

# Tratamiento de Agua, Efluentes y Residuos en la Industria

**Industrias y Servicios I**

2023



FACULTAD DE INGENIERIA  
en acción continua...

# ❖ TEMARIO

## 1) Marco legal

## 2) Tratamiento de efluentes líquidos industriales

- Conceptos y definiciones
- Factores de decisión y etapas de proyecto
- Clasificación general de sistemas de tratamiento
- Procesos de depuración de efluentes. Tratamiento de barros.
- Medidas de optimización

## 3) Tratamiento de agua industrial

- Objetivos
- Potabilización de agua
- Procesos de tratamiento típicos

## 4) Gestión de residuos industriales

- Etapas
- Residuos peligrosos

## ❖ MARCO LEGAL

### Acuerdos mundiales

- Ratificación de convenios y protocolos internacionales (cambio climático, protección del patrimonio de la humanidad, capa de ozono, etc.).

### Reglamentaciones nacionales

- Art. N°41 CN (reforma 1994) - Derecho a un ambiente sano y sustentable y deber de preservarlo
- Ley 25.675 – Ley General de Ambiente
- Ley 24.051 – Residuos Peligrosos
- Ley 25.612 – Residuos industriales y de actividades de servicio

### Reglamentaciones provinciales

- Ley General de Aguas de 1884
- Ley 5.961 – Preservación del Ambiente (adhesión a ley nacional) y Ley 6.649 (modificatoria)
- Ley 5.917 – Residuos Peligros (adhesión a ley nacional)

# ❖ MARCO LEGAL

Disposición de aguas residuales industriales

- Vertido a terrenos o cauces
- Reúso en cultivos

*D. G. Irrigación.  
Res. 778/96, 627/00, 400/03, 52/20*

- Red sanitaria (cloacas)

*EPAS. Res 35/96 y modificatorias.*



Exigencias

Potabilización de agua →

Normas de calidad para la provisión y muestreo

## CONCEPTOS BÁSICOS

**Agua residual** es toda aquella corriente líquida que ha sido utilizada con un fin determinado y luego descartada, habiéndose aportado a la misma contaminantes de distinta índole como resultado de su uso. En el caso que nos ocupa, un proceso productivo genera un efluente industrial o **RIL** = Residuo Industrial Líquido. Los efluentes de la industria incluyen también las aguas evacuadas de servicio auxiliares (refrigeración, calderas, etc.), de limpieza, entre otras.

Según el origen pueden distinguirse otros tipos de líquidos residuales. Aguas negras son aquéllas resultantes de la evacuación de residuos sanitarios humanos, mientras que las aguas grises (termino más aplicado al ámbito doméstico) provienen de otros puntos de consumo como cocinas, lavarropas, bachas, etc. Efluente cloacal se utiliza a veces como sinónimo de aguas negras, si bien el mismo contiene en la mayoría de los casos a las aguas grises; cuando se trata de zonas residenciales también se le conoce simplemente como efluente doméstico, aguas servidas, etc.

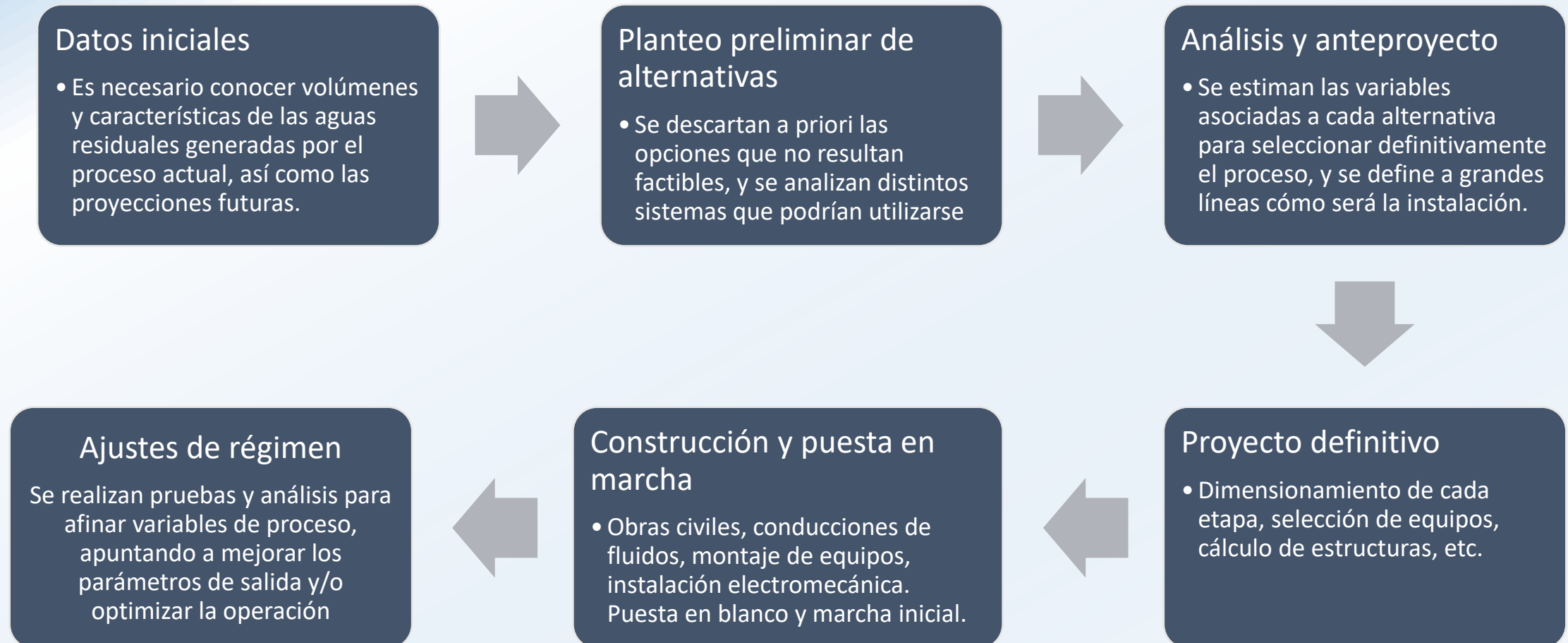
Tanto los efluentes industriales (en función de la planta productiva y redes de evacuación), como los cloacales (según la región fundamentalmente) pueden contener un aporte de aguas pluviales (derivadas de los fenómenos meteorológicos de precipitación) y/o de aguas subterráneas.

El **efluente** de un determinado proceso será el **afluente** al sistema de tratamiento, si bien genéricamente estas instalaciones se denominan plantas de tratamiento de efluentes.

## FACTORES DE DECISIÓN

- Destino del líquido tratado <> Exigencias e inversiones complementarias (ACRE)
- Volúmenes generados y distribución anual
- Tipo de industria <> Características del efluente
- Recursos económicos y financieros
- Requisitos y costos operativos
- Superficie disponible, cercanía a zonas pobladas, integración a infraestructura existente

## ETAPAS EN LA CONCEPCIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO



## CONTAMINANTES DE LÍQUIDOS INDUSTRIALES Y PARÁMETROS ASOCIADOS

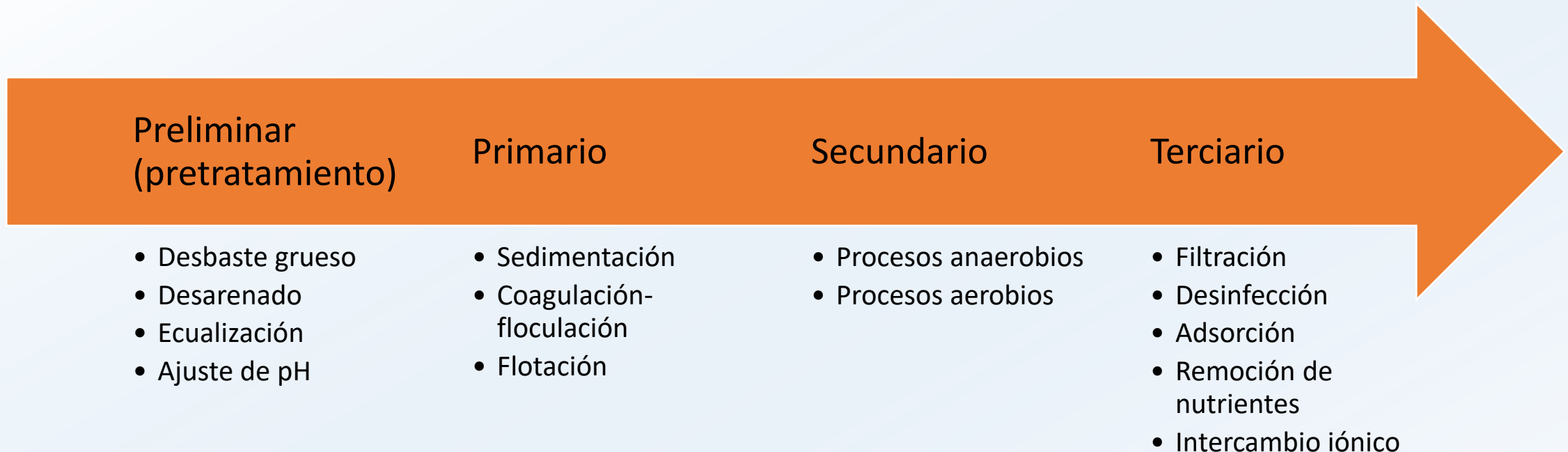
- Sólidos (S. sedimentables, SST, SSV, SSF)
- Materia orgánica (DBO, DQO) <> Biodegradabilidad del efluente
- Grasas y aceites (SSEE)
- Nitrógeno (NT, Norg, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>) y fósforo (PO<sub>4</sub>, PT)
- Microorganismos (E. coli, helmintos, etc.)
- Ácidos y álcalis (pH, alcalinidad total)
- Salinidad (CE, dureza, RAS)
- Iones y compuestos específicos (metales pesados, cloruros, sulfatos, sulfuros, fenoles, hidrocarburos, detergentes, etc.)



