

# PROCESOS AEROBIOS

ANGIE LIZETH ROZO ROMERO - 20182180009

ANDRES STEVEN CELY GORDILLO - 20182180031

LAURA DAIANA MARTINEZ RODRIGUEZ - 20182180034

KAREN YOHANA OCHOA PARRA - 20182180050



# TABLA DE CONTENIDO



**01** Definición y principios de Operación Unitaria

**02** Aplicaciones en la Ingeniería Ambiental

**03** Equipos más usados y variables de diseño

**04** Ejercicio aplicación de balance de materia

# DEFINICIÓN

Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana con la ayuda de oxígeno (que actuará como aceptor de electrones en el proceso de oxidación),  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

Son aquellos procesos realizados por determinado grupo de microorganismos que, en presencia de Oxígeno, actúan sobre la materia orgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente.



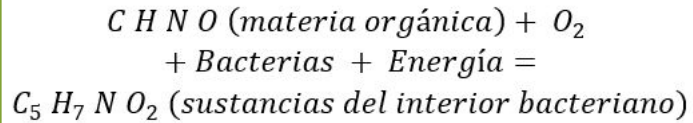
Imagen obtenida de: <https://hannainst.com.mx/boletines/oxigeno-adeecuado-para-los-procesos-aerobios/>

# PRINCIPIOS

## 1. Procesos de oxidación biológica

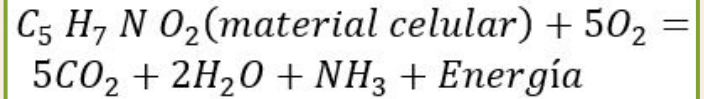
La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes.

$$\begin{aligned} & \textit{Materia orgánica} + \textit{Microorganismos} \\ & + \textit{Nutrientes} + O_2 = \\ & \textit{Productos Finales} + \\ & \textit{Nuevos microorganismos} + \textit{Energía} \end{aligned}$$



### 1.1. Reacciones de síntesis o asimilación

Consisten en la incorporación del alimento (materia orgánica y nutrientes) al interior de los microorganismos. Parte de este alimento es utilizado como fuente de energía.



### 1.2. Reacciones de oxidación y Respiración endógena.

Los microorganismos necesitan de energía para poder realizar sus funciones vitales, dicha energía la obtienen transformando la materia orgánica asimilada y aquella acumulada en forma de sustancias de reserva en gases, agua y nuevos productos.

A todo este conjunto de reacciones se les denomina de oxidación biológica, porque los microorganismos necesitan de oxígeno para realizarlas.

## 2. Factores que intervienen en la oxidación biológica

1

### Características del sustrato

Determinan el mejor o peor desarrollo de los microorganismos en este sistema.

2

### Nutrientes

A pesar de que muchos nutrientes se encuentran en el microorganismo sólo en pequeñas cantidades, son fundamentales para el desarrollo de la síntesis biológica.

3

### Aportación de Oxígeno

Para el desarrollo de las reacciones biológicas es necesario un medio aerobio, es decir, con oxígeno suficiente que permita el desarrollo y la respiración de los microorganismos aerobios.



Imagen obtenida de: [https://www.ecured.cu/Organismo\\_aerobio](https://www.ecured.cu/Organismo_aerobio)



4

### Temperatura

A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad con que los microorganismos degradan la materia orgánica, pero a partir de los 37°C, dichos organismos mueren.

5

### Salinidad

El contenido en sales disueltas no suele ser problemático para el desarrollo bacteriano en el proceso de fangos activos hasta concentraciones de 3 a 4 g/L. En los procesos de cultivos fijos (lechos bacterianos), la influencia es aún menor, no afectando valores que no superen los 15 g/L.

6

### Tóxicos o inhibidores

Existen una serie de sustancias orgánicas e inorgánicas que, a ciertas concentraciones, inhiben o impiden los procesos biológicos. Este tipo de sustancias, entre las que se encuentran los metales pesados, ejercen un efecto perjudicial sobre los microorganismos encargados de depurar el agua.

### 3. Procesos de Nitrificación-Desnitrificación

Son procesos llevados a cabo por determinados grupos de microorganismos bacterianos que se utilizan en aquellas plantas de tratamiento de aguas residuales, donde aparte de la eliminación de la materia orgánica se persigue la eliminación de nitrógeno.

#### 3.1. Proceso de Nitrificación

La nitrificación es el proceso en el que el nitrógeno orgánico y amoniacal se oxida, transformándose primero en nitrito y, posteriormente en nitrato. Estas reacciones las llevan a cabo bacterias muy especializadas, diferentes de aquellas que se encargan de degradar la materia orgánica del medio.



Imagen obtenida de:  
<https://www.univision.com/explora/que-son-las-bacterias-nitrificantes>

