eficiencia total de la PTAR resuelta

Equipos hidráulicos, mecánicos, eléctricos y de control

Los equipos para el control de lodos suelen ser muy variados, pues pueden clasificarse según su principio básico de funcionamiento. Los tipos de equipos y sus características específicas, guardan relación directa con el tamaño y proporción de las partículas tratadas, su localización, el espacio de los lodos y las cantidades de lodo que se manejan.

• Espesador de lodos

El proceso de espesado de fangos consiste en eliminar de manera continua todos los sólidos sedimentables existentes en un determinado caudal de líquido, mediante el bombeo lento de la mezcla de fangos procedente del Decantador Primario o Secundario, consiguiendose un aumento considerable de la concentración de fangos. Estos fangos son enviados posteriormente a deshidratación, y el agua es bombeada a la arqueta de llegada (Hidromatika, s.f.).

Figura 67 Espesador de lodos

Nota. Hidromatika (s.f.).

El espesamiento de los lodos se consigue gracias a una reducción del volumen de aproximadamente un 30 - 80 %, antes de cualquier otro tratamiento. En los depósitos de tratamiento de menor tamaño, por alimentación regular de lodo, el espesamiento tiene lugar generalmente directa en el tanque de almacenamiento de los lodos. El lodo no comprimido en la base del tanque mediante la gravedad, mientras en la parte superior se produce una capa de agua que se extrae y recircula nuevamente (Spanp Group, s.f.).

En las plantas de tratamiento de mayor tamaño existen tanques especiales de espesamiento de lodos. Estos tanques están equipados con rodillos de rotación vertical, que crea micro canales en el lodo para un mejor escurrido. La importancia de los mayores de espesamiento tiene lugar en aquellos lodos no estabilizados, ya que pueden pudrirse durante el almacenamiento (Spanp Group, s.f.).

Figura 68 Espesador de lodos

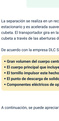
Nota. Nota. Spanp Group. (s.f).

Los espesadores de fangos lo confieren por promovidamente en un tanque, generalmente de hormigón, de planta circular, donde se provoca la sedimentación de los sólidos contenidos en la mezcla de fangos procedente de la planta. El espesador está provisto de un puente que gira muy lentamente, arrastrando los fangos a la parte inferior del mismo donde se incorporan la proporción de materia sólida y zonas barredoras los enxacan. Una estructura parte arma de pasarela y de apoyo a todo el conjunto. (Hidro metálica, s.f.).

Fundamentalmente existen dos tipos de espesadores:

- **Espesador de fangos por gravedad**: Está constituido en su conjunto por un sistema de accionamiento, que de transmisión, tirantes de espesamiento, Rasquetas de poceta, distribuidor, alrededor y pasarela. (Hidro metálica, s.f.).

Figura 69 Espesador de fangos por gravedad



Nota. Hidromatika (s.f).

- **Espesador de fangos por flotación**: el proceso en estos espesadores consiste en inyectar agua presurizada obligando a la mezcla de fangos a ascender a la parte superior del espesador. Los sólidos que se encuentran en suspensión, son arrastrados por estas burbujas por un tiempo lento. Es característica que simultaneamente con ellas se desprenderán en la fabrica de entrada al flotador, caja de control de carga montada sobre la caja reductora y con agua inductora, panel de control de aire de presurización donde se colocan válvula reductora de presión, válvula de regulación del caudal de aire y manómetro, cabina de presurización para difusión de aire en el agua, con calculadora y manómetro, tornillo sinfín, para extracción de grasas y flotantes. (Hidro metálica, s.f.).

Figura 70 Espesador de fangos por flotación

Nota. Hidromatika (s.f).

• Centrífuga

La centrífuga funciona de manera continua con un recipiente horizontal de paredes sólidas desarrollado específicamente para satisfacer los requisitos de deshidratación de lodos residuales industriales y urbanos. El lodoalto presente en diurlo alterto con decaqua por gravedad de la fase de acelerado. GEA. (2020).