## ETAPAS DE TRATAMIENTO

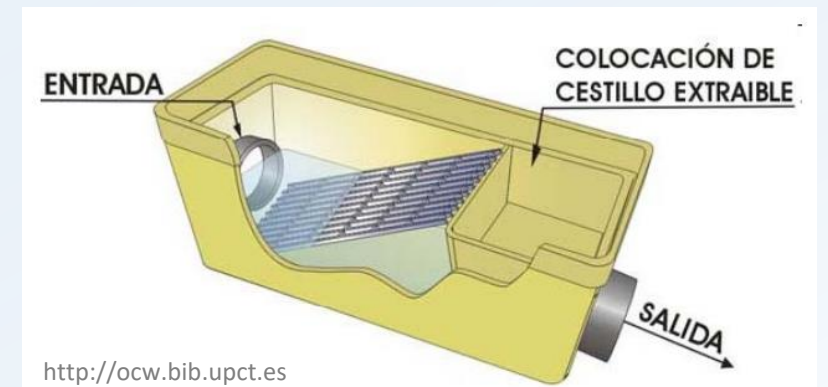
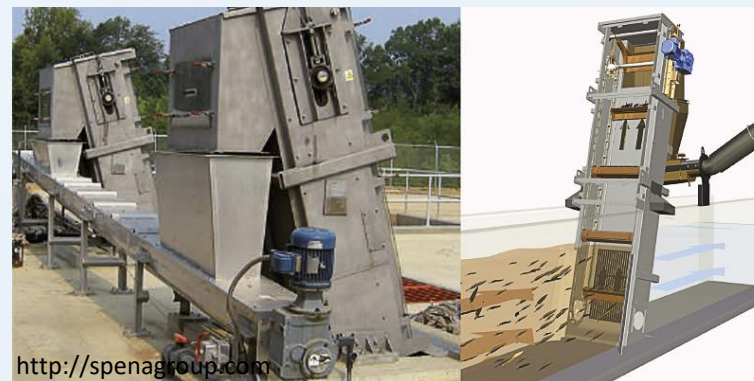
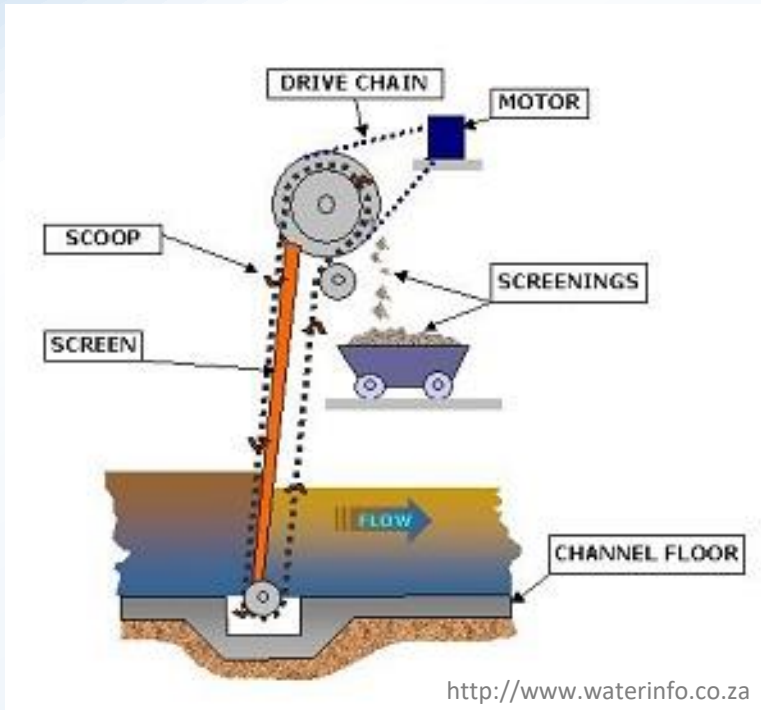
Una planta depuradora contiene típicamente una combinación de procesos de naturaleza físicoquímica (procesos preliminares y primarios), seguidos muchas veces de un tratamiento secundario de tipo biológico. En ocasiones se incorporan también procesos terciarios (de tipo físicoquímico o biológico) para afinar la calidad final del líquido o eliminar contaminantes específicos.

Un mismo proceso de tratamiento puede incluir una combinación de mecanismos de distinta naturaleza, y en general los sistemas clásicos consisten típicamente de una determinada secuencia de procesos primarios y secundarios.



## Tratamiento preliminar

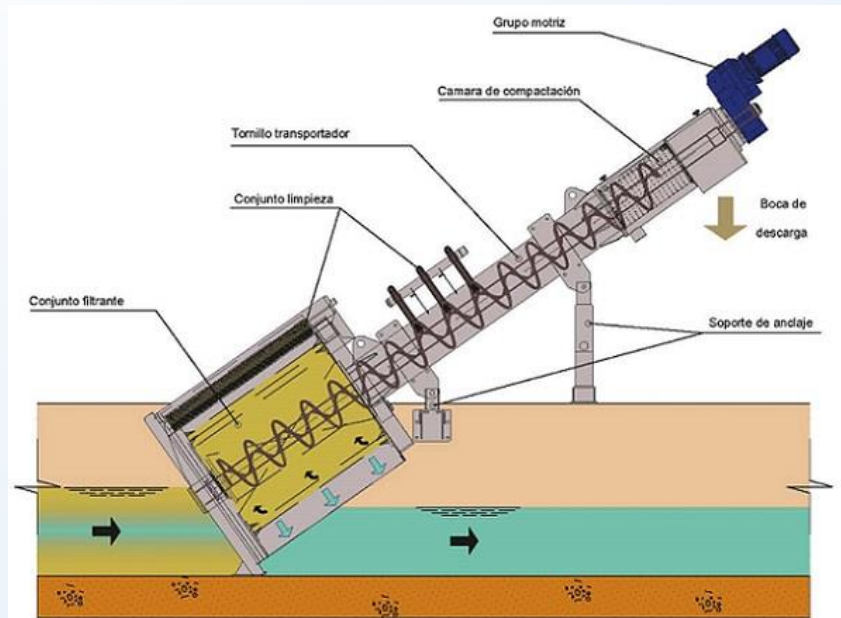
- Rejas de sólidos





## Tratamiento preliminar

- Tamices y pretratamientos compactos

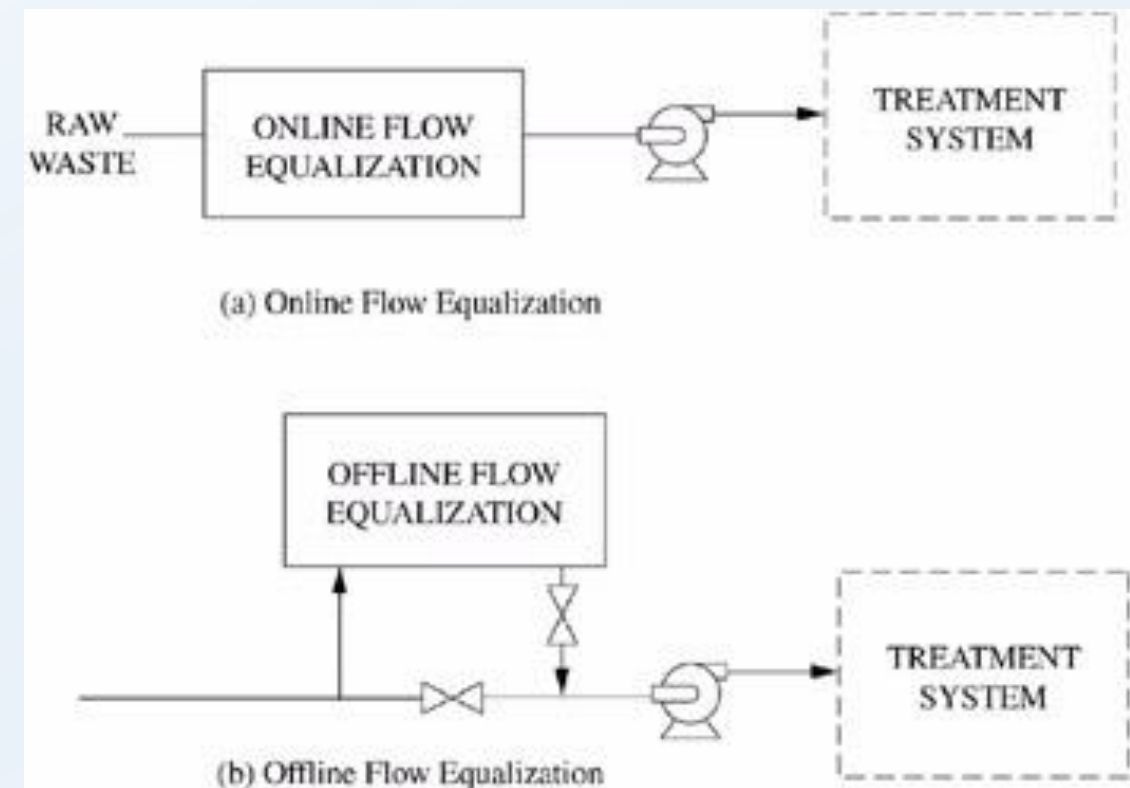
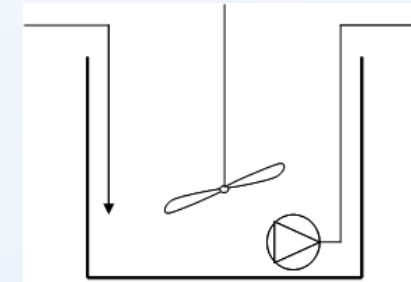


## Tratamiento preliminar

- Ecuación o compensación

Los procesos industriales normalmente producen descargas de efluentes que, además de estar sometidas en muchos casos a una importante variación estacional (ej. agroindustria), presentan típicamente fluctuaciones apreciables en cuanto a caudal y carga contaminante dentro de una misma jornada. Estas últimas pueden impactar negativamente sobre el desarrollo de los procesos de tratamiento y la calidad del líquido tratado, en ese caso es necesario homogeneizar sus características.

Se trata de un proceso para ajustar o acondicionar las características del líquido a tratar (por eso se lo categoriza como preliminar), sin embargo en algunos sistemas de tratamiento puede encontrarse luego de una etapa primaria o incluso al final del proceso. Además, puede realizarse de manera simultánea con la neutralización del efluente.



