



Ciclo de 20

MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

AGUASRESIDUALES.INFO



# MasterClass 18

“La depuración de las aguas residuales en las pequeñas poblaciones.”

## Juan José Salas - El Médico del Agua

Ex-Director de los Servicios Tecnológicos de la Fundación CENTA.  
Jubilado.



02  
Junio

Ciclo de 20  
MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

## INDICE

- 1.- Breve introducción**
- 2.- Conceptos básicos de partida**
- 3.- ¿Qué es una pequeña aglomeración urbana?**
- 4.- ¿Por qué hablamos de la depuración en las pequeñas aglomeraciones urbanas?**
- 5.- ¿Es importante la depuración en las pequeñas aglomeraciones urbanas?**
- 6.- ¿Se depura de forma diferente en las pequeñas aglomeraciones urbanas?**
- 7.- Un poco de historia sobre la depuración en las pequeñas aglomeraciones urbanas**
- 8.- Conclusiones**

# Breve introducción

# Donde he aprendido

## El Centro de I+D+i de Carrión de los Céspedes (Sevilla)



Inauguración: 1990

Extensión: 41.000 m<sup>2</sup>

Sistemas de tratamiento: > 40

Parcelas ensayos reúso agrícola: 6.000 m<sup>2</sup> + 12.000 m<sup>2</sup> (olivar)

Laboratorios

Aulas de formación

Estación meteorológica (AEMET)

<https://www.youtube.com/watch?v=SqDTQ3vcAlc>

# Conceptos básicos de partida

De acuerdo con la ***Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales:***

- ***No hablamos de poblaciones sino de aglomeraciones urbanas***
- ***No hablamos de habitantes sino de habitantes equivalentes***

La Directiva 91/271/CEE se traspuso al ordenamiento jurídico español mediante:

- **Real Decreto Ley 11/1995**
- **Real Decreto 509/1996**
- **Real Decreto 2116/1998**

# ¿Qué es una aglomeración urbana?

“Zona geográfica formada por uno o varios municipios, o por parte de uno o varios de ellos, que por su población o actividad económica constituya un foco de generación de aguas residuales, que justifique su recogida y conducción a una instalación de tratamiento o a un punto de vertido final” (R.D. 11/1995).

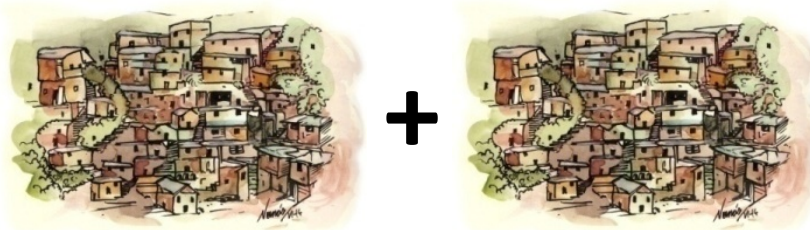
Un municipio



EDAR

Partes de varios municipios

Varios municipios



EDAR



EDAR

Partes de un municipio



EDAR

EDAR



## ¿Qué son los habitantes equivalentes?

**1 h.e. (habitante equivalente):** la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO<sub>5</sub>), de 60 gramos de oxígeno por día (R.D. 11/1995).

$$\text{h.e.} = Q \text{ (m}^3\text{/d)} \times \text{DBO}_5 \text{ (mg O}_2\text{/l = g O}_2\text{/m}^3\text{)} / 60 \text{ g O}_2\text{/d}$$

# ¿Qué son los habitantes equivalentes?

Country/Region	BOD <sub>5</sub> (g/person/day)	Range	Reference
Africa	37	35 – 45	1
Egypt	34	27 – 41	1
Asia, Middle East, Latin America	40	35 – 45	1
India	34	27 – 41	1
West Bank and Gaza Strip (Palestine)	50	32 – 68	1
Japan	42	40 – 45	1
Brazil	50	45 – 55	2
Canada, Europe, Russia, Oceania	60	50 – 70	1
Denmark	62	55 – 68	1
Germany	62	55 – 68	1
Greece	57	55 – 60	1
Italy	60	49 – 60	3
Sweden	75	68 – 82	1
Turkey	38	27 – 50	1
United States	85	50 – 120	4

Note: These values are based on an assessment of the literature. Please use national values, if available.

Reference:

1. Doorn and Liles (1999).
2. Feachem *et al.* (1983).
3. Masotti (1996).
4. Metcalf and Eddy (2003).

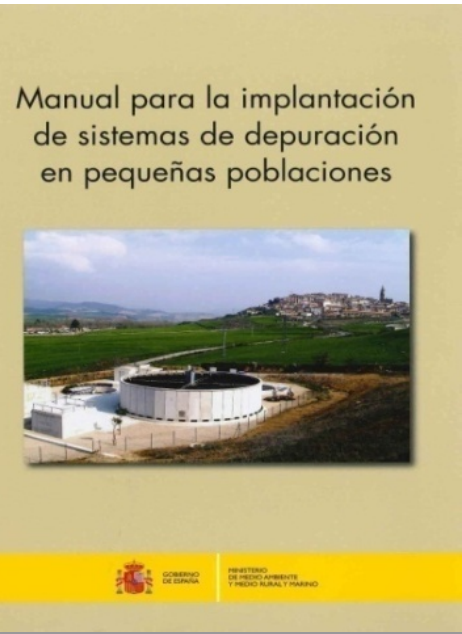
# ¿Qué es una pequeña aglomeración urbana?

De acuerdo con la *Directiva 91/271/CEE* y con el *R.D. 11/1995*, definimos como *pequeña aglomeración urbana* la que cuenta *con menos de 2.000 habitantes equivalentes* y a la que se le exige *un tratamiento adecuado*.

Recientemente comienza a hablarse de *aglomeraciones menores de 5.000 habitantes equivalentes*.

**“El Ministerio para la Transición Ecológica lanza un plan específico de saneamiento y depuración de aguas para poblaciones de menos de 5.000 habitantes”**

<https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Manual+CEDEX2.pdf/32188fba-b20f-ecac-fb01-49a15e0e3cd9?t=1578648844927>



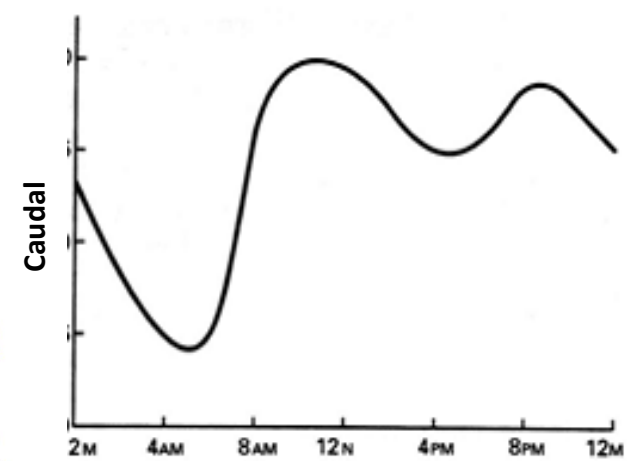
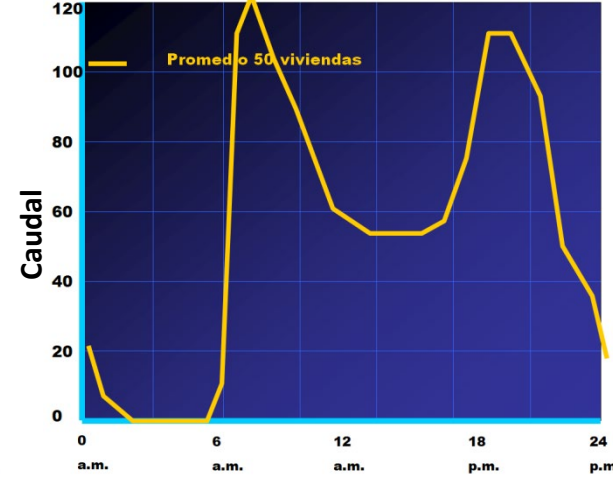
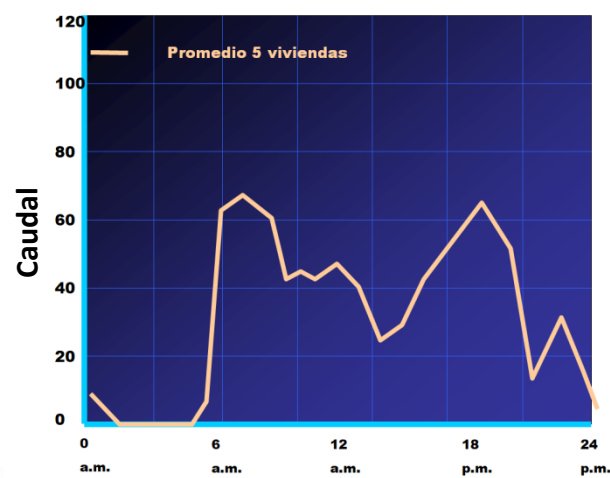
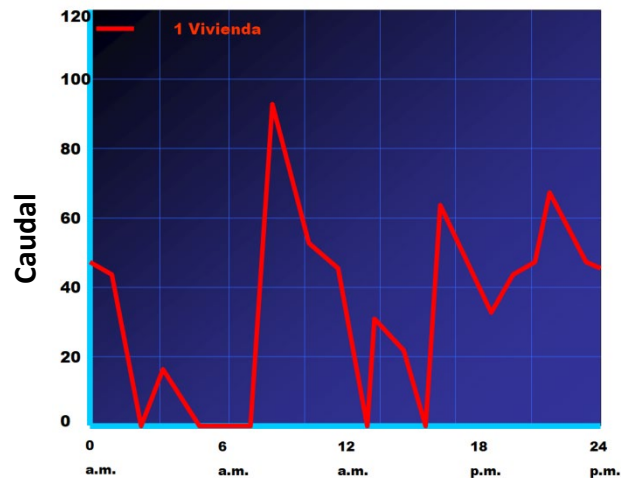
# ¿Por qué hablamos de la depuración en las pequeñas aglomeraciones urbanas?