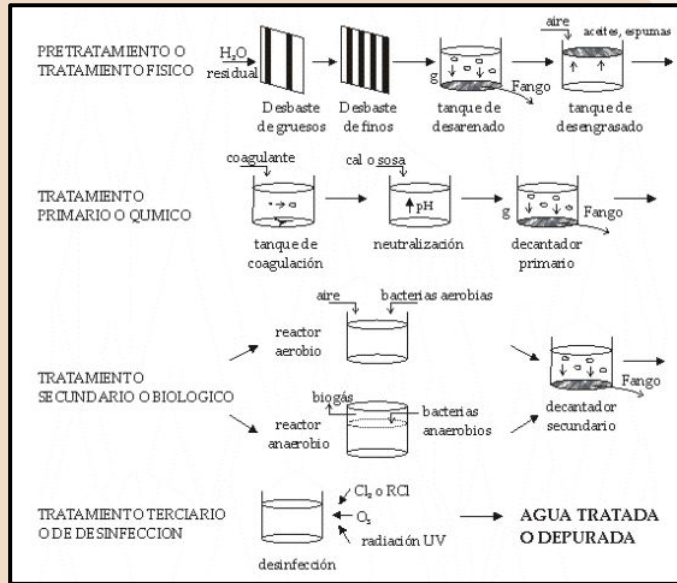
#### 3.2. Proceso de desnitrificación

La desnitrificación consiste en el paso de los nitratos a nitrógeno atmosférico, por la acción de un grupo de bacterias llamadas desnitrificantes. Dicha forma de nitrógeno tenderá a salir a la atmósfera, consiguiendo así, la eliminación de nitrógeno en el agua.



# APLICACIONES

## 1. Tratamiento de aguas residuales



### ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

# APLICACIONES

## 1. Tratamiento de aguas residuales



Imagen obtenida de:  
<https://www.wiki.sanitar.cs/wp-content/uploads/1914/04/BhUOSrOCMAErxa.jpg-large.jpeg>

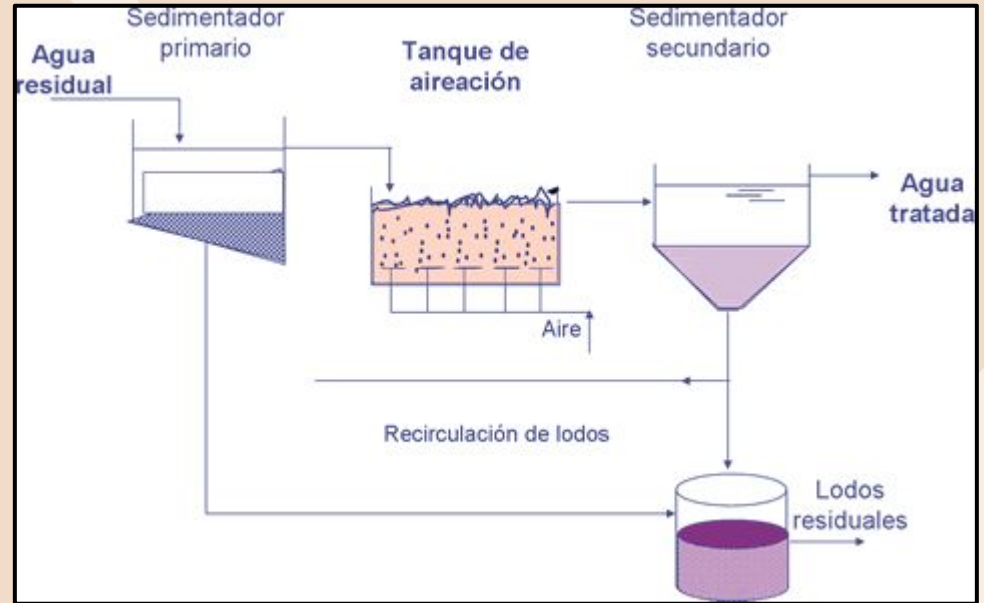


Imagen obtenida de: <https://www.monografias.com/trabajos74/lodos-activos/image002.png>

# APLICACIONES

## 1. Tratamiento de aguas residuales

*Zooglea*



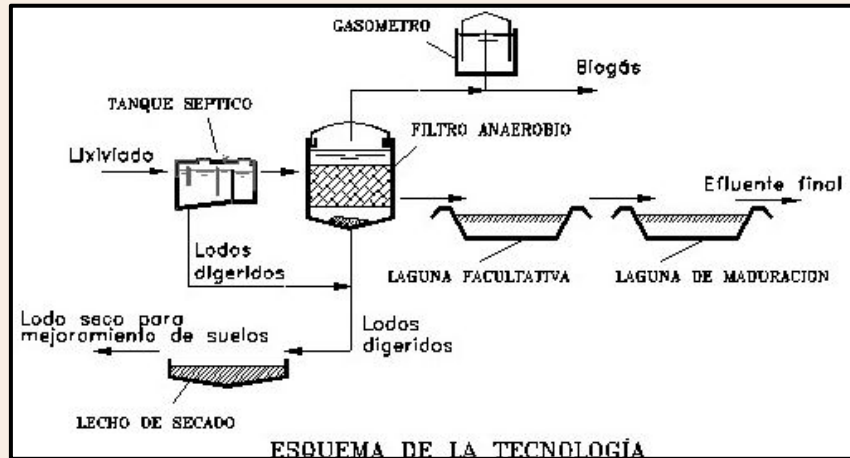
Imagen obtenida de:  
[https://live.staticflickr.com/6145/6021746844\\_7b66b6e84b\\_n.jpg](https://live.staticflickr.com/6145/6021746844_7b66b6e84b_n.jpg)

*Penicillium*



Imagen obtenida de:  
<https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/data/media/19/Esporangios-de-Penicillium-sp.-2137.jpg>