## Tratamiento primario

- Sedimentación

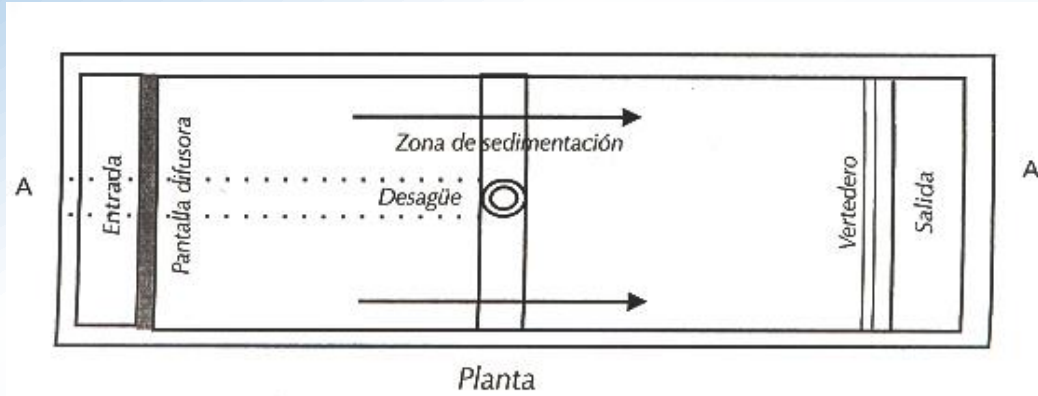


Fig. 24. Planta de un sedimentador

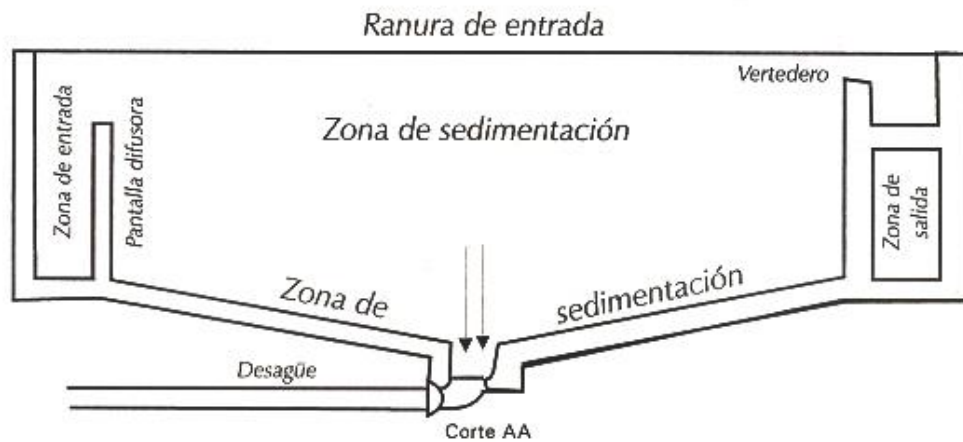
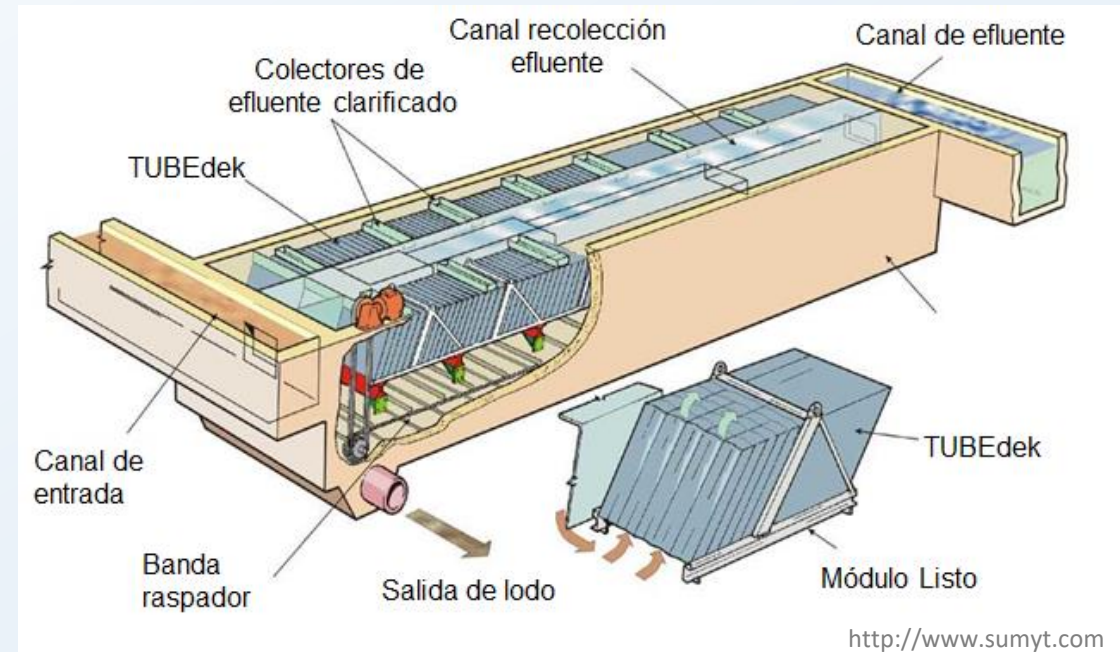


Fig. 25. Corte de un sedimentador

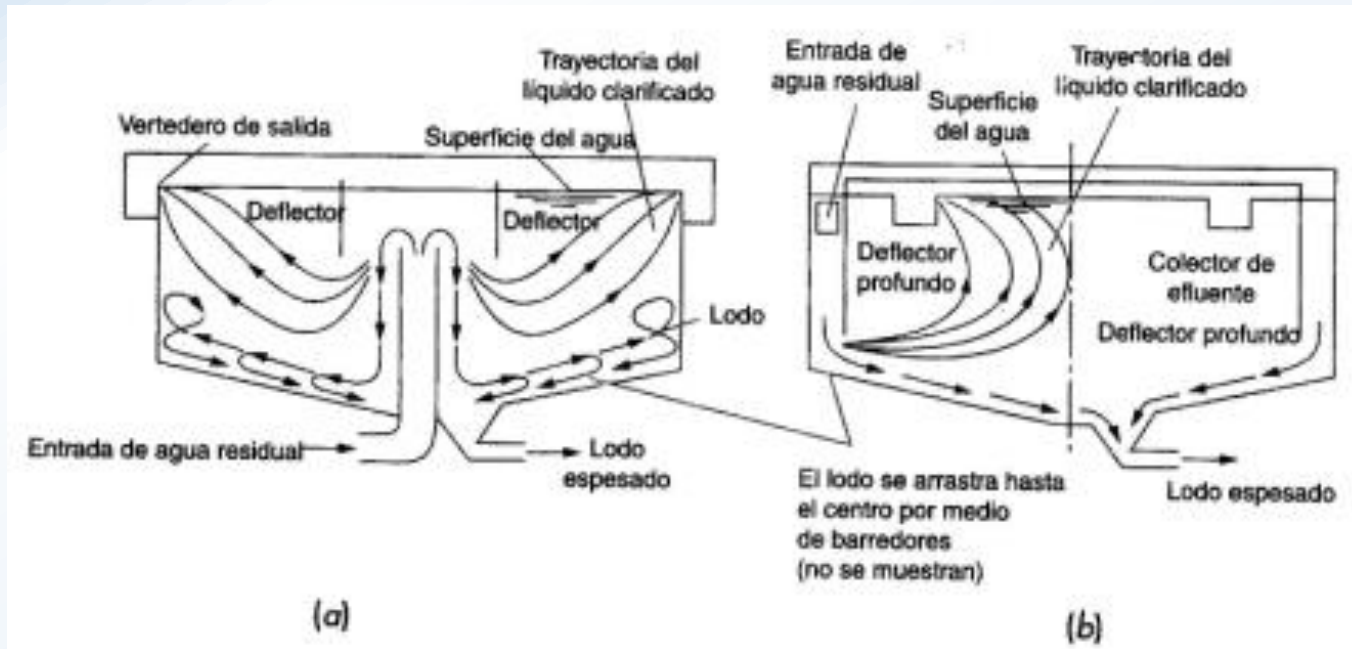


*Sedimentador  
rectangular*



## Tratamiento primario

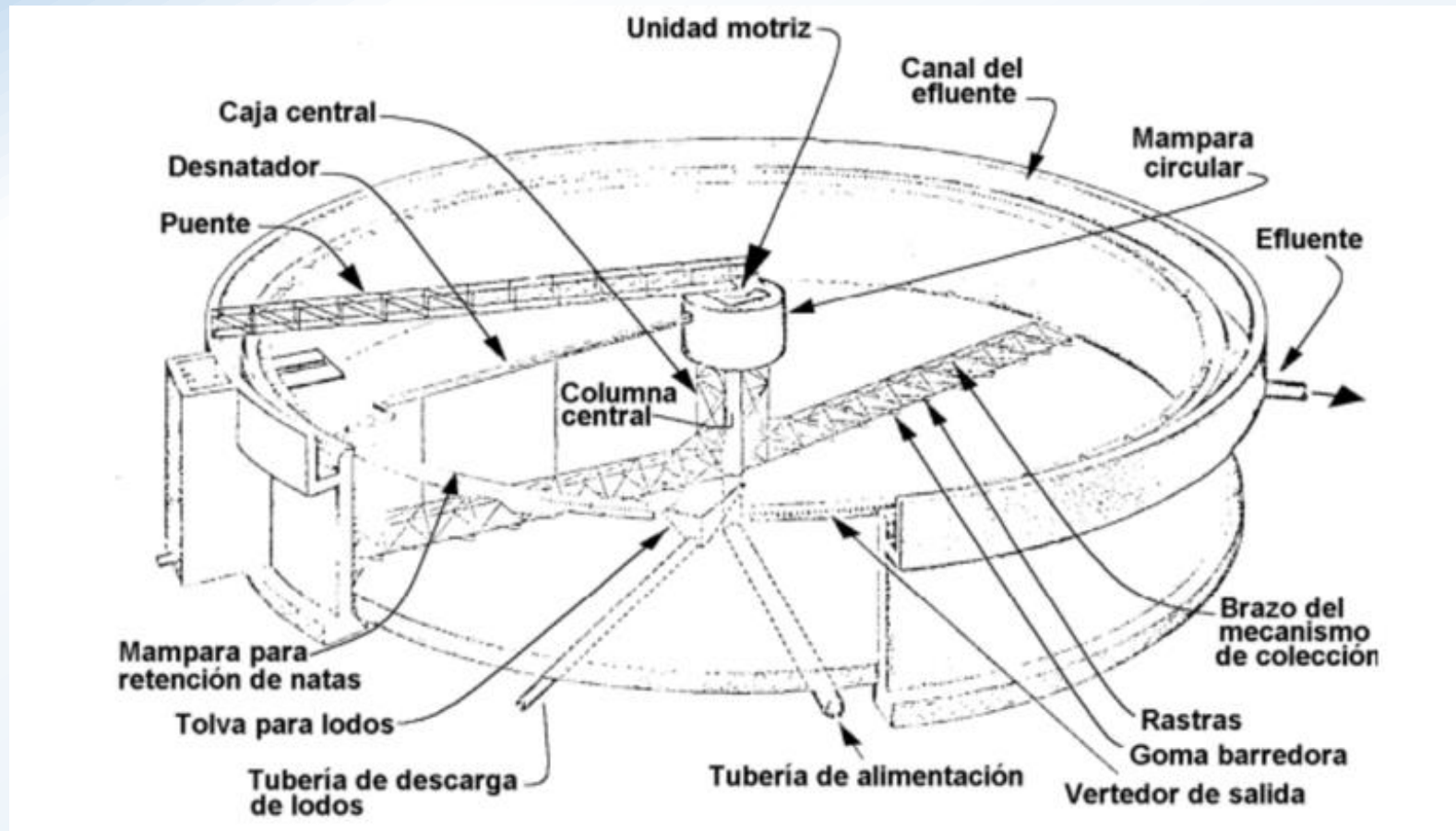
- Sedimentación



*Sedimentador circular*

## Tratamiento primario

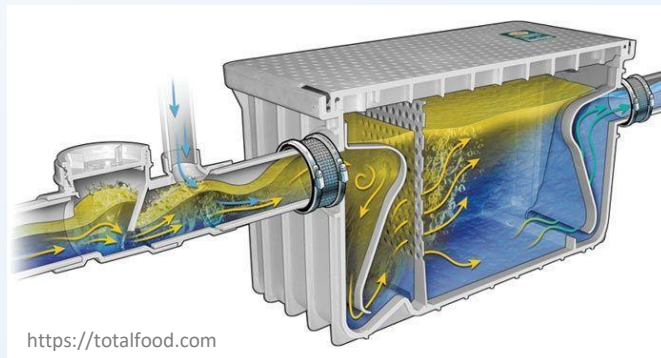
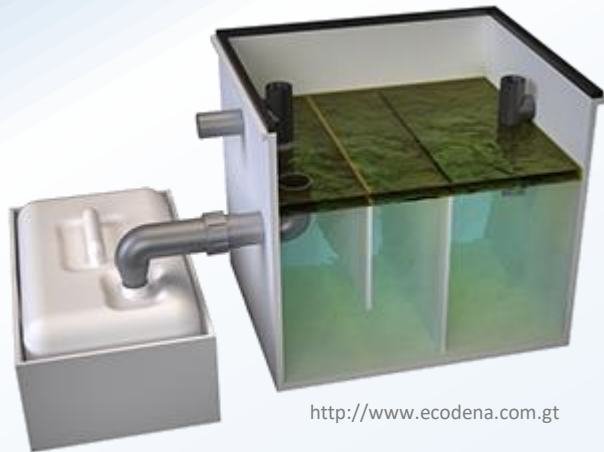
- Sedimentación



