






CRITERIA FOR SELECTING THE BEST TREATMENT SOLUTIONS IN SMALL COMMUNITIES

Tecnología	Rango de población (h.a.)	Costos de explotación (€/h.a.cita)	
LA	100-1.000	34-8	
FTSV	100-1.000	40-10	
HPSH	100-1.000	48-18	
FTm	100-1.000	44-14	
FTL	100-1.000	44-10	
Capacidad de adaptación a las subsecciones biológicas			
		44-10	
		41-14	
		24-16	
AP	FTSV / FTm / FIA / FIA ₂ / FT	FTSV / CMB / FT / WESH / HPSH	LA
Capacidad de adaptación a las subsecciones químicas			
			
			
HPSH / HPSH / FTm / FIA / FIA ₂ / FT	CMB / LB / MSSE	LA	AP / CMB

J.J.Salas 1, E.Ortega 2, Y.Ferrer 2, A.Real 1, C.A.Aragón 1

1 Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA)

2 Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

Sevilla, 27 de Abril de 2011

Introducción

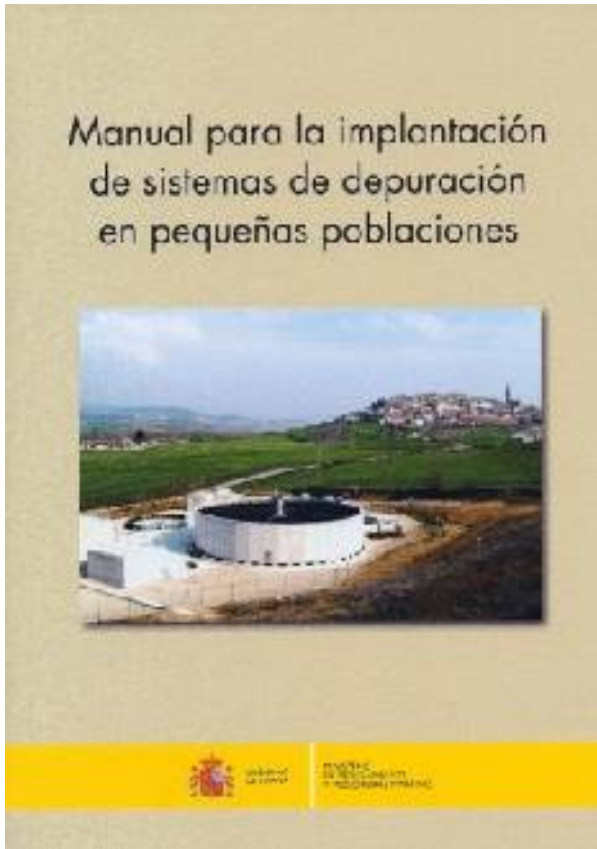
- Año 2007: Aprobación del Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración (2007-2015). Entre sus objetivos: abordar el saneamiento y la depuración de los **pequeños núcleos de población**.



Gran desconocimiento de la situación en este segmento poblacional

- Convenio de colaboración CEDEX-CENTA. Objetivos:
 - El estudio de las tendencias actuales observadas en España y otros países de la Unión Europea y resto del mundo en cuanto a depuración en pequeñas poblaciones.
 - El análisis de la situación en I+D+i en esta materia, estableciendo carencias y necesidades.
 - La elaboración de un Manual para la implantación de sistemas de depuración adecuados.