## 2. Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios



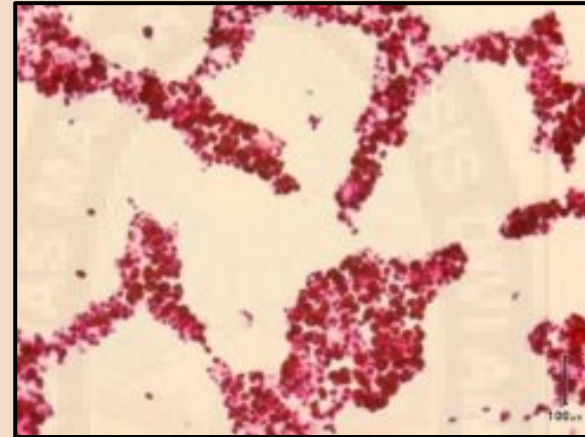
PARA BAJAS  
CONCENTRACIONES DE DBO

### 3. Microorganismos que Degradan Hexadecano Y Fenantreno De Pozos Abandonados Con Petróleo Mediante Procesos Aerobios Y Anaerobios



*ACUMULACIÓN PETRÓLEO EN POZO*

*SM4 - I TINCIÓN GRAM*





# EQUIPOS

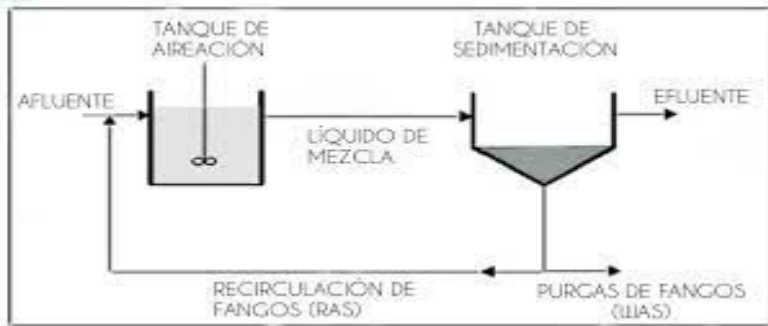
**1. REACTOR O TANQUE  
DE AIREACIÓN**

**2. SISTEMAS DE  
LAGUNAS AEROBIAS**

**3. FILTROS  
PERCOLADORES**

**4. FILTRO SUMERGIDO  
AEROBIO**

# REACTOR O TANQUE DE AIREACIÓN



Es una unidad de tratamiento en el cual es donde se desarrolla el proceso de lodos activados

- Su aireación se realiza mediante difusores de aire o aireadores mecánicos
- Los microorganismos están dispersos por todo el volumen de agua
- Convierten la materia orgánica disuelta en productos más simples (dióxido de carbono y agua) y nuevas bacterias

(Méndez, G., Sánchez, C., & Muyo, J., n.d.)



# SISTEMAS DE LAGUNAS AEROBIAS



Son estructuras artificiales de poca profundidad para la retención de volúmenes de aguas residuales.

- Simbiosis entre las algas y bacterias que ayudan a mantener la concentración de oxígeno disuelto en la laguna
- En lagunas donde no llega a ser suministrado suficiente oxígeno naturalmente se utilizan aireadores mecánicos
- Reduce la carga orgánica en las aguas residuales

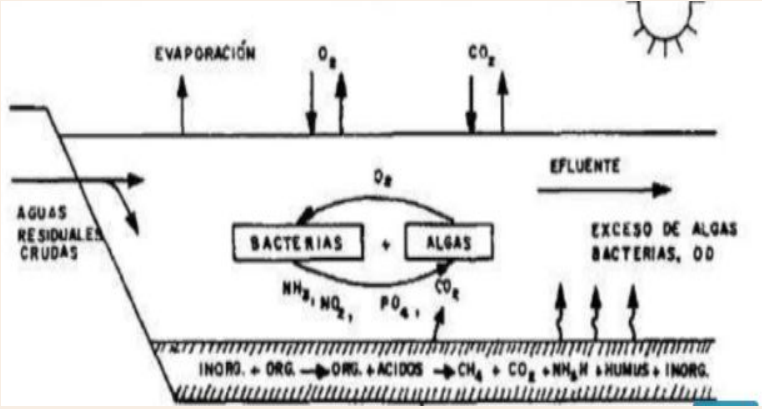
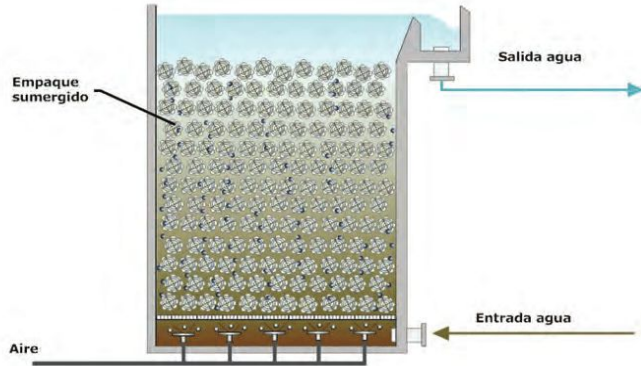


Figura 3: Lagunas aerobias. Tomado de <https://es.slideshare.net/karliiYiss/lagunas-de-estabilizacion>



# FILTROS PERCOLADORES y FILTRO SUMERGIDO AEROBIO



FsA\_ Es un tanque donde se encontrara donde hay un material de filtro de pequeño tamaño allí se adhieren los microorganismos

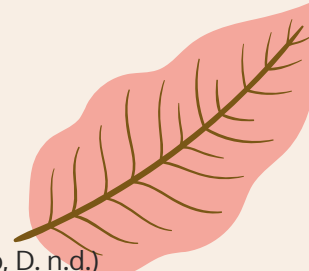
- El oxígeno debe ser incorporado al agua mediante difusores colocados en el fondo del reactor.

FP: Son sistemas que tienen un soporte en donde los microorganismos se adhieren y forman una biopelícula.