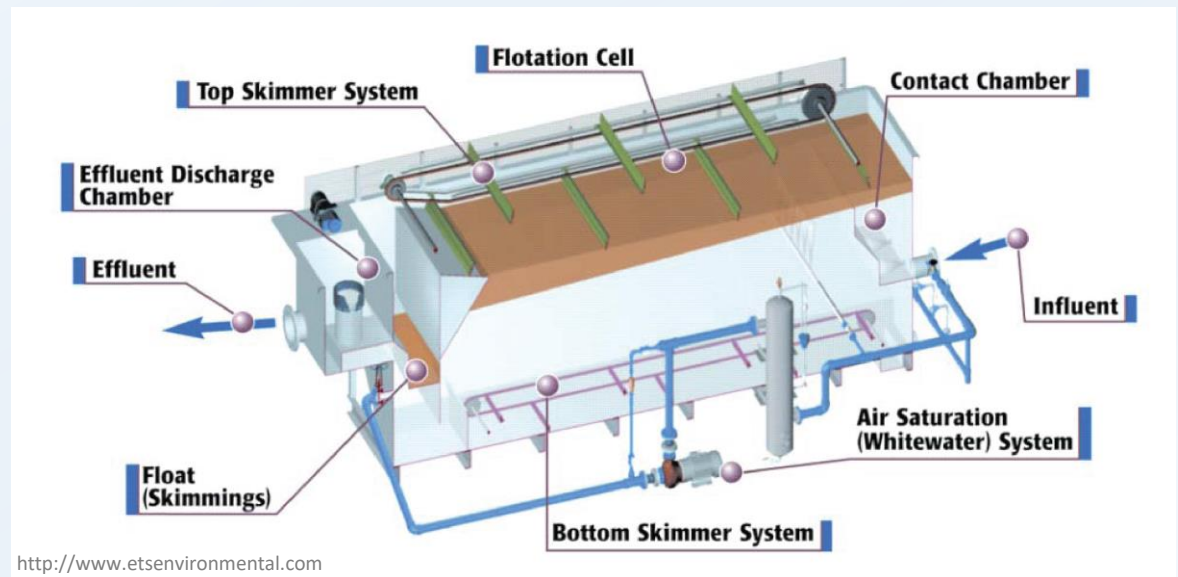
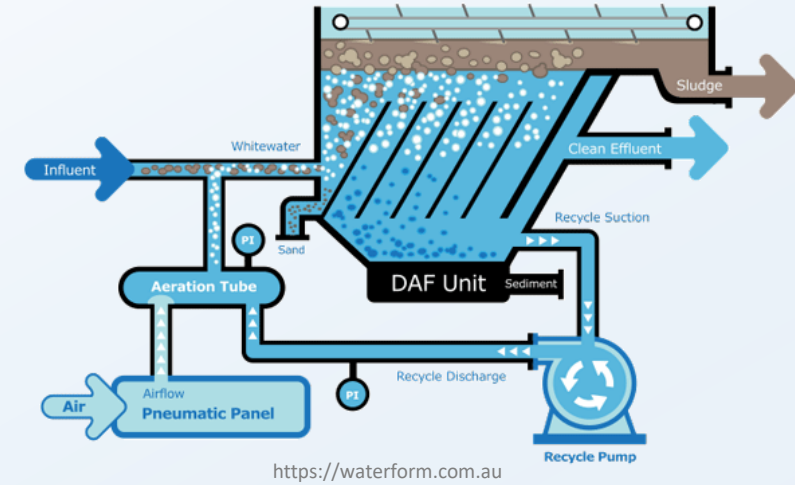
*Sedimentador circular*

## Tratamiento primario

- Flotación



*Flotación natural (separadores de grasas, aceites, HC)*



*Flotación asistida (DAF)*



## Tratamiento secundario

- Tipos de procesos

### Sistemas extensivos

Permiten un desarrollo más natural de los procesos y son más sencillos

Requieren elevadas superficies y tienen menos variables de control

### Sistemas intensivos

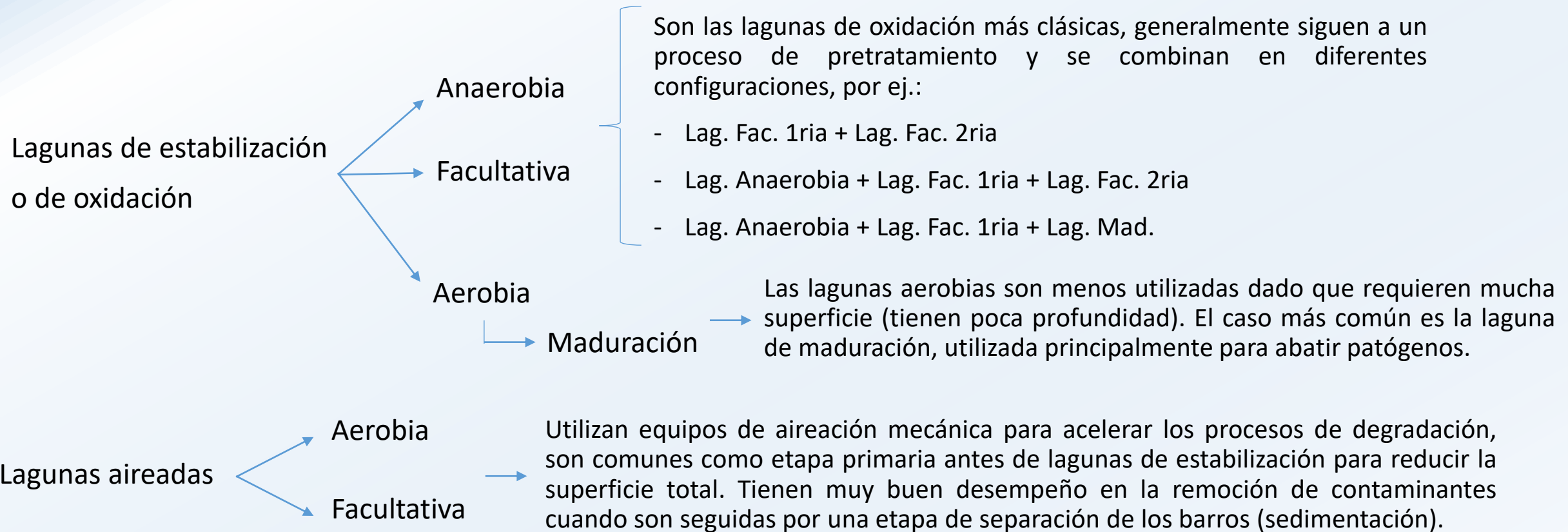
Aceleran los procesos de depuración, que dependen de varios parámetros de ajuste

Poseen elevado consumo energético, mayor equipamiento y complejidad operativa

## Tratamiento secundario

- Procesos extensivos

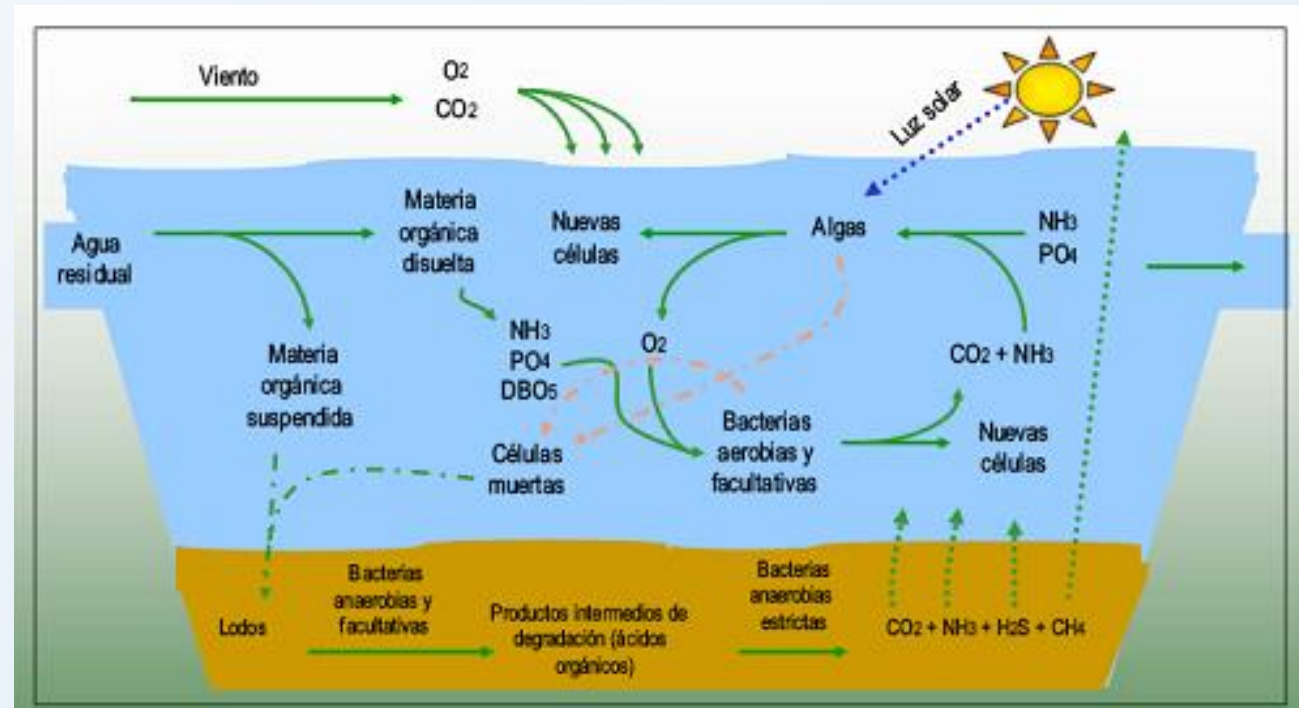
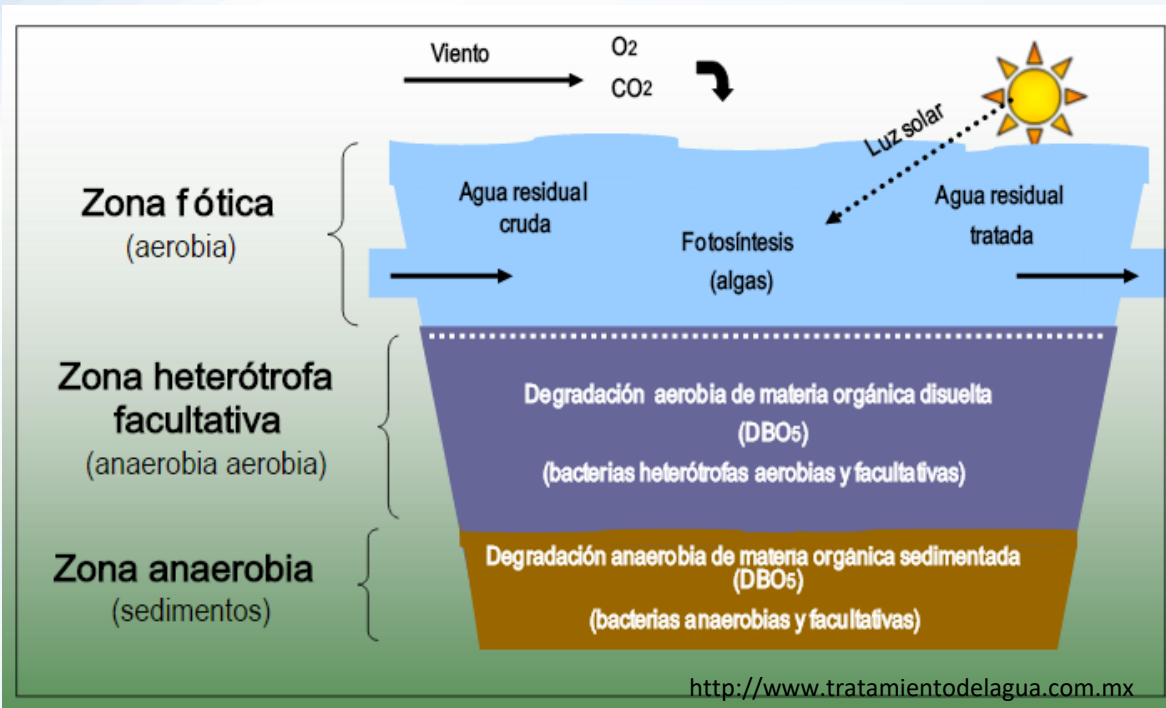
### Sistemas de lagunaje. Tipos