Figura 71 Centrífuga

Nota. GEA. (2020). Decantador waterthaster de GEA.

La separación se realiza en un recipiente cilíndrico horizontal equipado con un transportador de tornillo. La alimentación entra en la cuba a través de un tubo de entrada estacionario y es acelerado suavemente por un distribuidor de entrada. La fuerza centrífuga que resulta de la rotación causa sedimentación de los sólidos en la pared de la cubata. El transportador gira en la misma dirección que la cubata, pero con un poco más lento, movimiento del lo sólidos hacia el extremo cónico de la cubata. La torta sale de la cubata a través de las aberturas del descarga de sólidos. (ALDEC, 2019).

De acuerdo con la empresa D.C.S.A, los equipos poseen los siguientes cualidades:

- **Gran volumen del cesto central, ofrecen fuerza centrífuga disponible.**
- **El cuerpo principal que incluye la caja colectora está hecho en acero inoxidable.**
- **El tornillo impulsor ante hecho en acero inoxidable con abrasión-resistencia con capa opcional en cerámica.**
- **El punto de descarga de sólidos está protegido por un anillo de abrasión carburo tungsteno o cerámica**
- **Componentes electrónicos de operación integral. (DLC, pág. 1).**

A continuación, se puede apreciar el funcionamiento a nivel interno de un sistema de centrífuga en cuanto a la concentración, separación y deshidratación de lodos:

Figura 72 Centrífuga

Nota. DLC. (2017). Decanter centrifuge for sludge treatment. Directiva de calidad. https://www.dlc.com/sem-decanter-centrifuge-for-sludge-treatment

• Ordenación hómeda

La materia orgánica se convertida a compuestos orgánicos más simples que posteriormente son oxidados y convertidos a CO2 y H2O, en ambiente de NOx SO2, HCl, dioxinas, furanos, etc., con lo que se consigue una eliminación de la toxicidad del agua residual. La utilización de catalizadores heterogéneos en la ordenación hómeda, aparte de disminuir drásticamente las condiciones de presión y temperatura, se presenta como un método rápido, eficiente y limpio, debido a la fácil recuperación del catalizador. (Universidad complutense de Madrid, s.f.).

Nota. Q. complutense de Madrid. Ordenación hómeda de compuestos autotrofos con flujo descendente (TBR).

En este proceso, que se desarrolla en fase líquida, las sustancias orgánicas son degradadas, en mayor o menor extensión, según las condiciones de presión y temperatura aplicadas. También influyen el tipo de oxidante y su concentración. Se trata a cabo a temperaturas (70-350°C) y presiones (10-200 atm) elevadas. Se suele utilizar una fase gaseosa de oxígeno o aire, aunque también se pueden emplear mezclas con. La solubilidad del oxígeno en soluciones acuosas es próxima a altas temperaturas y presiones, lo que proporciona una elevada fuerza impulsora para la oxidación.

También se potencia la difusión del oxígeno y de los compuestos orgánicos en estas condiciones. Así, ocurre que la mayoría de los contaminantes son oxidados completamente. Las altas presiones son necesarias mantener el agua en este estado líquido. El agua, a su vez, es un medio apropiado para la transmisión de calor, y tiene el poder de regular del calor, eliminando el exceso de este por vaporización. (Universidad complutense de Madrid, s.f.).

El proceso de ordenación hómeda pasa a ser termicamente auto sostenido cuando la demanda química de oxígeno (DQO) del agua tratada excede los 20g/L, y si la DQO del alimento es suficientemente alta puede incluso convertirse en un proceso con producción neta de energía. El grado de ordenación en función de la temperatura, presión parcial de oxígeno, tiempo de residencia en el reactor, y de la estructura molecular de los contaminantes considerados. Una ordenación completa conducirá a la formación de CO2 y agua, así como a una eliminación de la toxicidad. La utilización de catalizadores en el proceso de ordenación hómeda reduce drásticamente las condiciones de presión y temperatura aplicadas para la ordenación de la materia orgánica. (Universidad complutense de Madrid, s.f.).