- la aireación se efectúa por convección natural, lo que significa que el aire fluye a través del medio de soporte
- Remueve DBO

(Zambrano, D. n.d.)

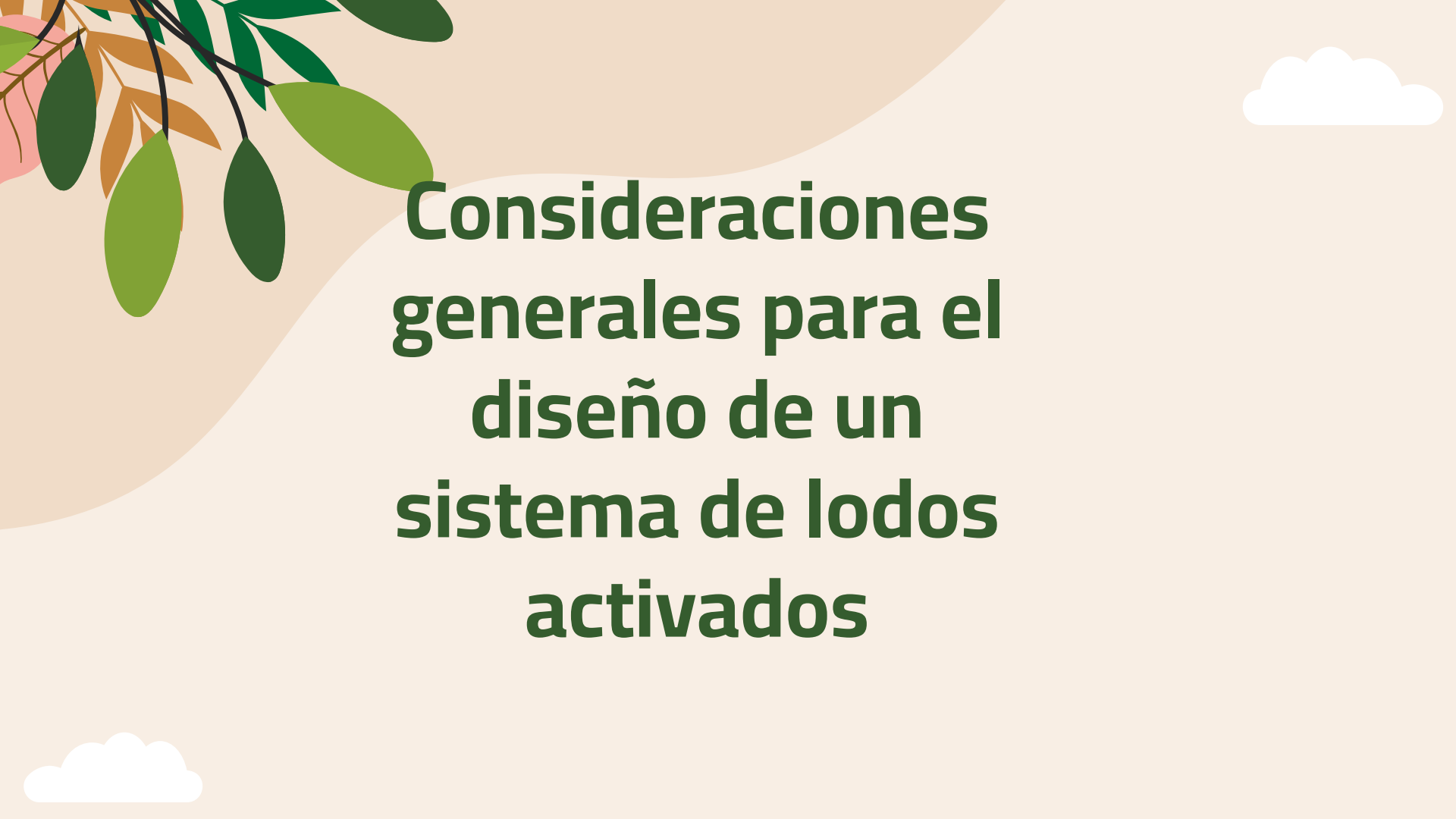
Figura 4: tipo de filtros aerobios. Tomado de <https://slideplayer.es/slide/5720867/>



The background features a light beige color with large, soft-edged organic shapes. On the left, there are clusters of green and brown leaves. On the right, there is a stylized globe showing green continents and blue oceans. Three white, fluffy clouds are scattered across the scene.