# Condicionantes de carácter:

- Técnico
- Socioeconómico
- Normativo

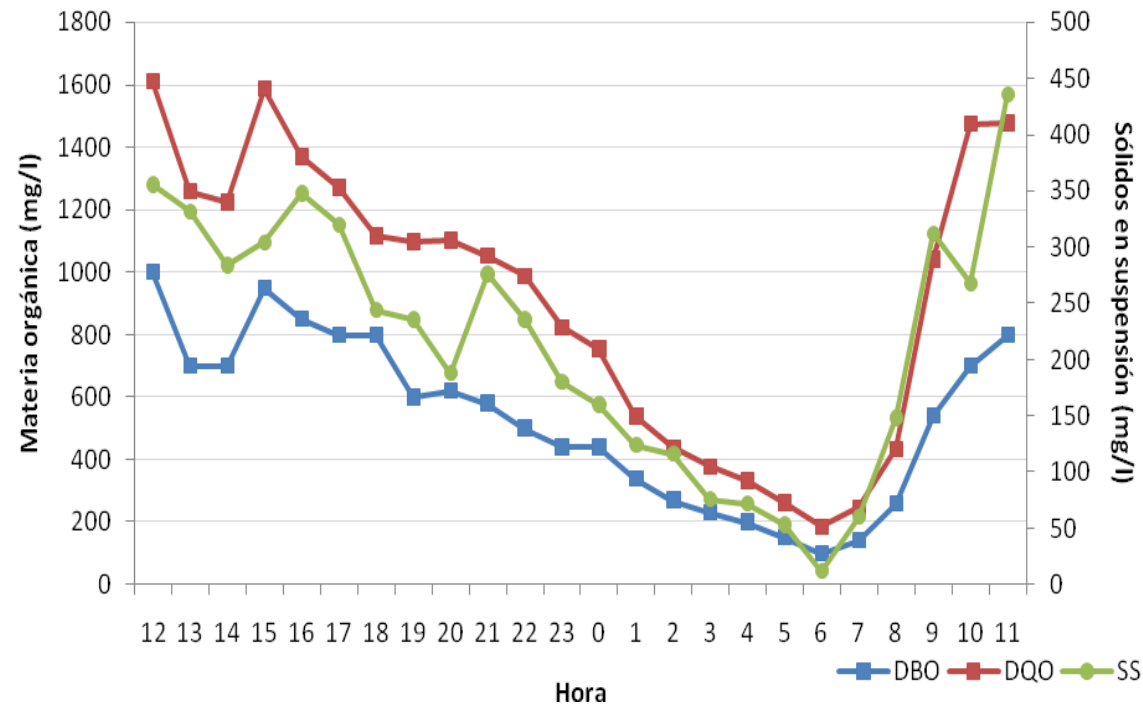
# Condicionantes de carácter técnico

*Fuertes oscilaciones diarias de los caudales de las aguas residuales a tratar*



# Condicionantes de carácter técnico

*Fuertes oscilaciones diarias de las concentraciones de las aguas residuales a tratar*





# Condicionantes de carácter técnico

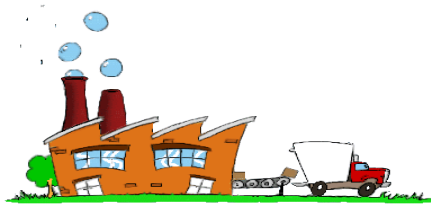
## *Oscilaciones estacionales de los caudales y cargas de las aguas residuales a tratar*

Dada la *escasa cuantía de los vertidos* generados en las pequeñas aglomeraciones urbanas, sus caudales y cargas contaminantes se ven muy afectados por:

- INCREMENTOS ESTACIONALES DE LA POBLACIÓN A TRATAR
- VERTIDOS AGROINDUSTRIALES
- INTRUSIONES EN LA REDES DE ALCANTARILLADO, POR SU ESTADO DEFICIENTE

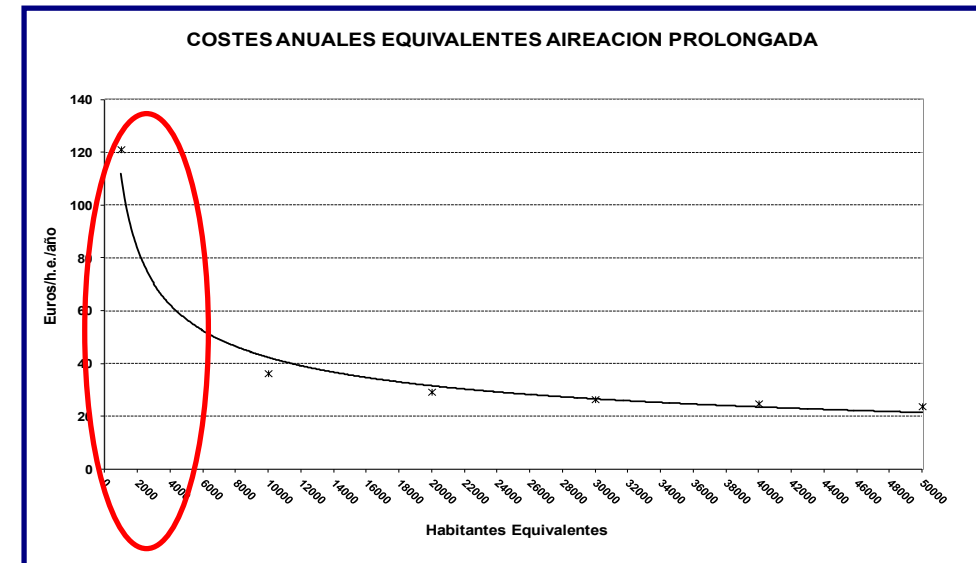
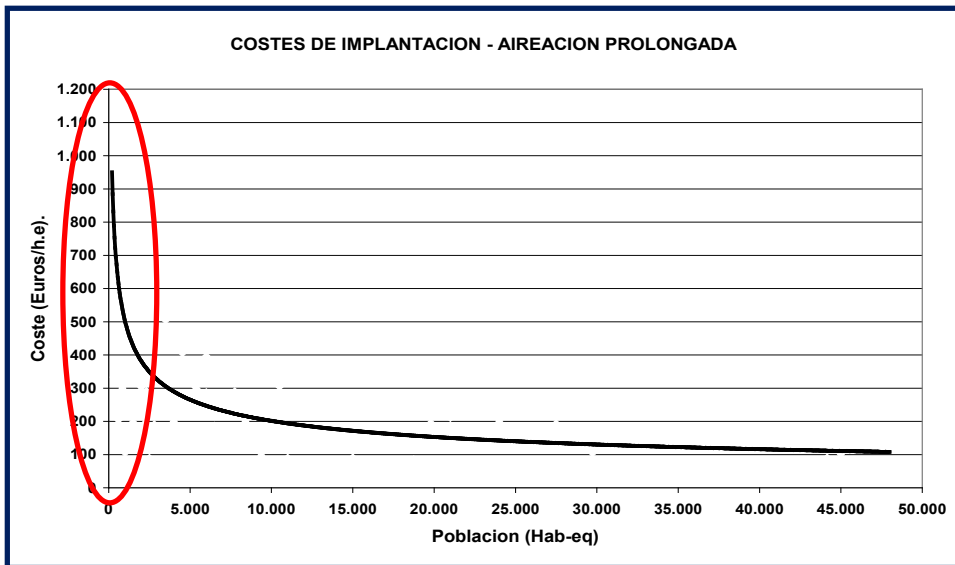
# Condicionantes de carácter técnico