• Filtro prensa

El equipo Filtro Prensa es un separador de líquidos y sólidos a través de filtración por presión. Utiliza un método simple para lograr la compactación. Es capaz de comprimir y deshidratar sólidos y obtener humedades inferiores al 80%. Se fabrica en acero al carbón con recubrimiento de pintura epóxica de alta resistencia. Las placas filtrantes desmontables están hechas de polipropileno. Cuenta con un sistema de prensado (bombeo) automático. Los ciclos, tiempo de llenado y compactación de lodo dependen del contenido de sólidos y del volumen de lodo a filtrar diariamente. (S.C.S.A.S.L, s. f.).

Nota. Sutec (s.f.). Filtro prensa. https://www.grupo-sutec.com/mesilauteu/deshidratacion-de-lodos/filtropresa.htm

El lodo es bombeado a través de cámaras cubiertas por telas filtrantes. Al bombear, la presión aumenta y fuerza al lodo a circular, provocando que los sólidos se acumulen y formen una pasta. El platón (lado hidráulico empuja la placa móvil de acero procurando el prensado de las placas de polipropileno. Luego esta es fácilmente removida y hacinada retrocediendo el platón, permitiendo que la pasta compactada descanse en un sistema de tolva, que se fabrica de manipule para el retiro del lodo. Las placas del filtro prensa están hechas de polipropileno. Estas placas están manejadas bajo presión y movilizadas de una sola pieza. Este proceso hace una placa de alta calidad y rendimiento. Estas Prensas de el efectos para la canalización del fluido hidráulico.

DLC S.A (s.f.). Filtro prensa. Pag. 16. https://www.dlc.cl/wp-content/themes/dlc/archivos/filtros.pdf

De acuerdo con DLC S.A, dentro de las aguas residuales el filtro es ideal para lodos con las siguientes características:

- **Lodo orgánico hidrofílico**: acondicionamiento orgánico no necesario para la conseguir una pasta satisfactoria que no se adhiera a las membranas del filtro.
- **Lodo inorgánico hidrofílico**: el filtro prensa generalmente requiere la adición de arcilla únicamente.
- **Lodo inorgánico hidrofílico**: el filtro prensa requiere cal y cloruro férrico para obtener un rendimiento de acondicionamiento preliminar.
- **Lodo aceitoso**: el filtro prensa se puede utilizar para el tratamiento de lodo que contiene aceites ligeros, la presencia de grasas puede generar una operación más suave del filtro, aunque las membranas deben desengrasarse a intervalos frecuentes. (DLC, pág. 16).

• Lecho de secado

Los lechos, eras o canchas de secado son el método de deshidratación de lodo más empleado. Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez eras, el lodo se retira y se evacua a vertederos controlados o a aplicación agronómicadar de suelos. Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final. Se utilizan cuatro tipos de secadas de lecho: (1) convencionales de arena; (2) permeabilizadas; (3) de medio artificial; y (4) por vacío. (Aguamarket, 2017).

Figura 74 Filtropresa

Nota. Sutec (s.f.). Filtro prensa. https://www.grupo-sutec.com/mesilauteu/deshidratacion-de-lodos/filtropresa.htm

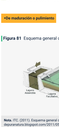
Figura 75 Filtropresa

Nota. Sutec (s.f.). Filtro prensa. https://www.grupo-sutec.com/mesilauteu/deshidratacion-de-lodos/filtropresa.htm

Figura 76 Lecho de secado

Nota. Kiss. SAM. (S.f.). Lechos de secado. https://www.kiss-sam.com/maquinas-de-secado/

Figura 77 Lecho de secado



Nota. Aguamarket (s.f.). Lecho de secado. http://www.smenia.gob.pe/BIBF/Documentos_SEA/modulo4/TN-SECCIONA2SV14.14-MONOGRAFI_manual.pdf