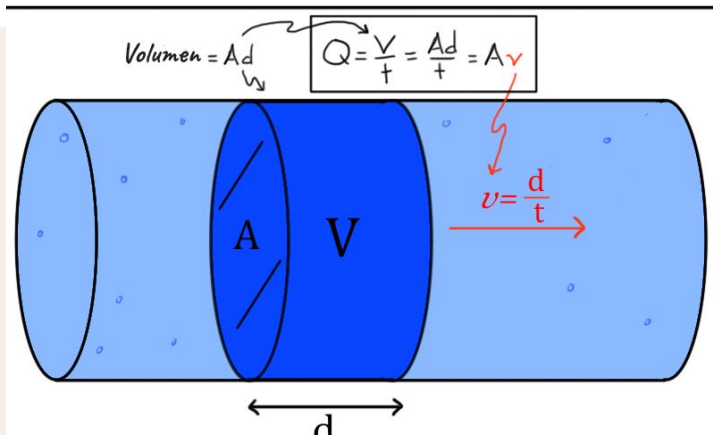
# 03 Variables de Diseño

3.2



# **Consideraciones generales para el diseño de un sistema de lodos activados**

# Regulación flujo de carga



<https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-volume-flow-rate>

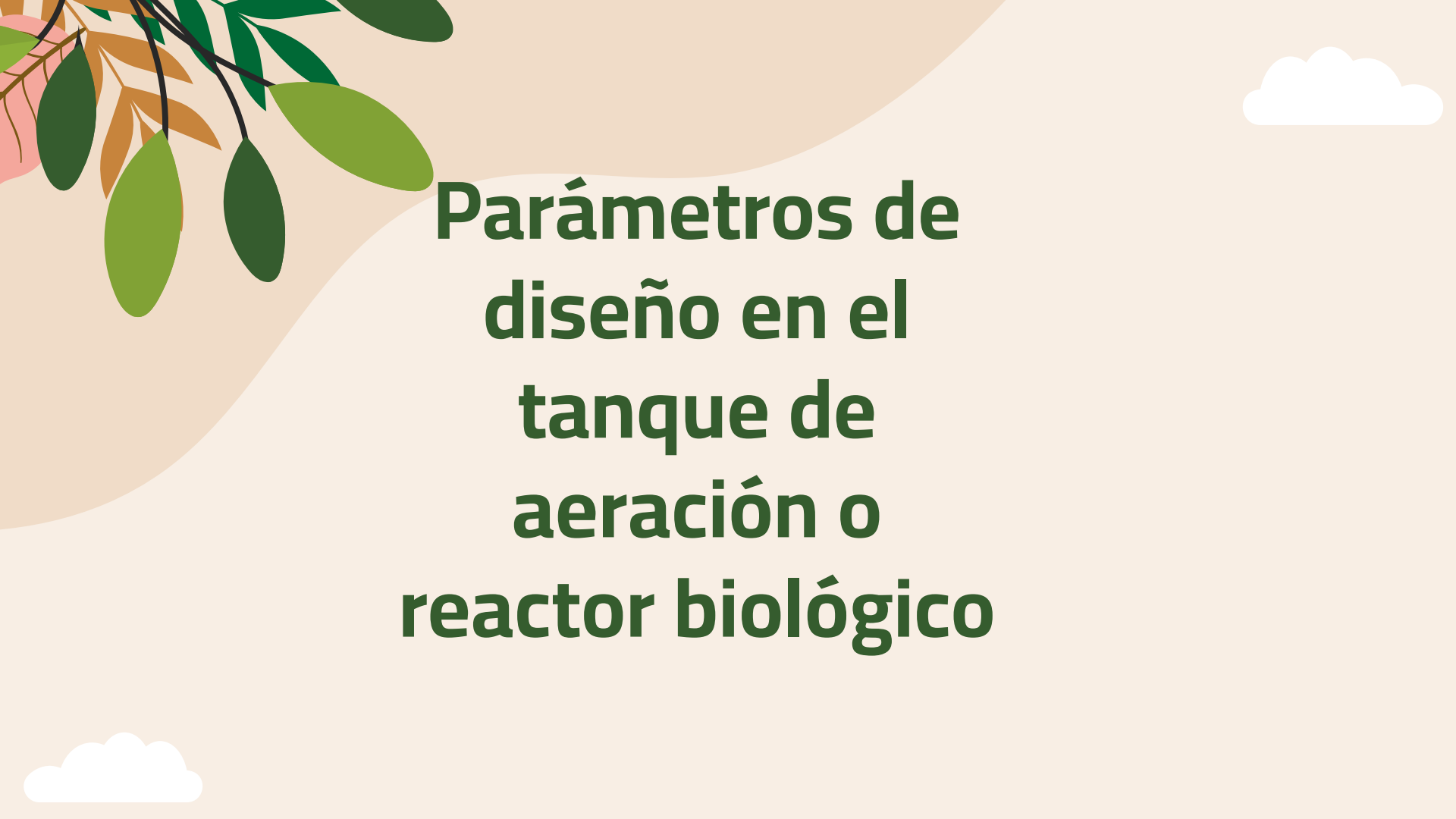
## Pretratamiento agua residual

La eficiencia de operación del sistema de lodos activados requiere del control de sustancias tóxicas, y de otros contaminantes tales como ácidos y bases, grasas y aceites y el control en las variaciones de flujo y de carga.


La mayoría de las descargas de aguas residuales presentan fluctuaciones de flujo y de carga orgánica debido de la variación del consumo de agua en la población o a los cambios de producción dentro de una industria. Por lo tanto para poder controlar las fluctuaciones de flujo o de carga orgánica al proceso de tratamiento se requiere el diseño y la instalación de unidades de regulación de flujo o de carga para tener una operación estable en el proceso de tratamiento.