## Tratamiento secundario

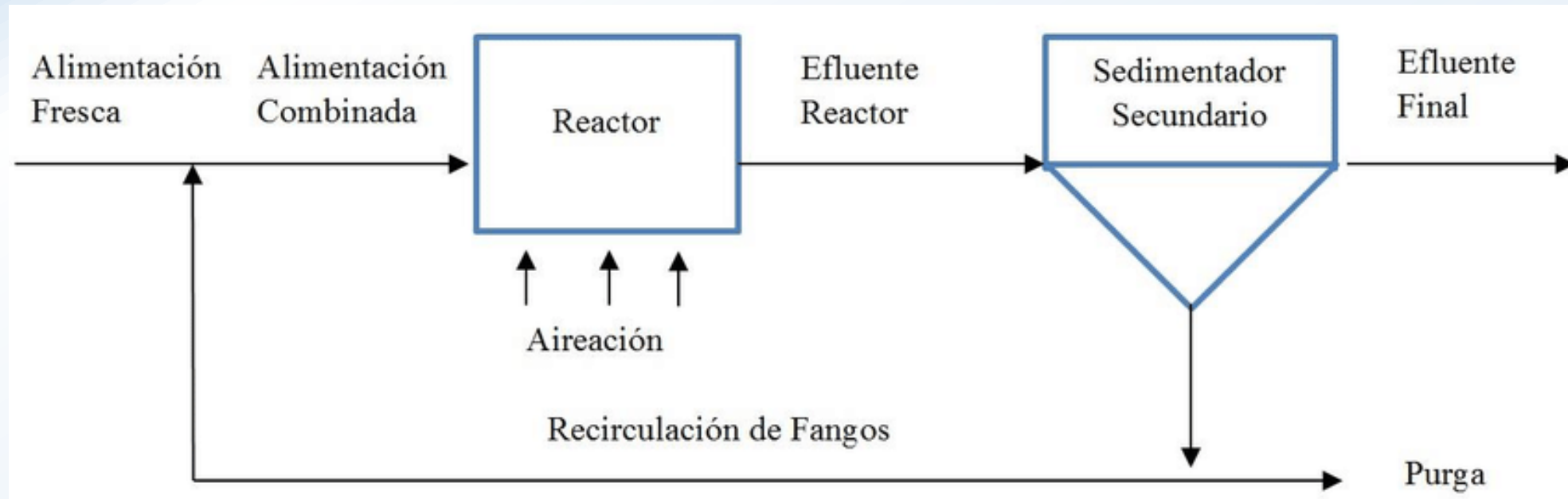
- Procesos extensivos

### *Laguna de estabilización facultativa*



## Tratamiento secundario

- Lodos activados

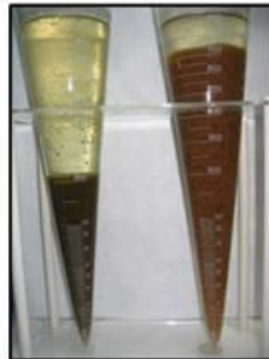
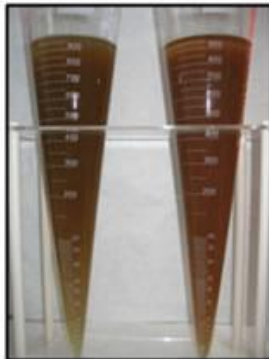
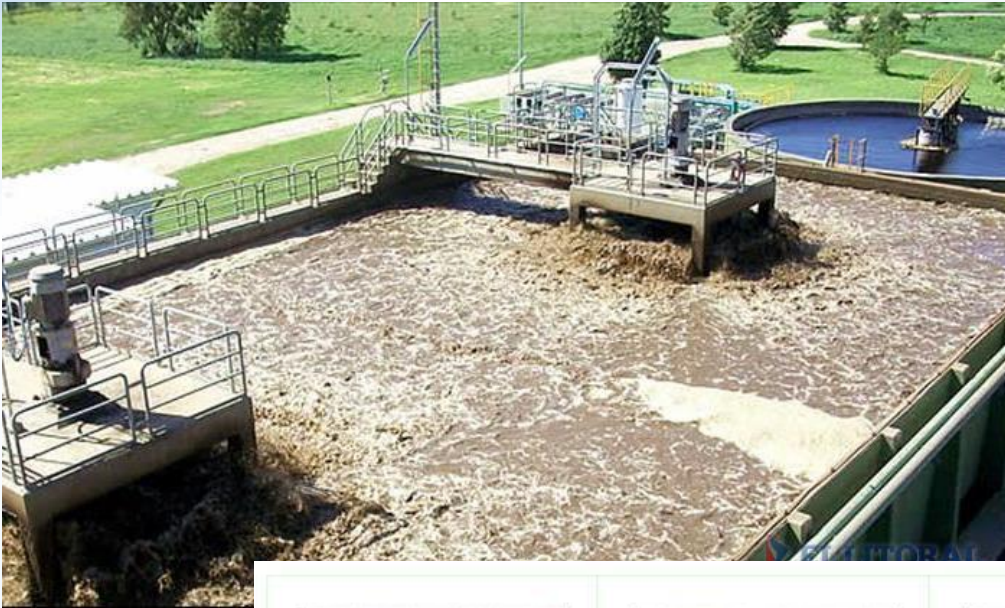


Es un proceso intensivo clásico ampliamente utilizado desde el siglo pasado, que se basa en estimular la degradación de la materia orgánica por parte de microorganismos que proliferan en un medio de cultivo aireado. La biomasa bacteriana se agrupa en flóculos dentro del reactor y asimila materia fresca para su metabolismo, generando una suspensión de “barros activados”, posteriormente decantados en un sedimentador secundario y recirculados al reactor. Parte de estos sólidos son purgados y enviados a tratamiento de fangos, para mantener las condiciones operativas del proceso.



## Tratamiento secundario

- Lodos activados



## Tratamiento secundario

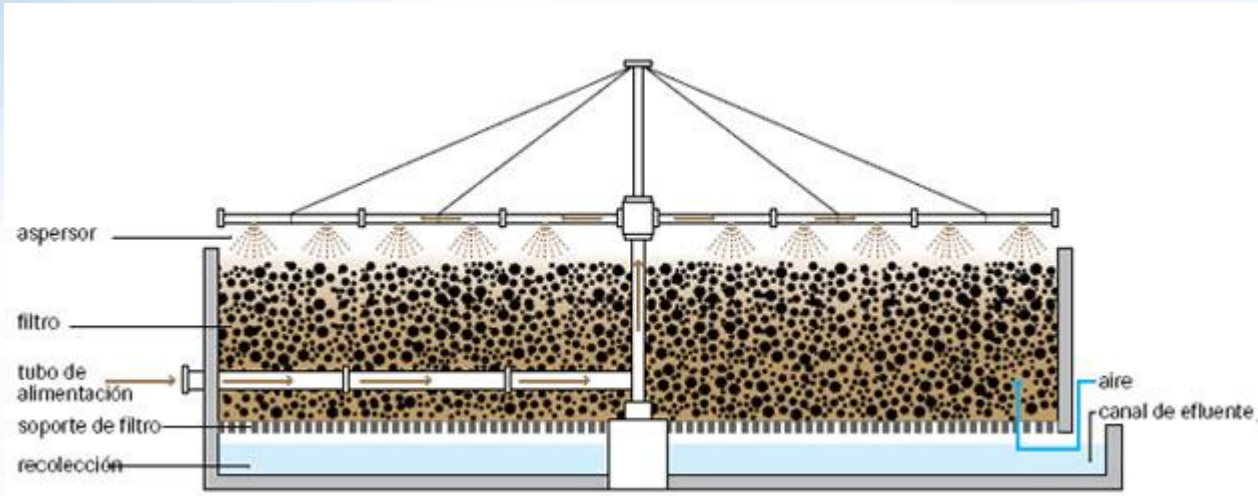
- Lodos activados





## Tratamiento secundario

- Procesos de biopelícula

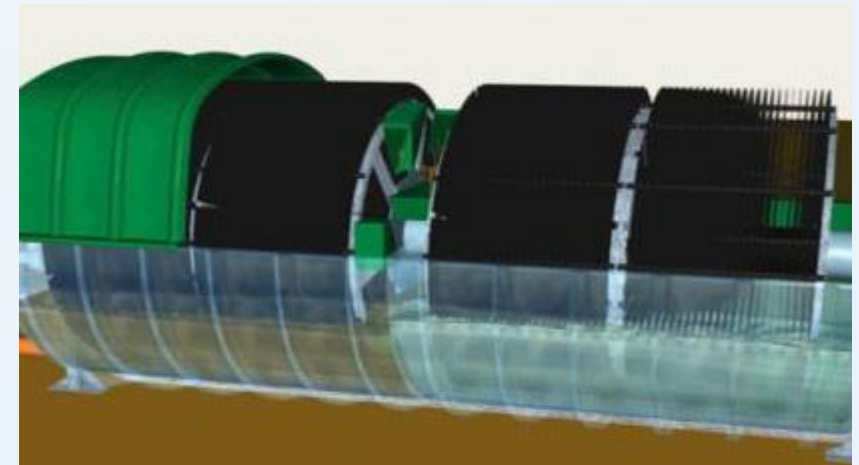


<http://alianzaporelagua.org>



<https://es.123rf.com>

*Lecho  
percolador*



<http://www.techuniversal.es>

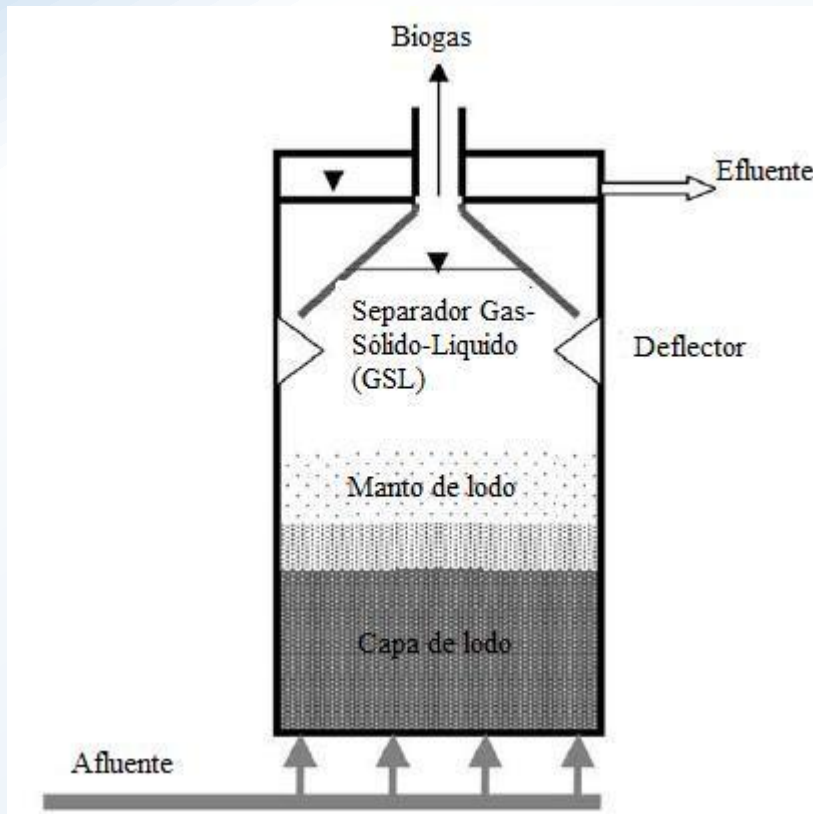
*Contactor  
Biológico  
Rotativo (CBR)*