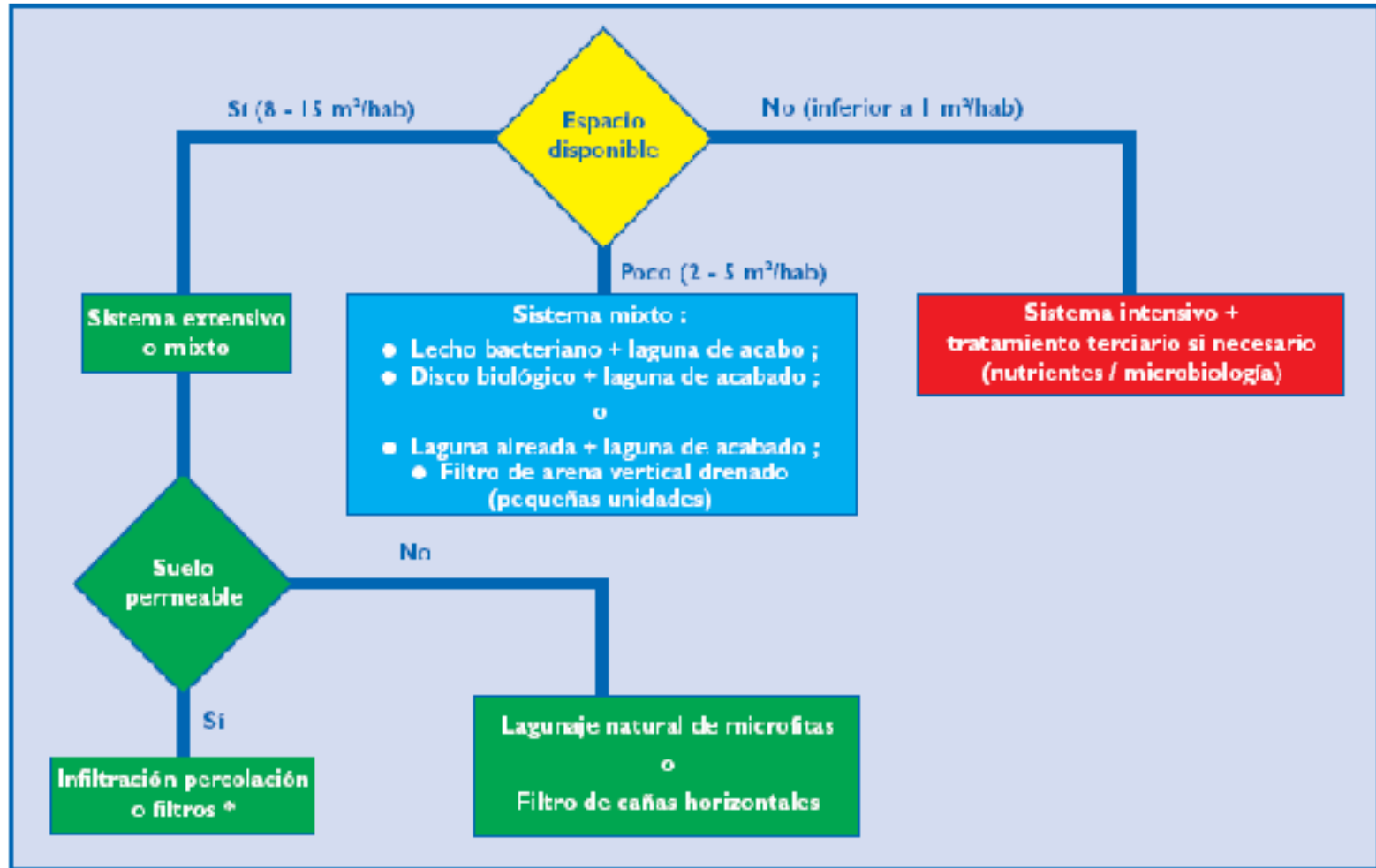
Métodos



- Estructura del Manual:
 - Presentación
 - Cap. 1. Aspectos Generales
 - Cap. 2. Información básica para la redacción de proyectos de estaciones depuradoras en pequeñas poblaciones.
 - Cap.3. Tecnologías de depuración aplicables en pequeñas poblaciones.
 - Cap.4. Obra de llegada, pretratamiento y medición de caudal.
 - Cap.5. Tratamientos primarios.
 - Cap.6. Tratamientos secundarios extensivos.
 - Cap.7. Tratamientos secundarios intensivos.
 - Cap.8. Combinación de tecnologías.
 - Cap.9. La gestión del fango en pequeñas poblaciones.
 - **Cap.10. Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento**
- Consensuado con grupos de expertos de diferentes ámbitos (Administración, Investigación y Empresarial).