<https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>



# Parámetros de diseño en el tanque de aeración o reactor biológico



**Velocidad de  
degradación  
de sustrato**

**Concentración  
de nutrientes**

**Tiempo de  
retención  
hidráulica**

**Relación**



**alimento-microorganismos**

**Carga**

**organica**

**volumetrica**

**pH**

**Calidad del  
lodo activado**

**Oxígeno  
disuelto (OD)**

**Tiempo de  
retención  
medio celular**

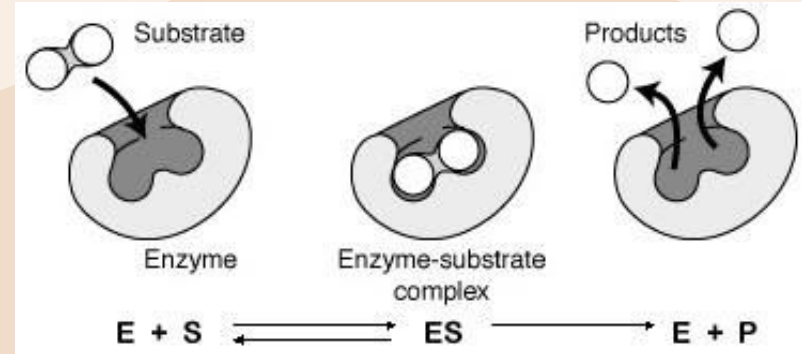
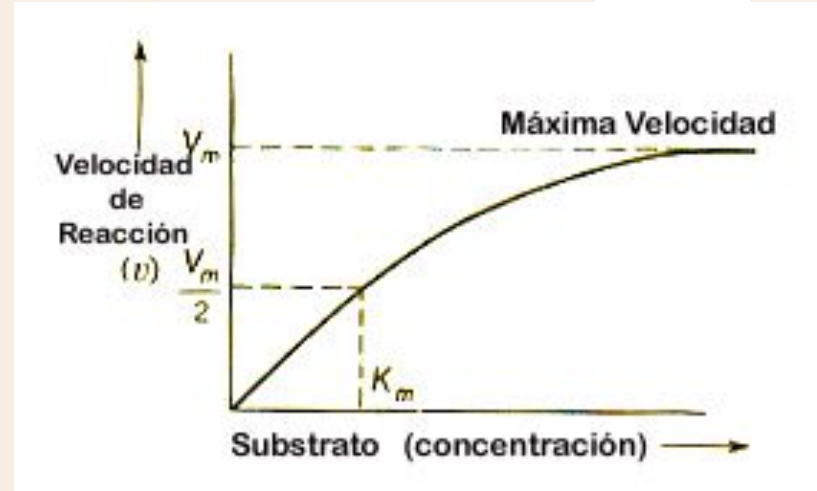
**Temperatura**

# Velocidad de degradación del sustrato

## Velocidad de reacción ( $v$ )

Medida de la rapidez con que se consumen los reactivos o se forma el producto.

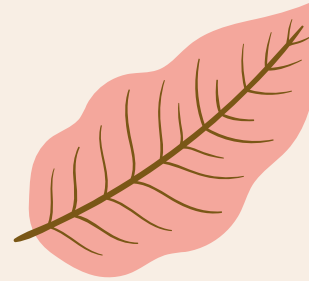
- Se expresa como cambio en la concentración de reactivos (desaparición) o productos (aparición) en cierto lapso de tiempo.
- Unidades de  $v = \text{M/unidad de tiempo}$



# Constantes de remoción de sustrato para algunas aguas residuales

| Agua residual               | Temperatura (C) | mg DQO/mg SSV.día |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| Refinería de petróleo       | 24              | 2.74 - 7.24       |
| Farmacéutica                | 20.8            | 4.2               |
| Curtido                     | 21              | 8.98              |
| Poliéster y nylon           | 13.1            | 0.67              |
| Aceite vegetal              | 20              | 20.8              |
| Orgánica con alta salinidad | 24              | 3.94              |
| Agua residual doméstica     | 20              | 10- 20.5          |

[http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/Capitulo11/Fundamentosdelproceso delodosactivados.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/Capitulo11/Fundamentosdelproceso%20delodosactivados.pdf)





# Relación alimento-microorganismos

## F/M

Considera la concentración de materia orgánica que entra al reactor, como  $\text{DBO}_5$  o DQO y su relación con los microorganismos, medidos como sólidos suspendidos volátiles, en el sistema.



$$F/M = S_0 / X_v t$$

F/M = Relación alimento microorganismos, mg /mg -día

$S_0$  = DBO o DQO degradable en el influente, mg/L

$X_v$  = Biomasa en el tanque de aeración, mg SSV/L

$t$  = tiempo de retención hidráulico, días

## Tiempo de retención hidráulica

Es el tiempo que permanecerá el agua dentro del reactor, los tiempos de retención varían de acuerdo con el tipo de modificación utilizada y la calidad del agua a tratar.



<https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/tiempo-retencion-hidraulico-trh-plan-ta-agua>

## Tiempo medio de retención celular

Este parámetro, también se denomina "edad de lodo", es el tiempo promedio de permanencia de los microorganismos en el reactor y se expresa como:

$$TRC = \theta_c = X_v t / \Delta X_v$$

$\theta_c$  = Edad de lodos, días

$X_v$  = Biomasa en el tanque de aeración, mg SSV/L

$t$  = tiempo de retención hidráulico, días

$\Delta X_v$  = Diferencia entre los sólidos suspendidos volátiles (SSV) producidos y desechados por día, mg/L

# Carga organica volumetrica

Se refiere a los kilogramos de materia orgánica, medida como  $\text{DBO}_5$ , que se aplica por metro cúbico de reactor.

Valores típicos para aguas residuales municipales. **Carga orgánica:** 0.32 - 0.96  $\text{kg DBO}_5 / \text{m}^3\text{d}$ .

## pH



Un rango de pH apropiado debe mantenerse en el tanque de aeración para que el sistema funcione adecuadamente.

En forma general se requiere neutralizar cuando el agua residual en el tanque de aeración esté fuera de rango.