*Oscilaciones estacionales de los caudales y cargas de las aguas residuales a tratar*



# Condicionantes de carácter socioeconómico

*Las pequeñas aglomeraciones urbanas no se benefician de la economía de escala*



# Condicionantes de carácter normativo

Tipo de tratamiento	Parámetro	Concentración (mg/L)	Porcentaje de reducción (%)
Primario	Sólidos en suspensión	-	>50
	DBO <sub>5</sub>	-	>20
Secundario	Sólidos en suspensión	<35	>90
	DBO <sub>5</sub>	<25	70 - 90
	DQO	<125	>75
Más riguroso	N <sub>T</sub> (10.000-100.000 h.e.)	<15	70 - 80
		<10	70 - 80
	P <sub>T</sub> (10.000-100.000 h.e.)	<2	>80
		<1	>80
Adecuado	El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso y/o sistema de eliminación en virtud del cual, después del vertido de dichas aguas, las aguas receptoras cumplan los objetivos de calidad pertinentes y las disposiciones pertinentes de la presente y de las restantes Directivas comunitarias.		

Directiva 91/271/CE

# Condicionantes de carácter normativo

- En España no existe regulación específica del tratamiento adecuado.
- Los valores límites de emisión se fijan en la autorización de vertido.
- Generalmente se exigen los límites de la Directiva 91/271/CEE referidos a Tratamiento Secundario ( $SS \leq 35 \text{ mg/l}$ ;  $DBO_5 \leq 25 \text{ mg/l}$ ;  $DQO \leq 125 \text{ mg/l}$ ) y cada vez es más frecuente que se exija la reducción de N y P.

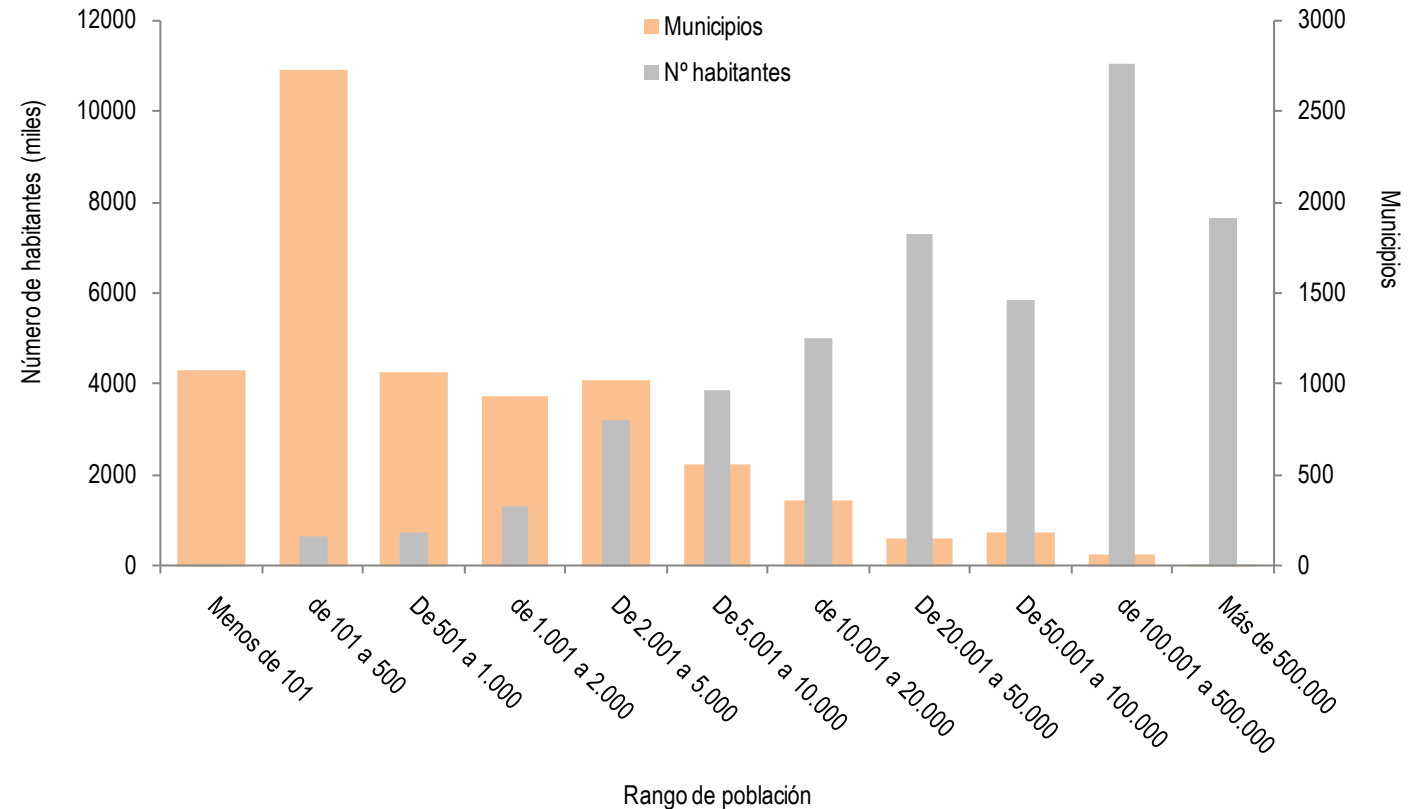
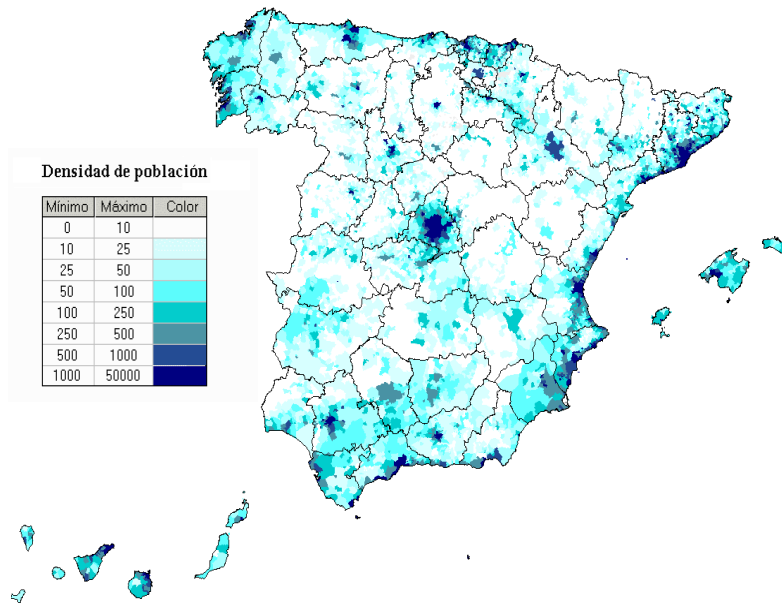
# Condicionantes de carácter normativo

*Plazo para acometer el tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas aglomeraciones urbanas*

Las aglomeraciones urbanas que cuenten con menos de 2.000 habitantes equivalentes y viertan en aguas continentales y estuarios, dispondrán de un tratamiento adecuado para sus aguas residuales, antes del 1 de enero del año 2006 (RD Ley 11/1995, Artículo 6).