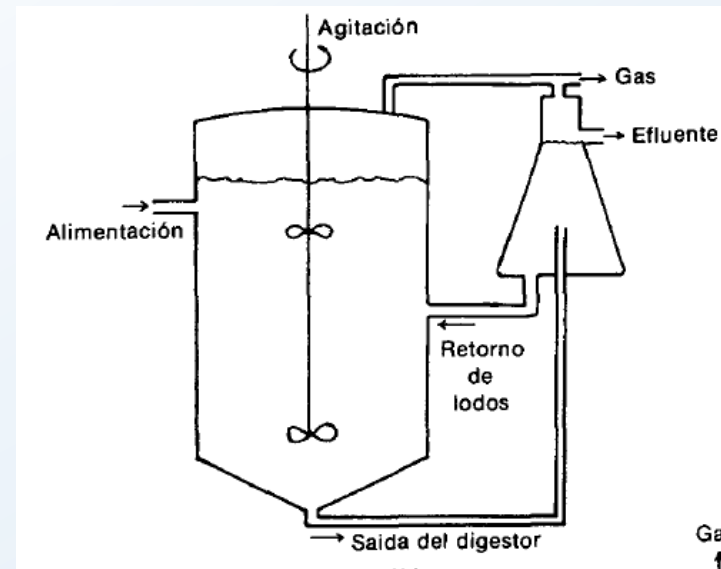
<http://aerpuertoquito.aero>

## Tratamiento secundario

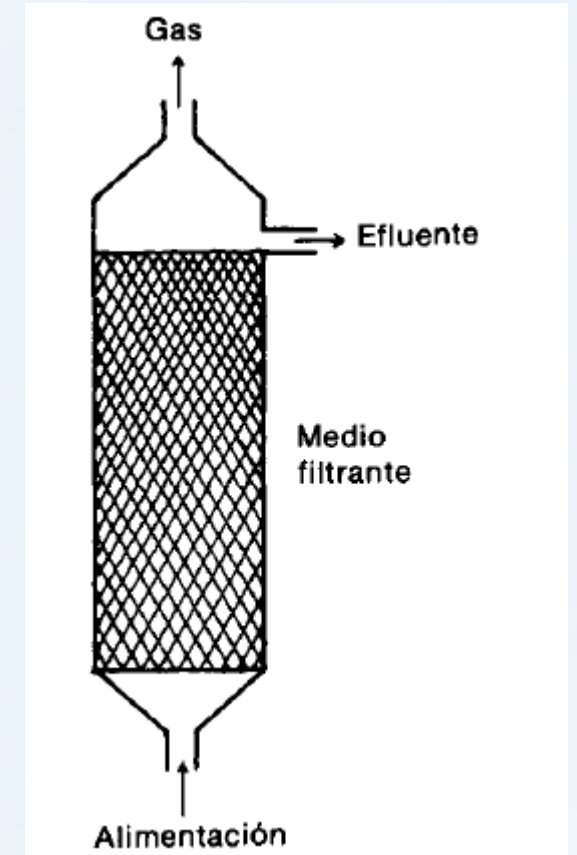
- Procesos anaerobios



Reactor UASB



Reactor de contacto anaerobio



Filtro anaerobio de flujo ascendente



## TRATAMIENTO DE LODOS

En una o más etapas de una planta de tratamiento normalmente se generan barros como subproductos de los procesos involucrados (primarios o secundarios fundamentalmente). Esto deriva en una línea secundaria para el tratamiento de lodos, que puede incluir una o más etapas según los volúmenes y las características de los fangos:

- Espesamiento
- Estabilización (digestión). Puede ser aeróbica o anaeróbica.
- Secado al aire libre (lechos de secado)
- Deshidratación mecánica (centrífuga, filtro de bandas, filtro prensa, filtro de vacío)



## Medidas para simplificar o mejorar los procesos

### **Reducción del consumo de agua**

- Procedimientos/equipos de limpieza
- Tecnologías más eficientes

### **Reducción de los contaminantes**

- Separación de residuos sólidos
- Productos de limpieza o químicos de proceso alternativos

### **Segregación de efluentes en origen**

- Tratamiento/disposición separada de efluentes salinos, químicos, etc.
- Líquidos inorgánicos / líquidos biodegradables
- Circuitos de recirculación interna de aguas

## OBJETIVOS

Además de tratar adecuadamente sus aguas residuales, en general los establecimientos industriales deben acondicionar y mejorar las características del agua fresca que utilizan para abastecer sus procesos e instalaciones. Normalmente la fuente de dicha agua serán los cauces superficiales o lagos, o los acuíferos subterráneos. El tratamiento se realiza con distintos fines:

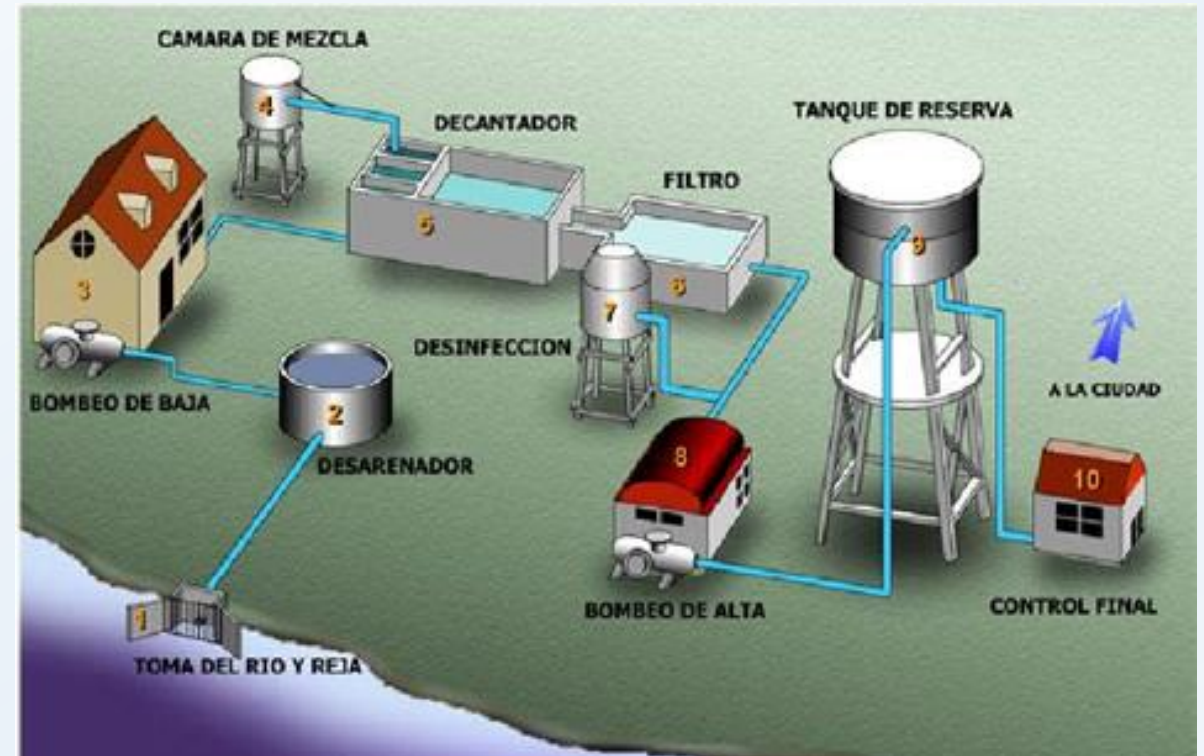
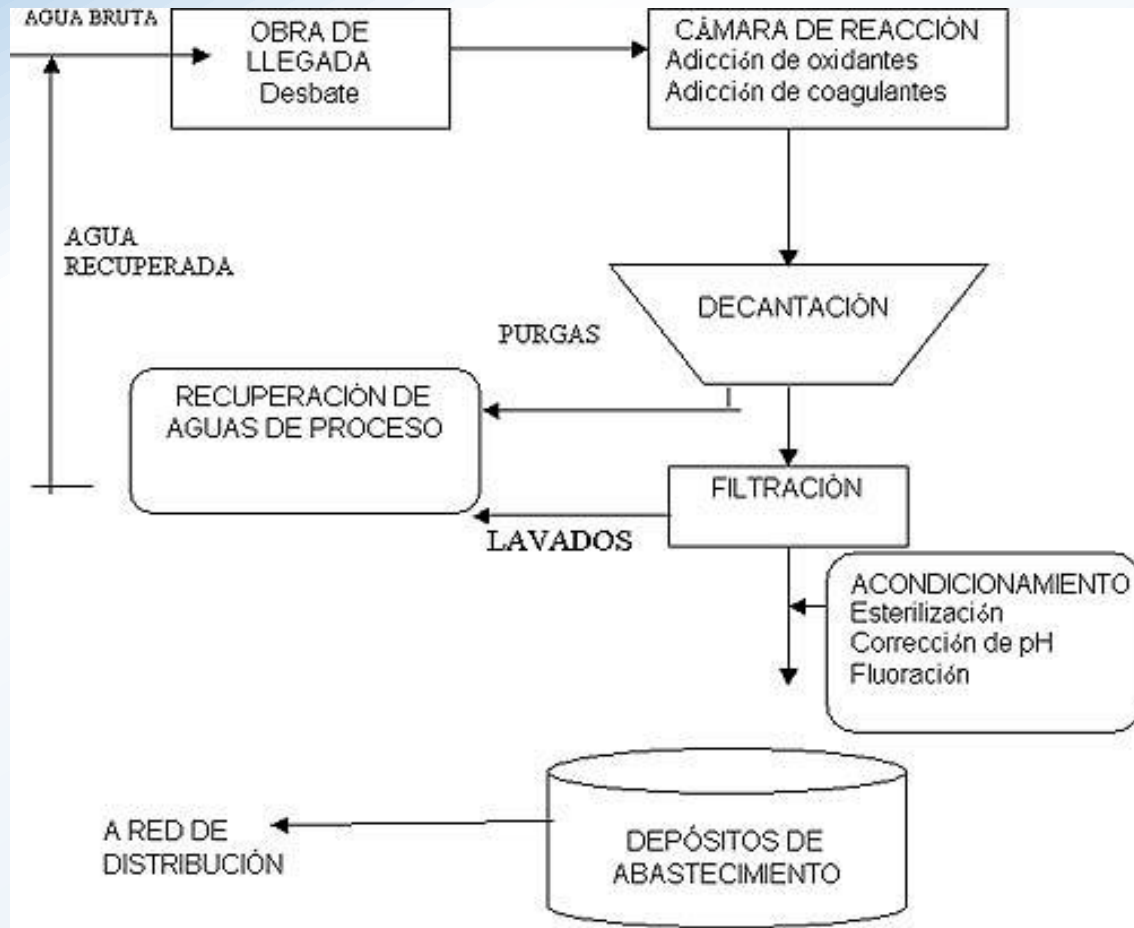
- Potabilización del agua para consumo del personal y uso sanitario.
- Producción de agua para la industria alimenticia
- Producción de agua de limpieza general
- Alimentación de agua a equipos especiales
- Riego de cultivos especiales o áreas parqueizadas

Para el diseño de las instalaciones, es muy importante conocer la capacidad de la fuente y caracterizar el agua mediante un muestreo completo y análisis físicoquímicos y biológicos.