**Rango óptimo 6.5 a 8.5**

# Concentración de nutrientes

El proceso requiere la presencia de los nutrientes en cantidades suficientes para los microorganismos. Los nutrientes normalmente están presentes, en cantidades suficientes, en el agua residual de origen municipal, para algunos efluentes industriales es necesario agregar nitrógeno y fósforo

Una relación de **DBO<sub>5</sub>: N: P de 100:5:1**

Se recomienda para garantizar los nutrientes necesarios. También se requiere de la presencia de micronutrientes en muy bajas concentraciones.

| Micronutrientes | Requerimientos (mg/mg DBO) |
|-----------------|----------------------------|
| Mn              | $10 \times 10^{-5}$        |
| Cu              | $15 \times 10^{-5}$        |
| Zn              | $16 \times 10^{-5}$        |
| Mo              | $43 \times 10^{-5}$        |
| Se              | $14 \times 10^{-10}$       |
| Mg              | $30 \times 10^{-4}$        |
| Co              | $13 \times 10^{-5}$        |
| Ca              | $62 \times 10^{-4}$        |
| Na              | $5 \times 10^{-5}$         |
| K               | $45 \times 10^{-4}$        |
| Fe              | $12 \times 10^{-3}$        |

# Temperatura

La temperatura afecta directamente el nivel de actividad de las bacterias en el sistema

**Rango óptimo 25 a 32 °C**

Para compensar la variación de la actividad biológica a diferentes temperaturas, debe ajustarse la concentración de sólidos suspendidos del licor mezclado

El efecto de la temperatura del licor mezclado sobre el coeficiente de velocidad de reacción, se puede expresar mediante la siguiente relación:

$$K_T = K_{20} \theta_K^{(T-20)}$$

$K_T, K_{20}$  = Coeficientes de velocidad de reacción en el licor mezclado a T y 20 °C respectivamente, día

T = Temperatura del licor mezclado, °C

$\theta_K$  = Coeficiente empírico para la corrección de la temperatura, adimensional

# Oxígeno disuelto (OD)

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Para mantener condiciones óptimas para la población aerobia se debe suministrar oxígeno al tanque de aeración

**O.D. en el reactor  $\geq 2$  mg/l**

DBO<sub>5</sub>, SST, SSVT....



[https://es.123rf.com/photo\\_43937273\\_burbujas-de-ox%C3%ADgeno-macro-en-el-agua-azul-claro.html](https://es.123rf.com/photo_43937273_burbujas-de-ox%C3%ADgeno-macro-en-el-agua-azul-claro.html)

# Calidad del lodo activado



## Índice volumetrico de lodos (IVL)

Para una buena sedimentación se requieren valores inferiores a 100 ml/g. Valores superiores a 150 ml/g ya se relacionan con crecimiento filamentoso y mala sedimentación de la biomasa.

Es el volumen que ocupa 1 g de lodo después de 30 min. de sedimentación. Se determina colocando 1 l de licor mezclado en un cilindro o probeta y midiendo el volumen sedimentador después de 30 min. Al mismo tiempo se realiza la determinación de los SSLM (sólidos suspendidos del licor mezclado en la muestra), y se calcula por medio de la siguiente expresión:

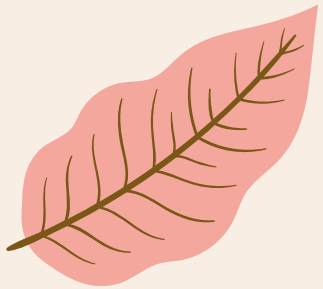
$$IVL = \frac{\text{(volumen de lodo sedimentado, mL/L)}}{(10^3 \text{ mg/g}) / (\text{SSLM, mg/L})} = \text{mL/g}$$

## Velocidad de sedimentación por zonas (VSZ)

Corresponde a la velocidad a la cual las partículas en suspensión sedimentan hasta alcanzar una velocidad crítica. Esta velocidad se puede determinar simultáneamente con el IVL.



# Lagunas aerobias





# Eliminación de patógenos

El diseño se basará en los modelos de eliminación de bacterias, representadas generalmente por medio de las coliformes fecales. El modelo recomendado (Mara 1976, OMS, 1987) se basa en suponer que la laguna se comporta como un reactor de mezcla completa donde la cinética de eliminación de los patógenos es de primer orden.

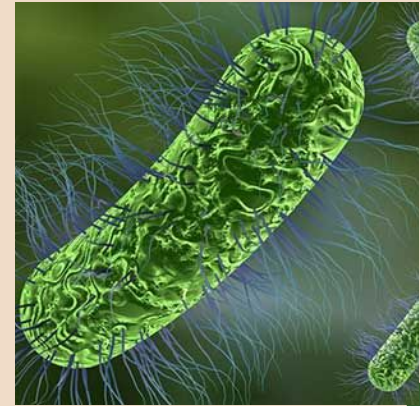
$$N_e = N_i / 1 + k_b t$$

$N_e$  = Número de coliformes fecales entrada /100 mL

$N_i$  = Número de coliformes fecales salida /100 mL

$k_b$  = constante de eliminación de patógenos

$t$  = tiempo de retención hidráulico (días)



<https://www.clikisalud.net/6-consejos-para-evitar-una-infeccion-por-e-coli/>



# Dimensiones



Los factores de superficie (luminosidad, reaeración, etc.) son muy importantes en este tipo de lagunas que tendrán gran superficie y poca profundidad. La superficie de la laguna no debe superar las 4 hectáreas y la profundidad estará comprendida generalmente entre 0,8 y 1,2 metros, considerándose como óptimo 1 metro

$$V = (t)(Q_m) \quad S_p = V/P$$

V= Volumen (m<sup>3</sup>)

S<sub>p</sub>=Superficie (m<sup>2</sup>)

Q<sub>m</sub>= Caudal medio (m<sup>3</sup>/dia)

t= tiempo de retención hidráulico (dias)





# Carga Superficial

En el diseño otro factor importante es la carga orgánica superficial máxima admisible, valores que oscilan entre 120 kg DBO<sub>5</sub>/Ha día para estaciones templadas y cálidas y 40 kg DBO<sub>5</sub>/Ha día para estaciones frías prolongadas


$$C_s = (Q_m * C_i) / S_p$$

$C_s$  = Carga superficial (kg DBO<sub>5</sub>/ Ha. día)

$S_p$  = Superficie (Ha.)