# ¿Es importante la depuración en las pequeñas aglomeraciones urbanas?

**En España, de los 8.131 municipios existentes, cerca de 6.000 (~75%) cuentan con una población menor de 2.000 habitantes.**





Manual para la implantación  
de sistemas de depuración  
en pequeñas poblaciones



De acuerdo con el “*Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*”, en el 2009, por debajo de los 2.000 habitantes equivalentes quedaban:

- **3-4 millones de habitantes equivalentes sin depurar**
- **más de 6.000 aglomeraciones sin depurar, muchas de ellas menores de 500 habitantes equivalentes**

**El Plan de Saneamiento de Galicia (2000-2015) recoge la existencia de 1.388 aglomeraciones urbanas, que se repartían, por rangos de población, de acuerdo con la tabla adjunta.**

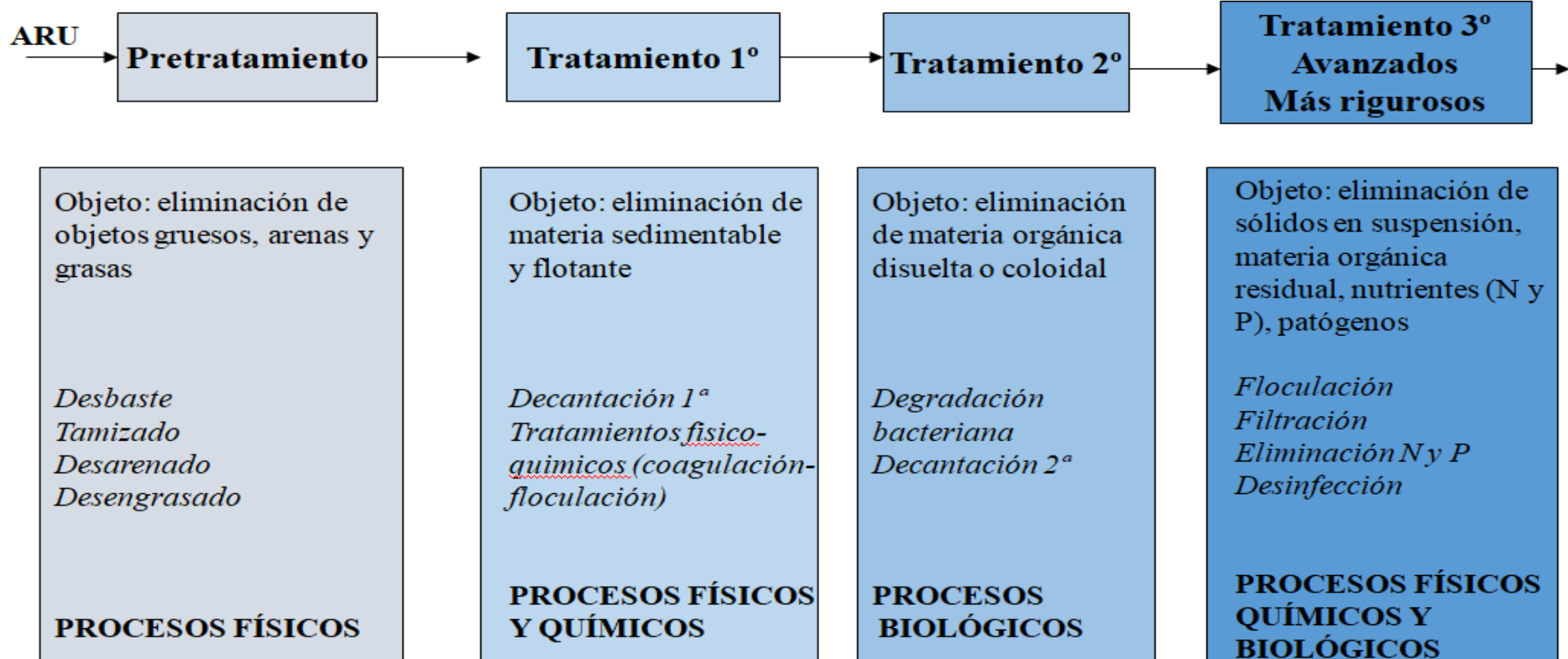
Rango de población (habitantes)	Número de aglomeraciones
0 – 100	185
100 – 200	489
200 – 300	207
300 - 400	111
400 - 500	68
500 - 600	42
600 - 700	41
700 - 800	25
800 - 900	17
900 - 1.000	15
1.000 - 2.000	77
>2.000	111

El **92,0%** de las aglomeraciones urbanas gallegas son menores de 2.000 habitantes.

El **76,3%** de las mismas está por debajo de los 500 habitantes.

Destaca el rango 100-200 habitantes, que cuenta con el **35,2%** del total de las aglomeraciones urbanas.

**¿Se depura de forma  
diferente en las pequeñas  
aglomeraciones urbanas?**

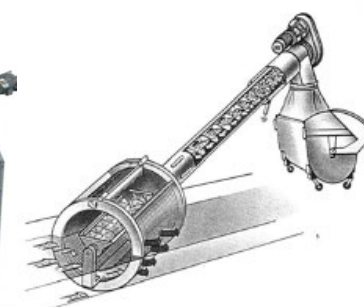
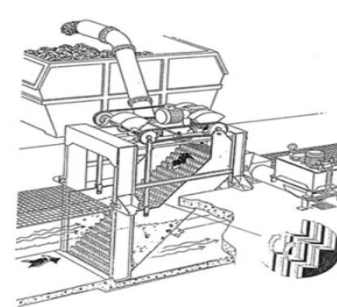
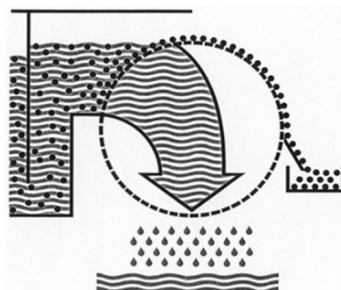
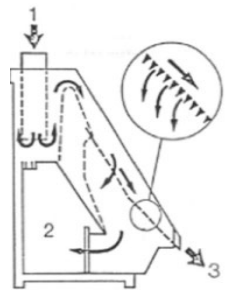
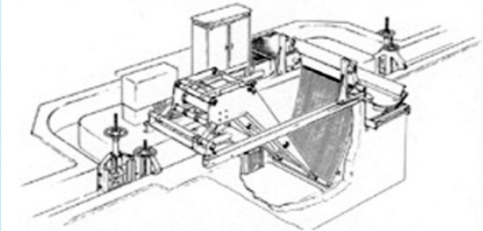
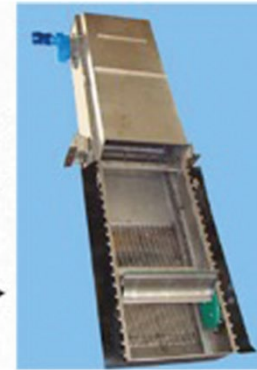
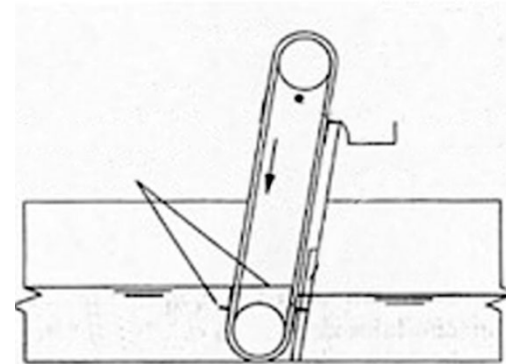
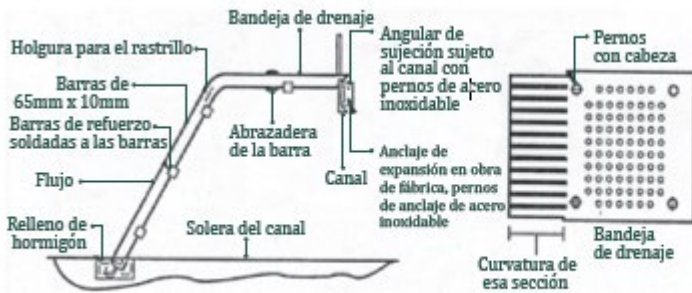