El proyecto hidráulico deberá contemplar obras de captación, reservorios, presiones de servicio y pérdidas de carga, sistemas de monitoreo, etc.



# POTABILIZACIÓN DEL AGUA



# POTABILIZACIÓN DEL AGUA



<https://cipollettigital.com.ar>



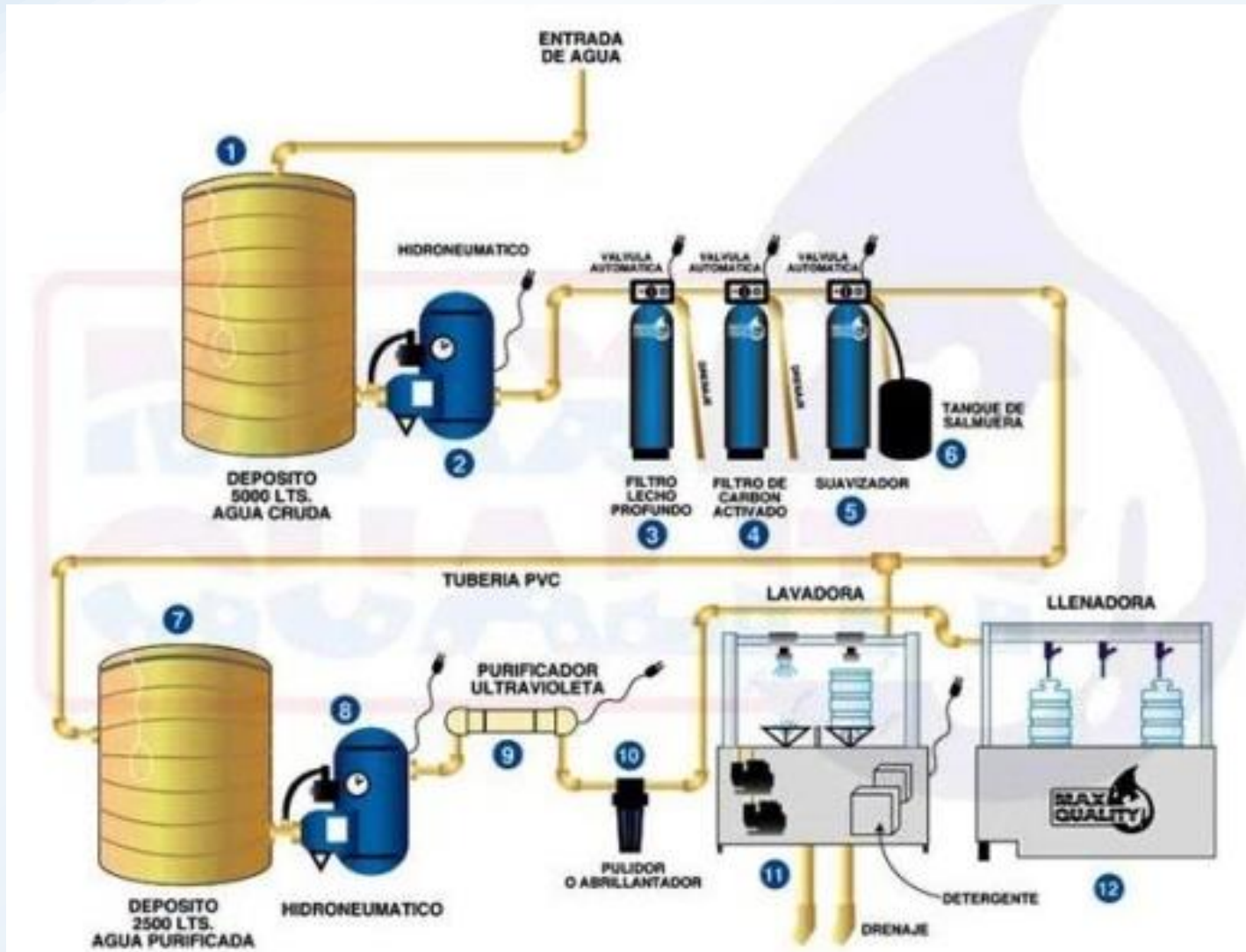
<http://losandes.com.ar>



<http://www.hidritec.com/>

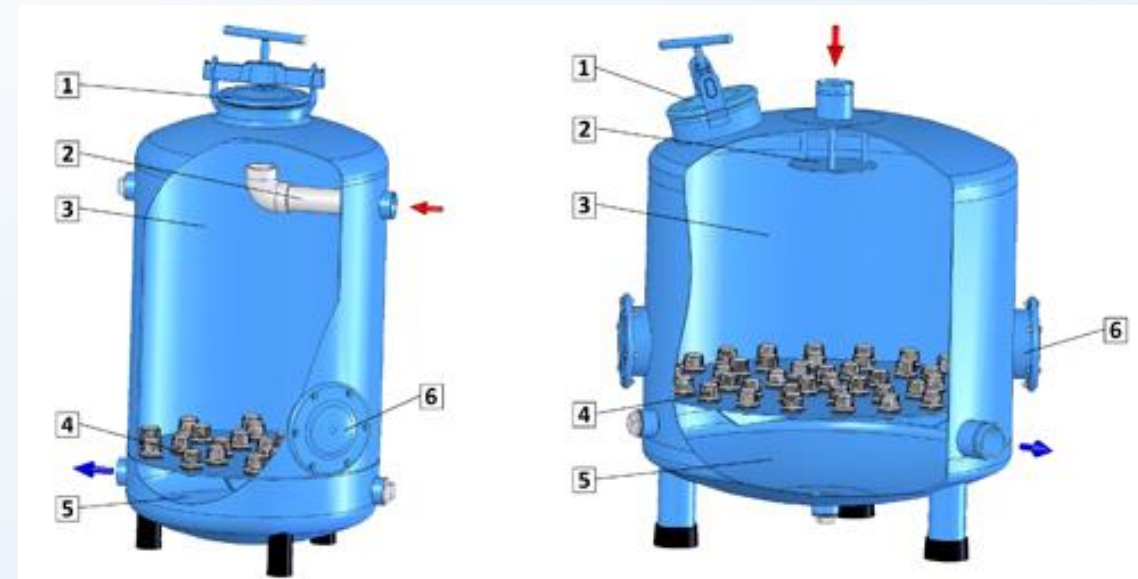
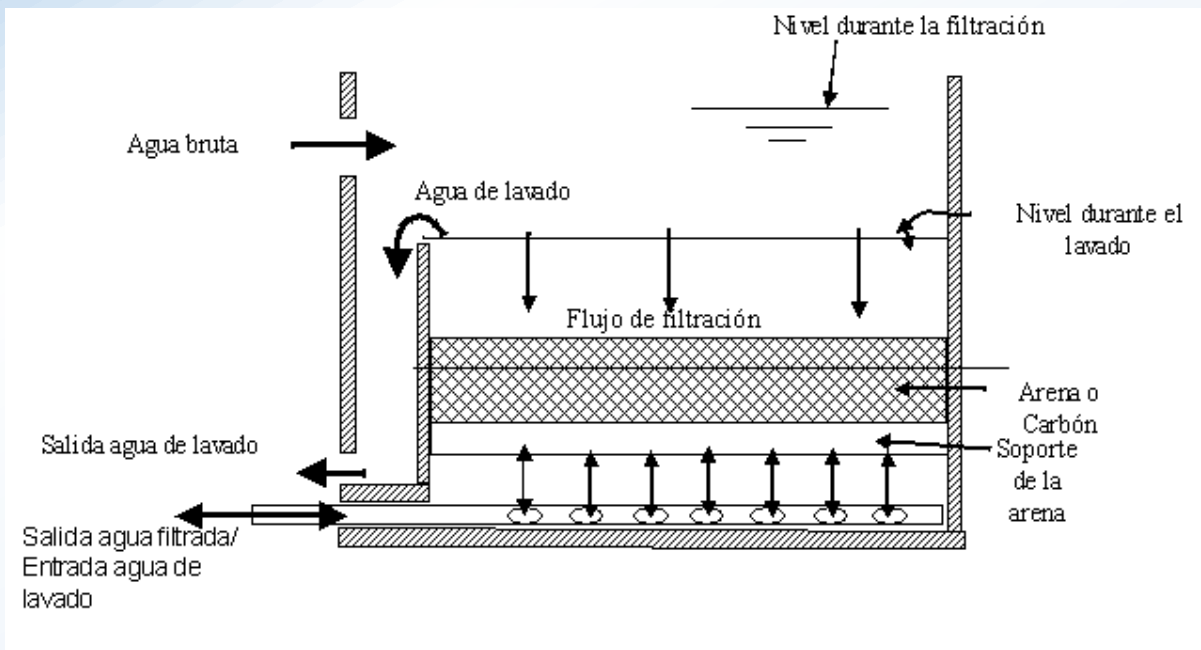