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

- En forma de árbol de decisión



Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

- Mediante matrices de decisión

	Fosa Séptica	Tanque Imhoff	Zanjas Filtrantes	Lechos Filtrantes	Filtros de Arena	Pozos Filtrantes	Filtros Verdes	Lechos de Juncos	Infiltración Rápida	Escorrentía Superficial	Lechos Bacterianos	Biodiscos	Lechos de Turba	Aireación Prolongada	Físico-Químico	Lagunas Aireadas	Lagunas Aerobias	Lagunas Facultativas	Lagunas Anaerobias	Peso	
Super neces.	10	10	1	6	9	8	1	8	7	7	10	10	10	10	10	9	8	7	9	a ₁	
Simpl. Const.	10	8	10	10	9	7	10	10	9	10	7	7	9	5	5	7	8	8	8	a ₂	
Explot. Mant.	10	9	9	9	7	10	9	9	9	9	5	5	8	3	3	7	10	10	10	a ₃	
Costo Cons.	8	8	—	—	—	—	6	7	10	—	4	4	6	2	6	4	—	8	9	a ₄	
Costo Expl. y mant.	9	—	7	5	1	8	9	10	9	—	8	8	9	7	9	8	10	10	10	a ₅	
Rendimiento	4	5	8	8	7	—	9	7	8	8	7	8	7	8	7	7	7	7	6	a ₆	
Estabilidad	2	3	9	9	8	9	8	6	9	8	5	7	6	6	6	5	5	5	5	a ₇	
Impacto Amb.	7	7	8	8	5	8	6	7	5	5	8	9	8	7	8	6	6	6	6	a ₈	
Fangos	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	10	7	1	9	9	9	10	a ₉	
Total	$\sum_{i=1}^{i=9} w_i \cdot a_i$	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	$\sum_{i=1}^{i=9} w_i \cdot a_i$	
Nota	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇	A ₁₈	A ₁₉		

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

- **Criterios de selección:**

- ✓ Criterios técnicos
- ✓ Criterios económicos
- ✓ Criterios ambientales

Acrónimos empleados para las tecnologías de depuración

Tratamiento	Acrónimo	Tratamiento	Acrónimo
Fosa Séptica	FS	Filtro Intermitente de Arena (con recirculación)	FIAr
Tanque Imhoff	TI	Infiltración- Percolación	IP
Decantación Primaria	DP	Contactador Biológico Rotativo	CBR
Lagunaje	LA	Lecho Bacteriano	LB
Humedal de Flujo Subsuperficial Vertical	HFSV	Aireación Prolongada	AP
Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal	HFSH	Reactor Secuencial	SBR
Filtro de Turba modificado	FTm1	Reactor de Biopelícula Sobre Lecho Móvil	MBBR
Filtro Intermitente de Arena	FIA		

¹ Filtro de Turba diseñado de acuerdo a los nuevos criterios y parámetros recogidos en el Capítulo 6 del presente Manual.

Resultados y discusión

■ Criterios técnicos

- ✓ Calidad requerida del efluente según el medio receptor

Nivel de tratamiento alcanzado según la tecnología implantada

Tecnología	Nivel de tratamiento	SS (%)	DBO5 (%)	DQO (%)	N-NH4+ (%)	NT (%)	PT (%)
FS o TI	Primario	50-60	20-30	20-30	-----	-----	-----
DP	Primario	60-65	30-35	-----	-----	-----	-----
LA	Secundario (a excepción de los SS) 1	40-80	75-85	70-80	30-70	40-80	30-60
HFSH	Secundario	90-95	85-90	80-90	20-25	20-30	20-30
HFSV	Secundario con nitrificación	90-95	90-95	80-90	60-70	60-70	20-30
FTm	Secundario con nitrificación	85-95	90-95	80-90	85-95	15-20	70-80
FIA	Secundario con nitrificación	90-95	90-95	80-90	70-80	40-50	15-30
FIAr	Secundario con nitrificación	90-95	90-95	80-90	70-80	40-50	15-30
IP	Secundario con nitrificación	90-95	90-95	80-90	70-80	40-50	15-30
CBR	Secundario o Secundario con nitrificación ²	85-95	85-95	80-90	60-80	20-35	10-35
LB	Secundario o Secundario con nitrificación ²	85-95	85-95	80-90	60-80	20-35	10-35
AP	Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de NT ²	85-95	85-95	80-90	90-95	80-85	20-30
SBR	Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de NT ²	> 90	> 90	80-90	90-95	80-85	55-65
MBBR	Secundario o Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de NT ²	85-95	85-95	80-90	90-95	70-80	20-30 7

El laguna de nitrificación o secundario de los SS, si no es en una muestra filtrada, debido a la presencia de microalgas en el efluente. 2 Según como se diseña el proceso se alcanza uno u otro nivel de tratamiento.