# Pretratamiento

## Desbaste

### Objetos gruesos

- Arenas
- Grasas
- Materia sedimentable/flotante
- Materia orgánica disuelta o coloidal
- Nutrientes
- Patógenos



Objetos gruesos

**Arenas**

Grasas

Materia sedimentable/flotante

Materia orgánica disuelta o coloidal

Nutrientes

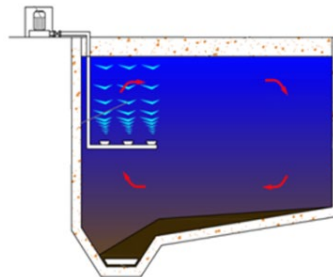
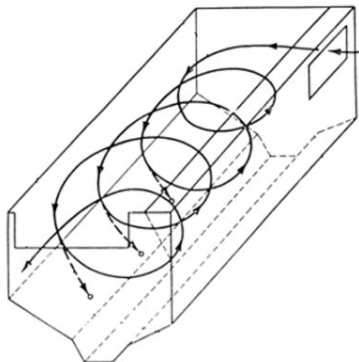
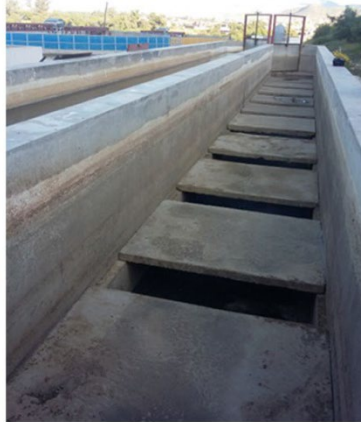
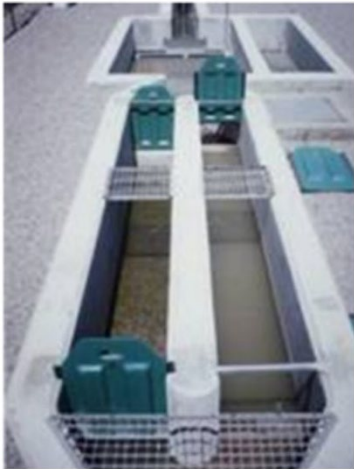
Patógenos

**MasterClass**  
patrocinada por:



# Pretratamiento

## Desarenado



Objetos-gruesos

Arenas

**Grasas**

Materia sedimentable/flotante

Materia orgánica disuelta o coloidal

Nutrientes

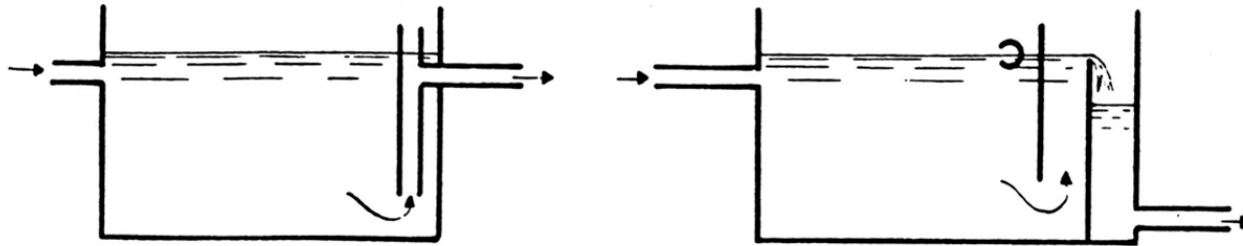
Patógenos

**MasterClass**  
patrocinada por:

**REMOSA**  **40**  
ANIVERSARIO  
1981  
2021  
La estrella del agua

# Pretratamiento

## Desengrasado



# Pretratamiento

## Pretratamientos compactos



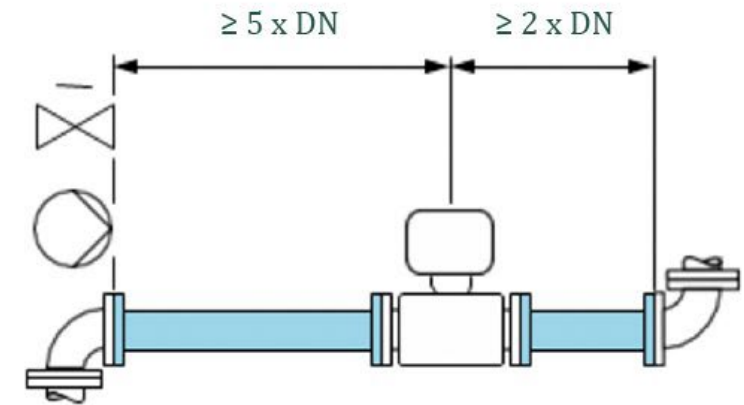
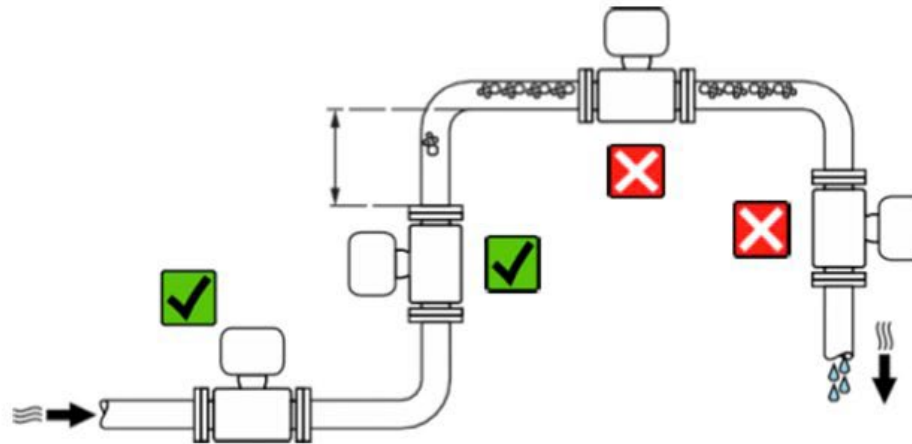
Fuente: SAVECO

**SE TIENDE A AUTOMATIZAR LA LIMPIEZA DE LAS DISTINTAS ETAPAS DEL PRETRATAMIENTO, ESPECIALMENTE EN EL DESBASTE**

**¡¡¡SI EL PRETRATAMIENTO NO OPERA ADECUADAMENTE, NINGUNA EDAR PUEDE OPERAR CORRECTAMENTE!!!**



# Medición de caudal

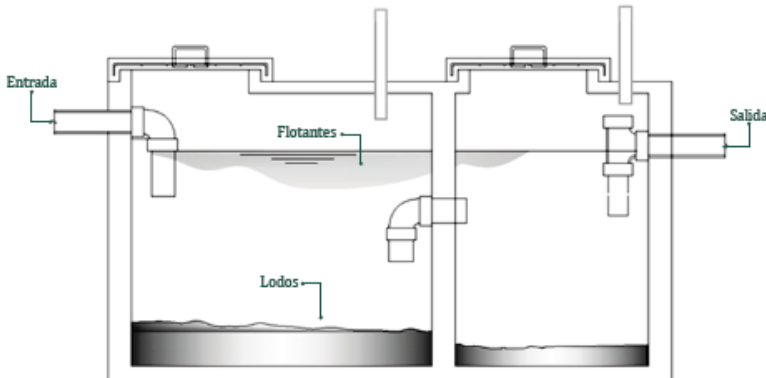


¡¡SI NO SE MIDEN ADECUADAMENTE LOS CAUDALES, LA EDAR NO PUEDE OPERAR CORRECTAMENTE!!