Los lechos de arena de mayores espesores sobrestiman el proceso de drenaje. La arena no debe tener un coeficiente de uniformidad superior a 4,5 y debe tener un tamaño efectivo de grano comprendido entre 0,3 y 0,75 mm. La superficie de secado se dividen en canchas individuales de aproximadamente 6 m de ancho por 30 m de longitud, y de dimensiones tales que el ciclo de carga normal permita el llenado de una a dos de ellas. Las separaciones internas suelen consistir en dos o tres tabiques cinesoidales, y están colocadas una encima de la otra, hasta una altura de 300 a 460 mm, apoyadas en las ranuras de unos postes de hormigón prefabricado. Las paredes permeables pueden ser de igual construcción, o bien ser terraplenes de tierra en el caso de canchas descubiertas, pero convendrá que los muros de la (inmersión sean de hormigón como que de las canchas sean cubiertas (Aguamarket, 2017).

Las tuberías de conducción del lodo a las canchas deben estar diseñadas para una velocidad no por lo menos, 0,75 m/s. Normalmente, se utilizan tuberías de fundición o de plástico. Se deben tener medidas para permitir la limpieza de las conducciones y casos de ser necesario, para evitar que se hielen en climas fríos. Para desviar el caudal de fango hacia la cancha elegida, es necesario disponer de aparatos de distribución.

Enfrente de las salidas del lodo se colocan unas placas deflectoras para favorecer la distribución de aquel sobre la superficie de secado, para evitar las salpicaduras y la erosión de la arena. El lodo se puede extraer de las canchas después de que haya secado y demasiado suficientemente para ser palatable. El lodo seco posee una textura grasa y agrietada y de color negro o marrón oscuro. El contenido de humedad, después de 10 a 15 días en condiciones favorables, es del orden del 60%. La extracción del lodo se realiza manualmente con palas, carretillas o cantoneras, o mediante una pala neumática o cargador frontal (Aguamarket, 2017).

• Lagunas de oxidación

Las lagunas de oxidación o de estabilización, son depósitos construidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un periodo determinado. El mayor sencillo del agua residual y la eficiencia energética, son sus principales características. (Trabamento de agua, 2016).

Las lagunas se pueden clasificar por su acción biológica dominante resultando los siguientes tipo:

Figura 78 Laguna de oxidación

Nota. Fibras y normas de Colombia SAS (s.f). Laguna de oxidación. https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/

• Lagunas anaerobias

Este tipo de lagunas reciben aguas residuales que han sido sometidas a un tratamiento previo y que contienen pocas concentraciones de sólidos en suspensión; en ellas, no produce la degradación de la materia orgánica, se caracterizan por ser lagunas poco profundas (1 a 2,5 metros) y suelen tener tiempos de residencias elevados (20 a 30 días). Las lagunas anaerobias son diseñadas, según el método de elección, en anaerobias, aerobias o sumineadas por anaerobias o mixto de la interface aire-agua y por la actividad fotosintética de las algas, y también por la cantidad de materia orgánica que se quiere eliminar. Las lagunas anaerobias suelen tener una profundidad entre 2,5 y 5 metros y un tiempo de retención entre 2 y 5 días.

La estabilización es este tipo de lagunas tiene lugar mediante la hidrólisis en donde los compuestos orgánicos complejos e insolubles se reducen con las moléculas de menor peso molecular y posteriormente se convierten en ácidos grasos, que son fermentados en formar ácidos en donde los compuestos orgánicos sencillos que se generan en la hidrólisis son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos, dando como resultado la conversión de estos compuestos en ácidos orgánicos volátiles. Y por último la formación de metano, una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias ataca a los convierten en metano y dióxido de carbono. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

Figura 79 Esquemas del diseño de una laguna de oxidación de tipo anaerobia

Nota. Fibras y normas de Colombia SAS (s.f). Esquemas del diseño de una laguna de oxidación. https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/

• Lagunas aerobias

El tratamiento se realiza mediante la acción de bacterias aerobias y se describe como un bioreactor que combina la sedimentación de sólidos y la acumulación de biomasa. Se caracterizan por ser lagunas de poca profundidad (0,3 metros) en la superficie y con formas extra suspendidas en el agua y alimentar tanto a los lodos sedimentados como el material suspendido. Las lagunas anaerobias suelen tener una profundidad entre 2,5 y 5 metros y un tiempo de retención entre 2 y 5 días.