▪ Criterios técnicos

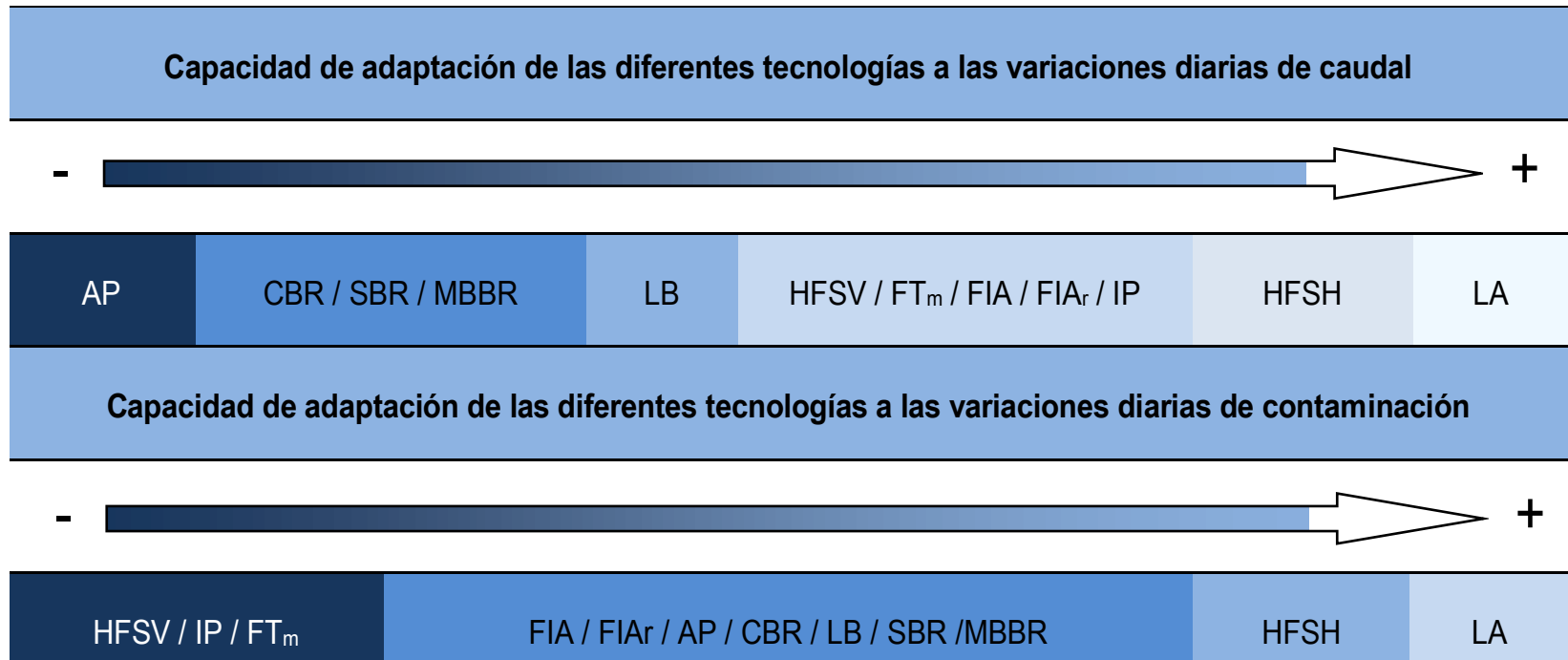
- ✓ Superficie del terreno disponible para la implantación de la EDAR

Clasificación de tecnologías según superficie requerida para su implantación

Requerimiento de superficie	Tecnologías
Muy Bajo (< 1 m ² / habitante equivalente)	AP, LB, CBR, MBBR, SBR
Bajo (1 - 3 m ² / habitante equivalente)	FIAr
Medio (3 - 5 m ² / habitante equivalente)	FIA, FTm ,HFSV
Alto (5 - 7 m ² / habitante equivalente)	IP
Muy Alto (> 7 m ² / habitante equivalente)	LA , HFSH