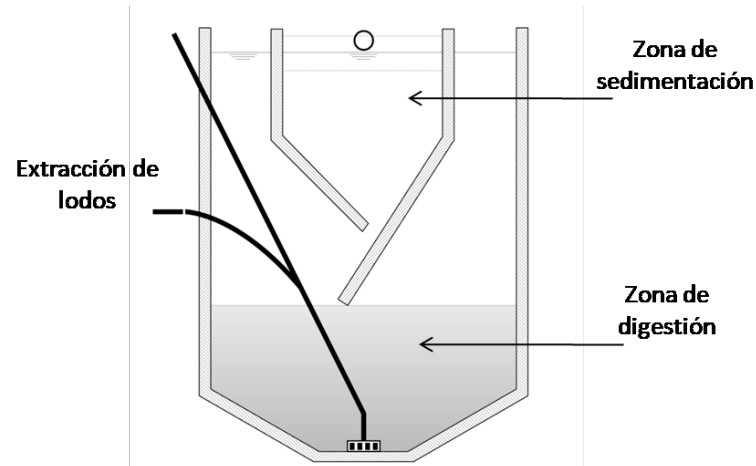
# Tratamientos Primarios

- Objetos-gruesos
- Arenas
- Grasas
- Materia sedimentable/flotante**
- Materia orgánica disuelta o coloidal
- Nutrientes
- Patógenos

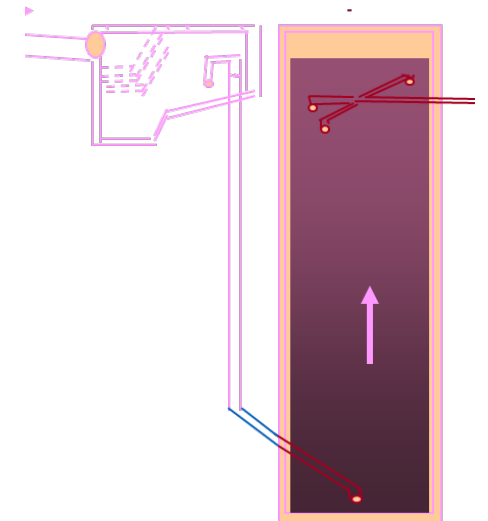
## Tanques Sépticos



## Tanques Imhoff



## Reactores Hidrolíticos



# Tratamientos Secundarios

- Objetos gruesos
- Arenas
- Grasas
- Materia sedimentable/flotante
- Materia orgánica disuelta o coloidal
- Nutrientes
- Patógenos

## PROCESOS ANAEROBIOS



## PROCESOS AEROBIOS



## PROCESOS MIXTOS

## PROCESOS ANAEROBIOS + PROCESOS AEROBIOS

# Tecnologías

## Energía vs. Superficie

TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS

energía



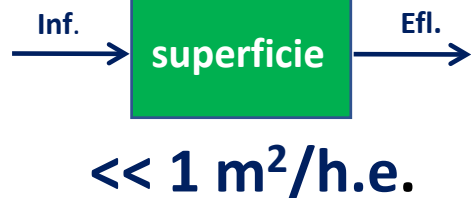
TECNOLOGÍAS INTEXT

eNeRgía



TECNOLOGÍAS INTENSIVAS

ENERGÍA



Inf. →



Efl. →

Inf. →



Efl. →

# Tecnologías Intensivas



Filtros Percoladores



Contactores Biológicos  
Rotativos (CBR)



Reactores de Biomasa Fija  
sobre Lecho Móvil (MBBR)

# Tecnologías Intensivas



Aireación Prolongada



Reactores Secuenciales  
Discontinuos (SBR)

# Tecnologías Intensivas: equipos prefabricados



**CBR**



**MBBR**



**SBR**



REACTOR BIOLÓGICO      CLARIFICADOR

**Aireación Prolongada**



REACTOR BIOLÓGICO      CLARIFICADOR

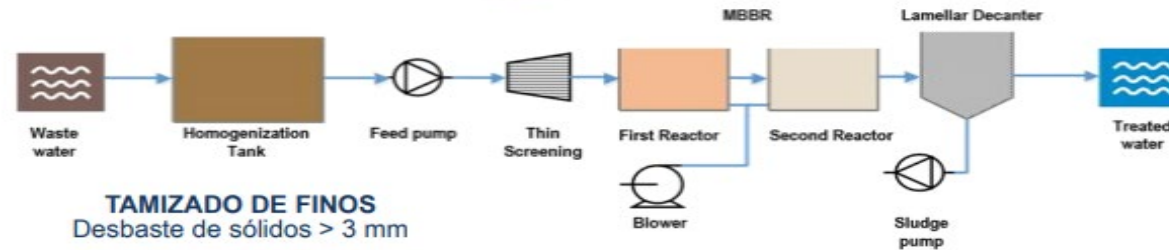
**Aireación Prolongada**



**MBR**

# Tecnologías Intensivas: equipos compactos

**Línea de tratamiento:  
DEPURACIÓN**

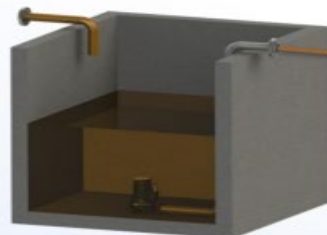


**TAMIZADO DE FINOS**  
Desbaste de sólidos > 3 mm

**MBBR**

**REACTORES BIOLÓGICOS Y DECANTADOR**  
Eliminación de materia orgánica y TSS

**TANQUE DE HOMOGENEIZACIÓN**  
Homogeneización de carga y caudal



Reactor biológico de alta carga

Reactor biológico de media carga

Decantador lamelar

**CASETA DE CONTROL**  
Cuadro de mandos, reactivos y equipos electromecánicos



# Tecnologías Intensivas



**Filtros Percoladores**

## Norma ATV A 281E

Tamaño población (h.e.)	$C_{v, DBO_5}$ (kg/m <sup>3</sup> /d)
1.000 - 2.000	≤ 0,40
900	≤ 0,38
700	≤ 0,34
500	≤ 0,29
300	≤ 0,25
100	≤ 0,21
50	≤ 0,20

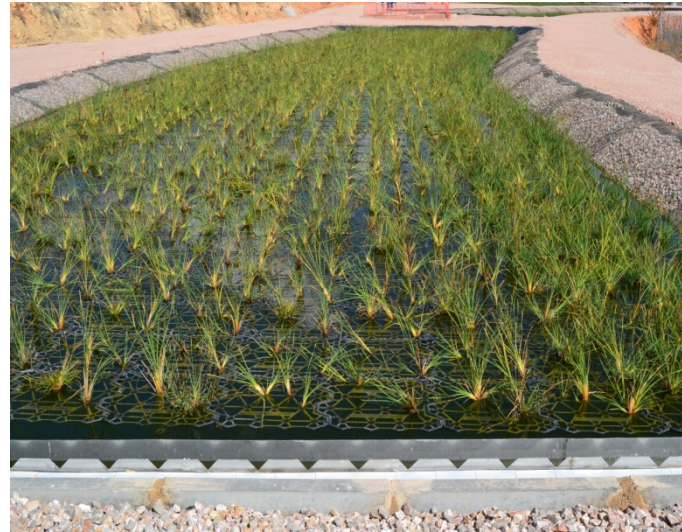
Para nitrificar la carga debe ser **menor de 0,3 kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.d**

Tamaño población (h.e.)	$C_{v, NTK}$ (kg/m <sup>3</sup> /d)
1.000 - 2.000	≤ 0,100
900	≤ 0,095
700	≤ 0,085
500	≤ 0,074
300	≤ 0,064
100	≤ 0,053
50	≤ 0,05

# Tecnologías Extensivas



**Humedales**



**Helófitas en Flotación**



**Filtros Intermitentes de  
Arena**

# Tecnologías Extensivas



Lagunaje



Lagunaje de Alta Carga  
(Lagunaje 2.0)



Filtros Verdes


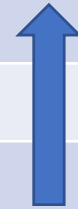
# Tecnologías Extensivas: Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)



Las **Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)** son un nuevo concepto que abarca a todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres.