$Q_m$  = Caudal medio (m<sup>3</sup>/día)

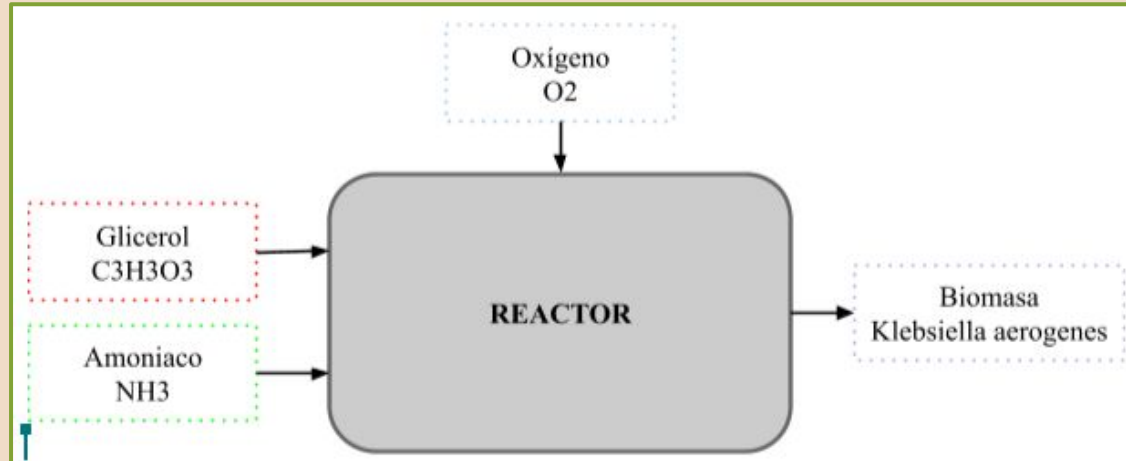
$C_i$  = Carga orgánica entrada (kg DBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>)



# EJERCICIO BALANCE DE MATERIA

Doran. Pauline. (1995). Principios de ingeniería de los bioprocesos.

Se produce *Klebsiella Aerogenes* a partir de glicerol en un cultivo aerobio utilizando amoniacio como fuente de nitrógeno. La biomasa contiene 8% de cenizas y se produce 0.40 g de biomasa por cada g de glicerol consumido, no formándose ningún producto metabólico. ¿Cuáles son las necesidades de oxígeno para este cultivo en términos de masa?



# BIBLIOGRAFÍA

- <https://condorchem.com/es/blog/sistemas-con-reactores-aerobicos-para-tratar-aguas-residuales/>
- [https://www.depuradoras.es/blog/74\\_guia-de-los-procesos-biologicos-aerobios](https://www.depuradoras.es/blog/74_guia-de-los-procesos-biologicos-aerobios)
- Malagón, M. D. E. (2011). Medio ambiente y contaminación. Principios básicos. Medio Ambiente y Contaminación. Principios Básicos, 1 ra Edición, 1-119.
- Moeller, G., & Tomasini, A. C. (2004). Microbiología de lodos activados. Memorias curso internacional de sistemas integrados de tratamiento de aguas residuales y su reuso para un medio ambiente sustentable [Internet]. Bogotá: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- Giraldo, E. (2001). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes. Revista de ingeniería, (14), 44-55.
- Quiroga Flores, R. (2011). Aislamiento y cultivo de microorganismos capaces de degradar hexadecano y fenol de pozos abandonados con petróleo mediante procesos aerobios y anaerobios. Sanandita-Tarija-Bolivia (Doctoral dissertation).



# BIBLIOGRAFÍA

- Noyola, A., Sagastume, J., & Guereca, L. (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.  
[http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia\\_Aguas\\_Residuales.pdf](http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf)
- Méndez, G., Sánchez, C., & Muyo, J. (n.d.). Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales, from  
[https://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento\\_aerobio\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](https://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento_aerobio_de_aguas_residuales.pdf)
- Zambrano, D. (n.d.). 9. Conceptualización unidades de tratamiento aerobios - YouTube. from <https://www.youtube.com/watch?v=dfj6HH-qVdM>
- Peirano, S. (n.d)Cinetica Quimica. From:  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/37670/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/37670/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Universidad del país Vasco. (n.d.).Cinetica enzimatica. From:  
<http://www.ehu.es/biomoleculas/enzimas/enz3.htm>



# BIBLIOGRAFÍA

- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA) (n.d.). From: [https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/curso/uni\\_06/u6c3s3.htm#Anchor3](https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/curso/uni_06/u6c3s3.htm#Anchor3)
- California State Waterboards. (n.d). Folleto informativo oxígeno disuelto. From: [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf)
- Ramirez, E. (n.d). Capítulo II: Fundamentos teóricos de lodos activados y aireación extendida. From: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf>





# ¡GRACIAS!

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon** and infographics & images by **Freepik** and illustrations by **Storystet**