# POTABILIZACIÓN DEL AGUA



## Procesos de tratamiento

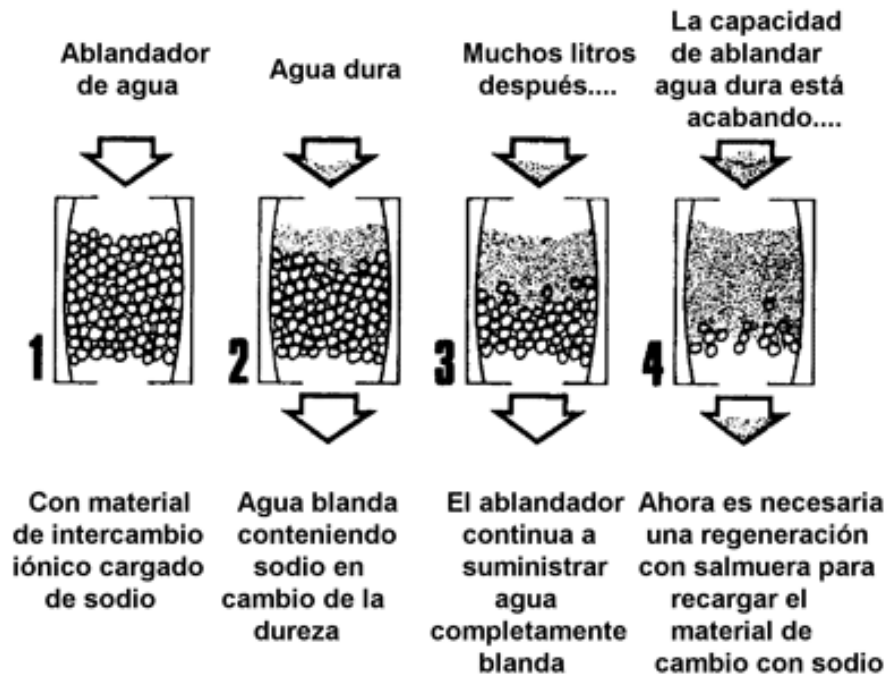
### Filtración



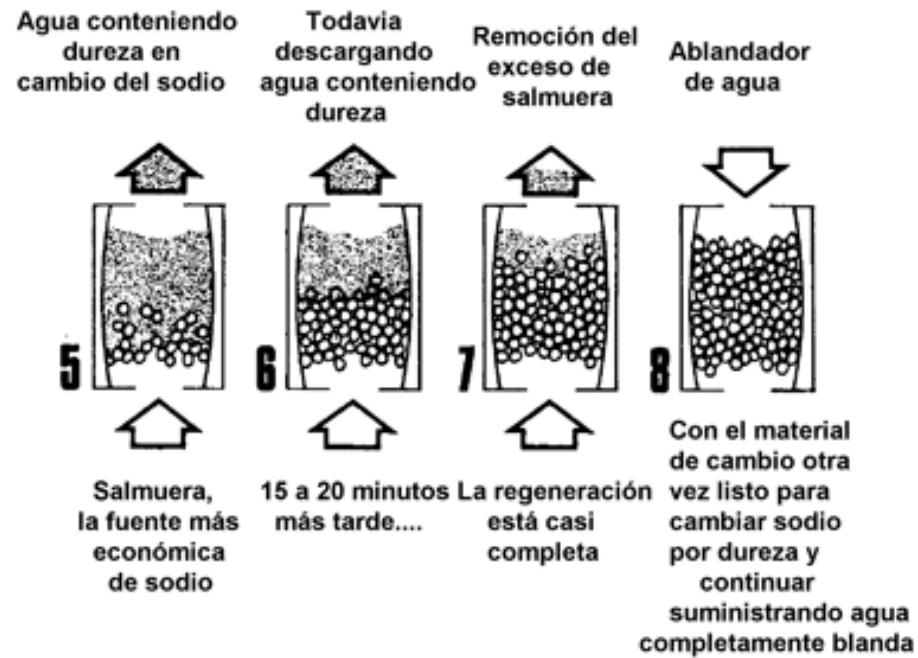
## Procesos de tratamiento

### Ablandamiento de agua

#### Ciclo de Ablandamiento

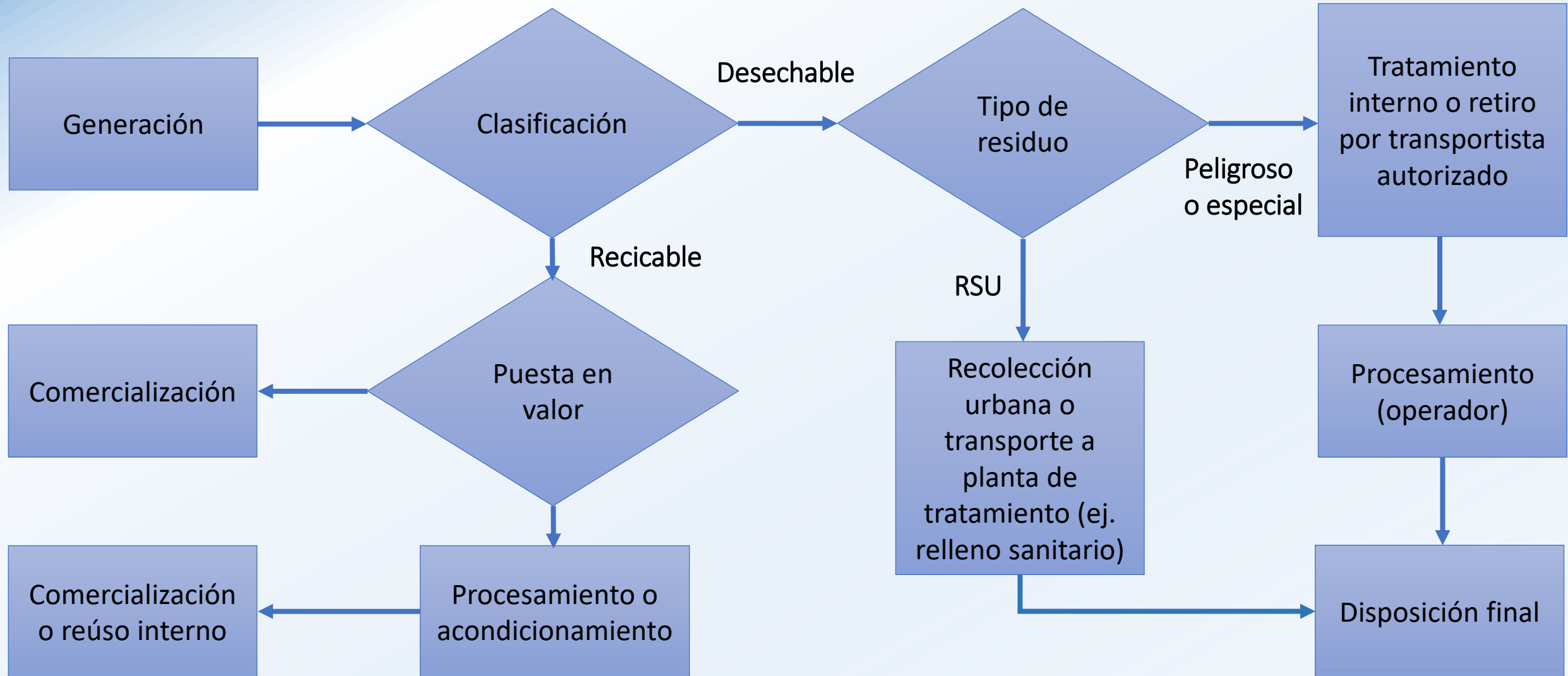


#### Ciclo de Regeneración





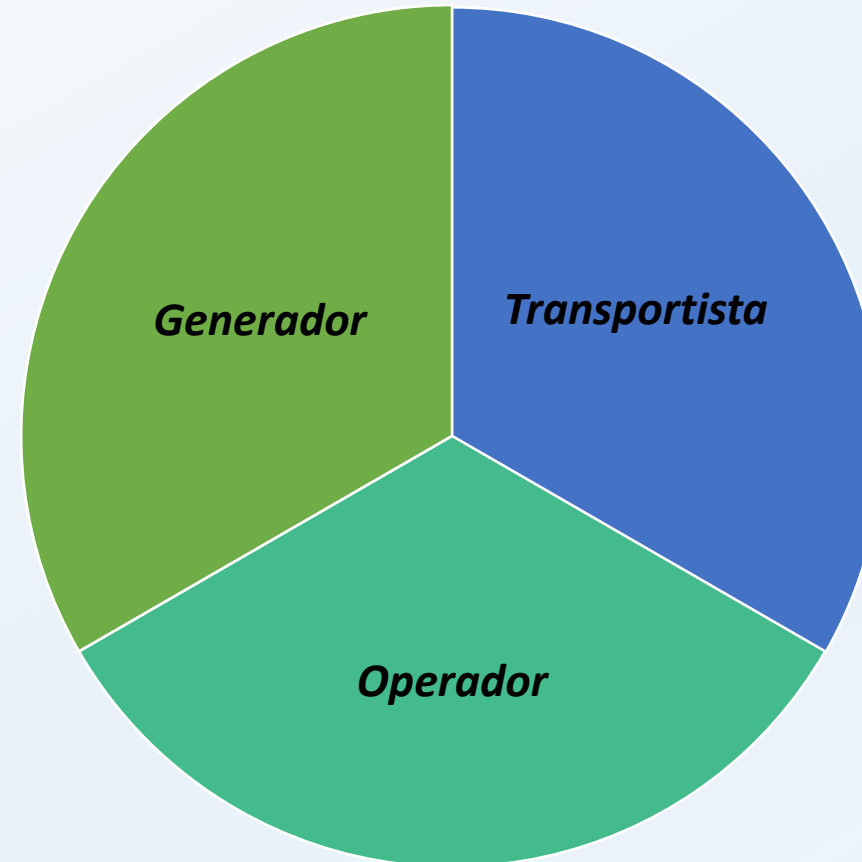
## Etapas



## Residuos peligrosos

Ley 24.051

*Todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Quedan excluidos los residuos domiciliarios, los radiactivos y los derivados de las operaciones normales de los buques, ya que éstos se rigen por leyes especiales y convenios internacionales.*



# Fuentes de consulta

- Departamento General de Irrigación, Resolución 400/03 HTA, Boletín Oficial N° 26.944 de la Provincia de Mendoza, Argentina, 15 de Julio de 2003.
- Departamento General de Irrigación, Resolución 627/00 HTA, Boletín Oficial N° 26.303 de la Provincia de Mendoza, Argentina, 15 de Diciembre de 2000.
- Díaz Báez, M.C. (1987). Reactores anaeróbicos de alta tasa. Ingeniería e Investigación 4 (2); 11-18.
- EPAS, Normas de calidad de agua y efluentes. Resolución N° 35/96, Ente Provincial de Agua y Saneamiento, Mendoza, Argentina, 1996.
- Erijman, L. (2010). Tratamiento de efluentes en la industria láctea – Problemas y soluciones. INGEBI – CONICET.
- Gandarillas, V. et (2017). Revisión de las experiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante reactores UASB en Cochabamba-Bolivia comparadas con las de Latinoamérica, India y Europa. Investigación & Desarrollo.
- Groppelli, E. Tratamiento de Efluentes Líquidos. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral.
- Gutiérrez, C. & Pérez Olmo, J. (2007), Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales, Ed. Universitaria, ISBN 978-959-16-0619-8.
- Juárez-Rodríguez, J.C et al (2016). Tratamiento biológico del agua residual doméstica: Evaluación del proceso en una planta en la ciudad de Mexicali.
- Lin, S. D. (2007). Water and Wastewater Calculations Manual. McGraw Hill, USA.
- Metcalf & Eddy (1998), Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización, Ed. Mc. Graw-Hill.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (s/f). Estructura normativa de residuos. Gobierno de Argentina.

# Fuentes de consulta

- Nemerow, N. (1977), Aguas Residuales Industriales: teoría, aplicaciones y tratamiento, Ed. H Blume.
- OPS/CEPIS (2002). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Manual de capacitación para operadores.
- Ortiz Bardales, P (2014). Fundamentos de tratamiento por lagunas. SANAA. Honduras.
- Ramalho, R.S. (1996), Tratamiento de aguas residuales, Editorial Reverté S.A., Buenos Aires.
- Rigola Lapeña, M. (1989), Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de proceso y residuales. Boixareu Ed.
- Woodard & Curran Inc. (2006). Industrial Waste Treatment Handbook, Second Edition.

## WEB

- [www.aguasresiduales.info](http://www.aguasresiduales.info)
- Ingeniería de tratamiento de aguas residuales: Proceso de potabilización (<http://www.estrucplan.com.ar>)
- <http://www.elaguapotable.com>
- <http://procesosbio.wikispaces.com>
- Procesos de Neutralización de RILes (<http://www.cec.uchile.cl/~leherrer/iq651/Apunte1/Fisicoqapu01.htm>)
- Curso básico de control de la calidad del agua. Ministerio de Desarrollo Económico – Sistema Nacional de Aprendizaje. Colombia ([http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/#)).