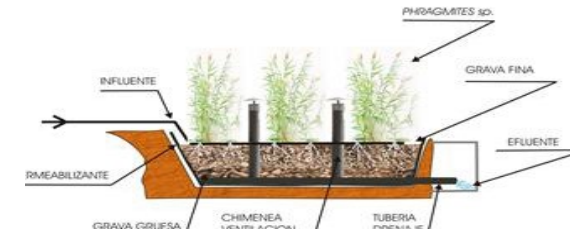
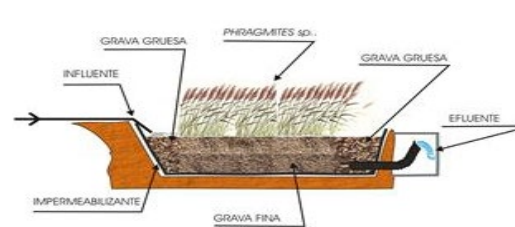
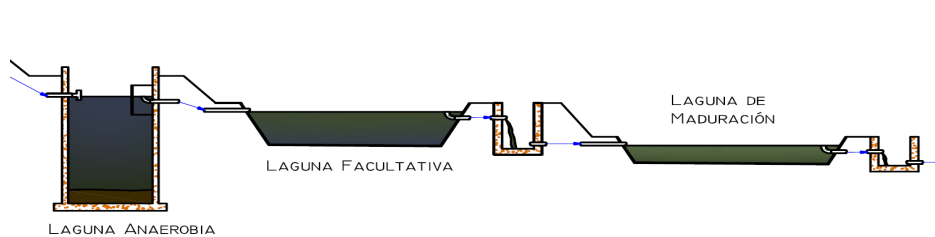
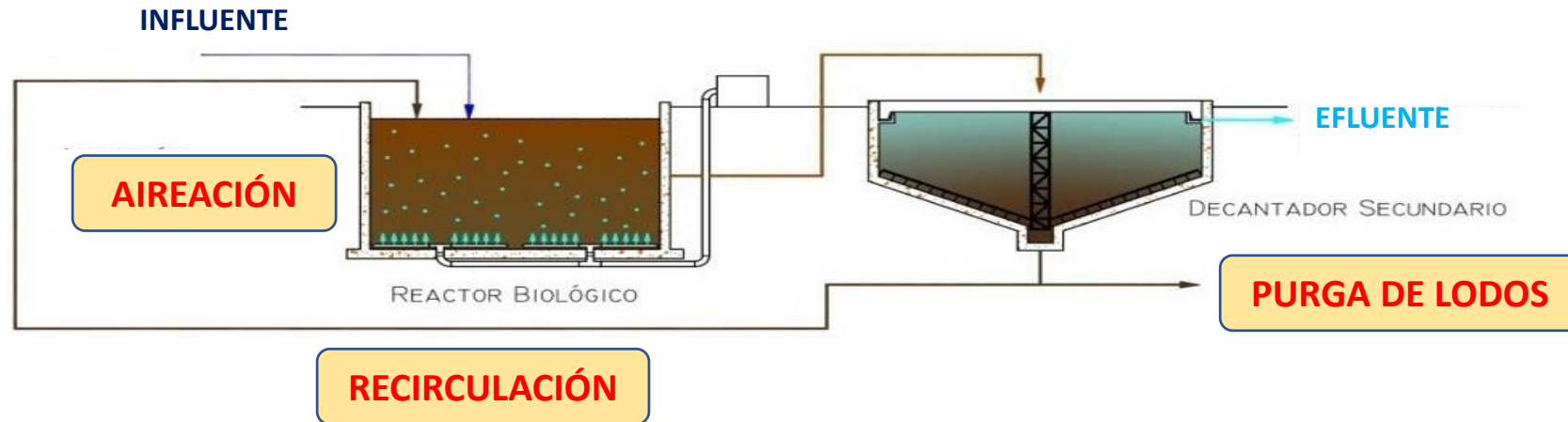
# Hándicaps para la implantación de Tecnologías Extensivas

## 1.- Elevados requisitos de superficie para su implantación

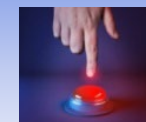
Tecnologías Extensivas	Requisitos de superficie (m <sup>2</sup> /h.e.)	
Filtros Verdes		<b>&gt; 1 m<sup>2</sup>/h.e.</b>
Lagunaje		
Humedales Artificiales Flujo Horizontal		
Humedales Artificiales Flujo Vertical		
Tecnologías Intensivas	Requisitos de superficie (m <sup>2</sup> /h.e.)	
Aireación Prolongada		<b>&lt;&lt; 1 m<sup>2</sup>/h.e.</b>
Lechos Bacterianos		
Contactores Biológicos Rotativos		

# Hándicaps para la implantación de Tecnologías Extensivas

## 2.- Falta de capacidad de control

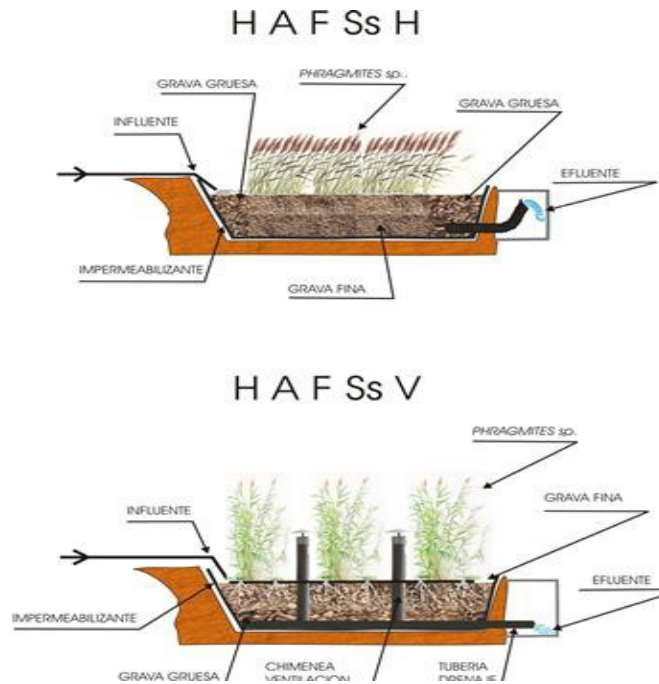


**¡¡¡NO TIENEN BOTONES!!!**



# Tecnologías Intext

## HUMEDALES AIREADOS



+

AIREACIÓN

< SUPERFICIE



# Tecnologías Intext

## INTENSIFICANDO LO EXTENSIVO

TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS



+

TECNOLOGÍAS INTENSIVAS



=

TECNOLOGÍAS INTEXT



**LA UNIDAD ES FUERZA, LA SINERGIA PODER (*Matshona Dhliwayo*)**



# Tecnologías

## Energía vs. Superficie

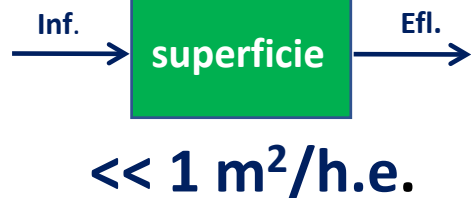
TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS

energía

X

TECNOLOGÍAS INTENSIVAS

ENERGÍA



Inf.

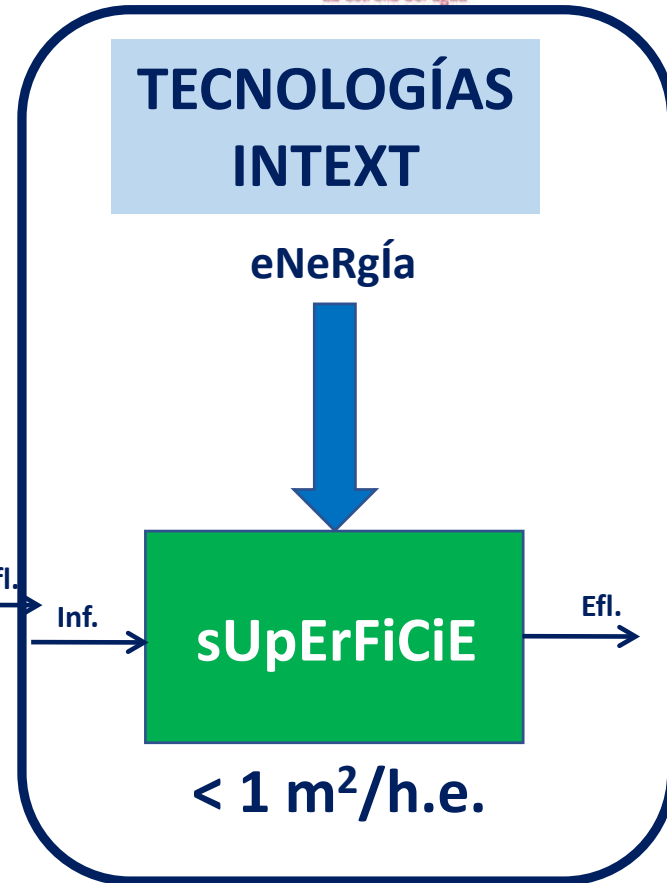
SUPERFICIE

Efl.