La estabilización es este tipo de lagunas tiene lugar mediante la hidrólisis en donde los compuestos orgánicos complejos e insolubles se reducen con las moléculas de menor peso molecular y posteriormente se convierten en ácidos grasos, que son fermentados en formar ácidos en donde los compuestos orgánicos sencillos que se generan en la hidrólisis son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos, dando como resultado la conversión de estos compuestos en ácidos orgánicos volátiles. Y por último la formación de metano, una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias ataca a los convierten en metano y dióxido de carbono. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

Figura 80 Esquemas del diseño de una laguna de oxidación de tipo facultativa.

Nota. Fibras y normas de Colombia SAS (s.f). Esquemas del diseño de una laguna de oxidación de tipo facultativa. https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/

En este tipo de lagunas existen tres zonas:

- Una superficial donde existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica.
- Una zona intermedia parcialmente aerobia y anaerobia, los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobio, los materiales orgánicos sólidos se ordenan por la acción de las bacterias aerobias empleando el oxígeno generado por las algas presentes cerca de la superficie, el dióxido de carbono generado en el proceso de oxidación sirve como fuente de carbono por las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el CO2, H2S y el CH4.
- Zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

• De maduración o pulimento

Figura 81 Esquema general de un proceso de lagunaje

Nota. ITC. (2011). Esquema general de un proceso de lagunaje. http://depuradoras.blogspot.com/2011/05/lagunas-anaerobias.html

El término lagunaje de maduración o de pulimento se aplica a aquellas lagunas aerobias situadas en el último paso de los sistemas lagunares en serie o las unidades que mejorar el efluente de otros sistemas de tratamiento biológico. Este tipo de lagunas se emplean para reducir la carga de nutrientes y microorganismos patógenos. Además de su efecto desinfectante cumplen objetivos como son la clarificación del nitrógeno amoniacal, eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y generación de un efluente originado. Este tipo de lagunas se construyen con un tiempo de retención de 3 a 10 días y profundidades de 1 a 1,5 metros. (Fibras y normas de Colombia SAS, s.f.).

Se pueden establecer distintas combinaciones de los tipos de lagunas en función de las características del agua a tratar, de las exigencias del efluente y de disponibilidad de terreno, básicamente, para agua residual de origen doméstico, los sistemas más comunes son:

- **Facultativa + Aerobia**
- **Facultativa + Facultativa + Aerobia**
- **Anaerobia + Facultativa + Aerobia**
- **Anaerobia + Facultativa + Maduración**
- **Facultativa + Facultativa + Maduración**

En lagunas con cinco filas o donde las lagunas pueden cubrir con fácil diversificar el invierno, resulta interesante la utilización de lagunas en paralelo. Como se puede observar existen varias combinaciones para formar un sistema lagunar y debe ponderarse de manera adecuada el uso de estas. (Trabamento de agua, 2016).

Referencias bibliográficas

Aguamarket. (2017). Lecho de secado. AGUAMARKET. https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?id=1137&termin=Lecho
Fibras y normas de Colombia SAS (s.f.). Lagunas de oxidación. https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/definicion-y-caracteristicas-de-las-lagunas-de-oxidacion/
Hidro metálica. (s.f.). Espesador de fangos. HIDROMETÁLICA. https://hidrometalica.com/espesador-de-fangos/
Trabamento de agua. (2016). Lagunas de oxidación. https://www.trabamentodeagua.com/ins/lagunas-de-oxidacion-que-son/
Universidad Complutense de Madrid. Tratamiento de aguas residuales mediante ordenación hómeda. https://www.ucm.es/info/complutrem/tratamiento-de-aguas-residuales-mediante-ordenacion-homeda#:~:text=La%20ordenaci%C3%B3n%20H%C3%B3meda%20es%20un,%20una%20combustiones%20ex%20situ%20realizadas.