>> 1 m<sup>2</sup>/h.e.

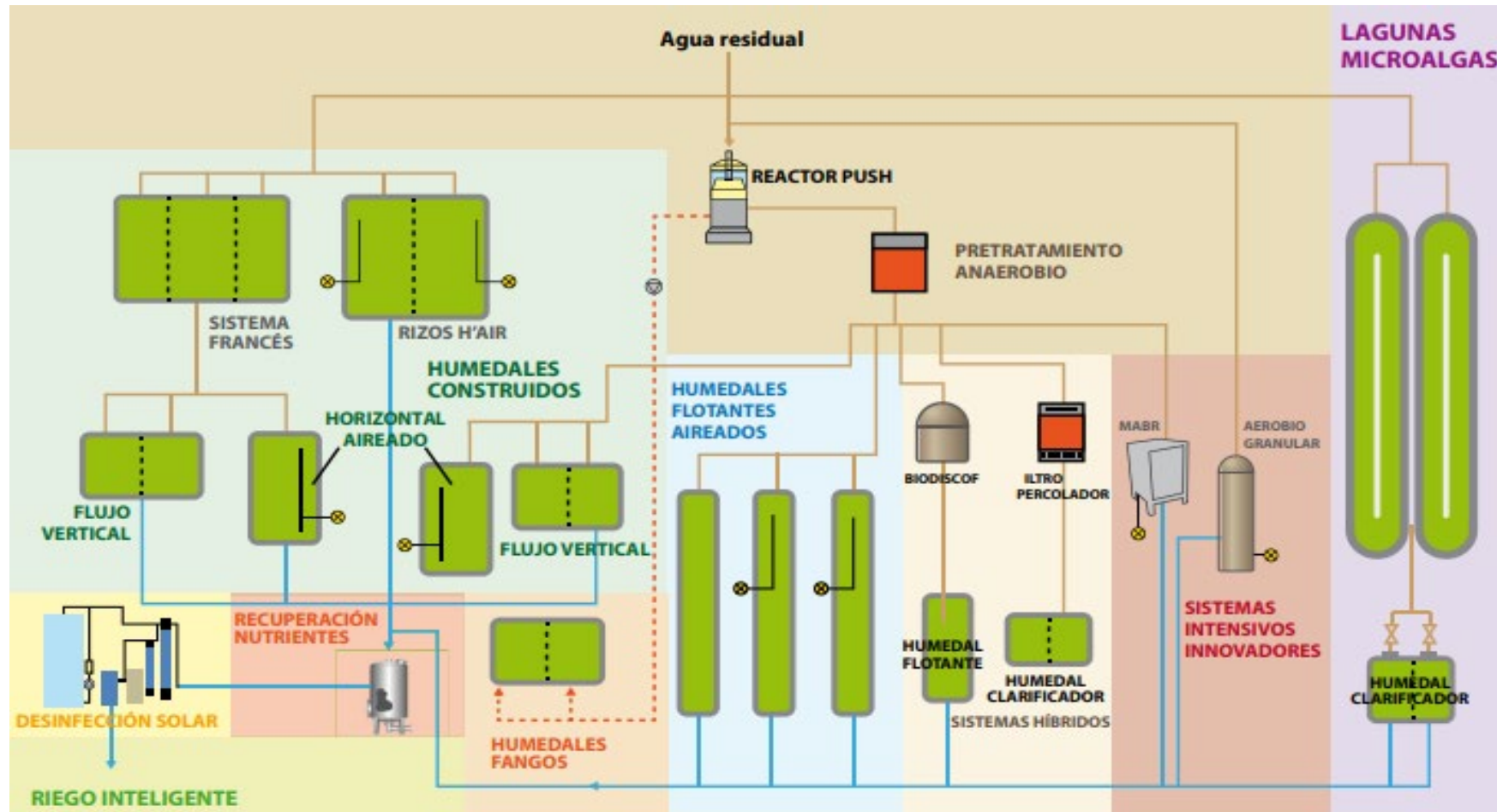
TECNOLOGÍAS INTEXT

eNeRgía



# Tecnologías Intext. Proyecto LIFE- INTEXT

<https://life-intext.eu>



EDAR de Talavera de la Reina (Toledo)

# Un poco de historia sobre la depuración en las pequeñas aglomeraciones urbanas

## Previo a los años 80

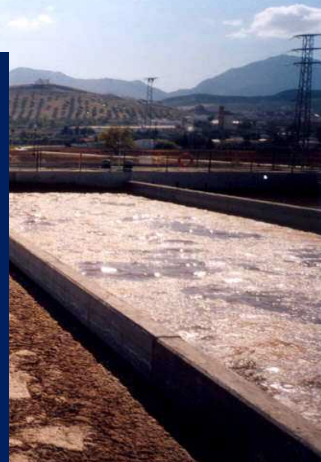
- Las tecnologías de depuración que se aplicaban en las pequeñas aglomeraciones eran mera reproducción, a menor escala, de las que se aplicaban en las grandes urbes.
- Predominaba la implantación de instalaciones basadas en la tecnología de **Aireación Prolongada**, que se disponían en instalaciones compactas, generalmente enterradas, en las aplicaciones de menor tamaño.





Causa: limitación de recursos técnicos y económicos para su adecuada explotación y mantenimiento

No se cuestionaba la adecuada selección ni los diseños



## En los años 80-90

- Se asiste al “boom” de las llamadas tecnologías de ***bajo coste***.
- Las tecnologías que alcanzaron un mayor grado de implantación a nivel nacional fueron los **Lagunajes** y los **Filtros de Turba**.







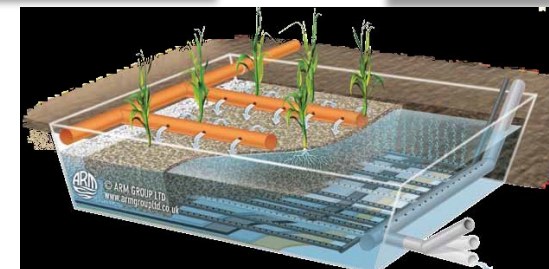
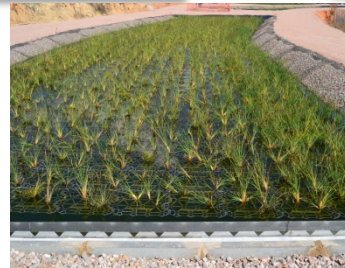
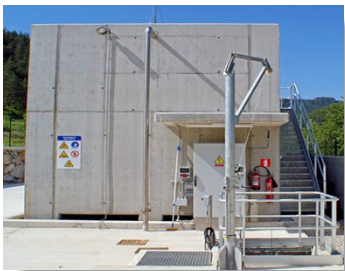


Causas: diseños deficientes, aplicación a rangos poblacionales muy superiores a los recomendados

No se cuestionaba la adecuada selección, ni los diseños, sino que directamente se dictaminaba:

**ESTAS TECNOLOGÍAS NO FUNCIONAN**

- **En la actualidad**, tras lo aprendido en las dos etapas anteriores, se comienza a tomar conciencia de que **la depuración en pequeñas aglomeraciones requiere otro enfoque mas exigente, tanto desde el punto de vista técnico como desde la gestión**, disponiéndose de un abanico de tecnologías (intensivas, extensivas y mixtas), todas ellas válidas en función de las características concretas de la aglomeración a tratar y de las exigencias de vertido.



# Conclusiones

**La depuración en pequeñas aglomeraciones urbanas es una asignatura pendiente, que ya empieza a aprobarse.**

**En depuración el tamaño sí que importa.**

**Todo el mundo trata de realizar algo grande,  
sin darse cuenta de que la vida se compone de COSAS  
PEQUEÑAS (*Frank Clark*).**

# EL INEVITABLE PASO DEL TIEMPO



EN LA ACTUALIDAD



EN LOS AÑOS 90

**EL ELIXIR DE LA  
ETERNA JUVENTUD,  
QUE TANTO  
BUSCARON LOS  
COLEGAS  
ALQUIMISTAS,  
ESTABA EN LAS  
AGUAS RESIDUALES**

*¡Muchas gracias por su atención!*

<https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas>