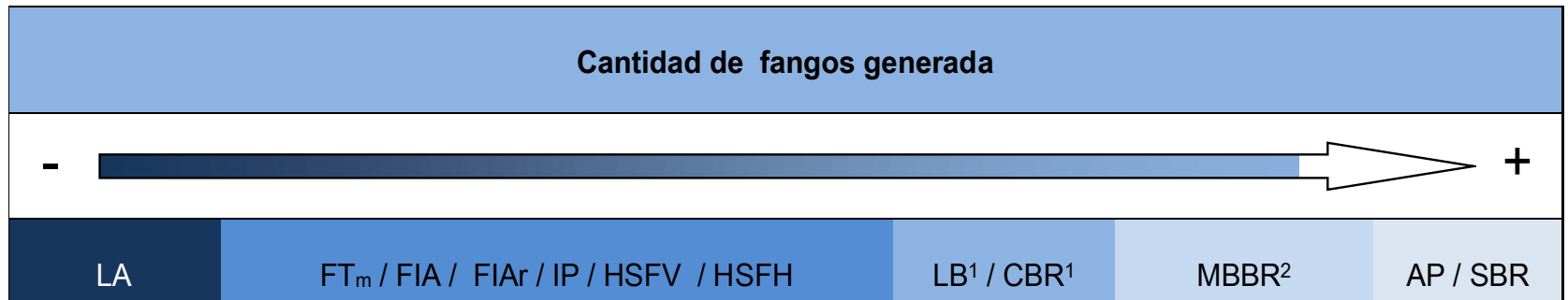
▪ Criterios técnicos

- ✓ Versatilidad del tratamiento



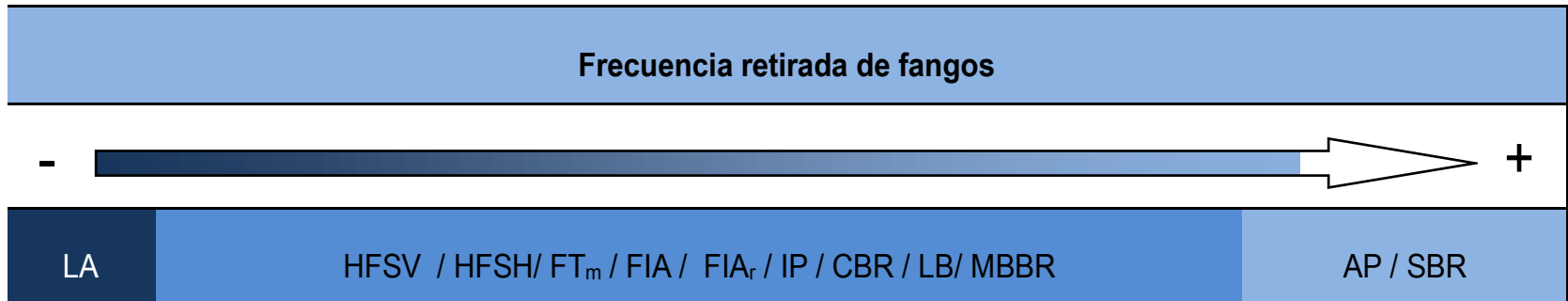
▪ Criterios técnicos

- ✓ Producción y calidad de los fangos generados



1 En caso de emplear decantador primario en lugar de Tanque Imhoff, la cantidad de fango generada sería equiparable a la de un proceso de Aireación Prolongada o SBR.

2 En caso de emplear decantador primario en lugar de Tanque Imhoff, la cantidad de fango generada sería superior a la de un proceso de Aireación Prolongada o SBR.



▪ Criterios técnicos

- ✓ Producción y calidad de los fangos generados

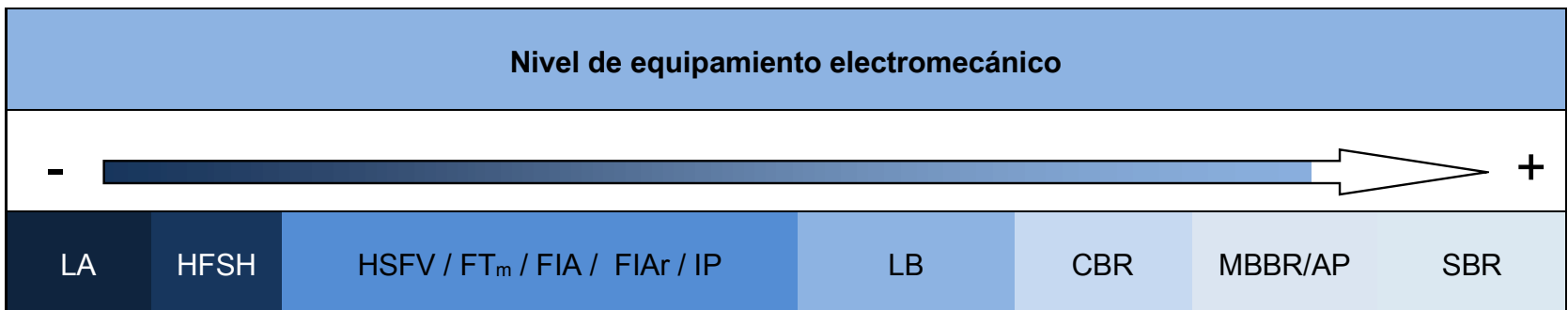
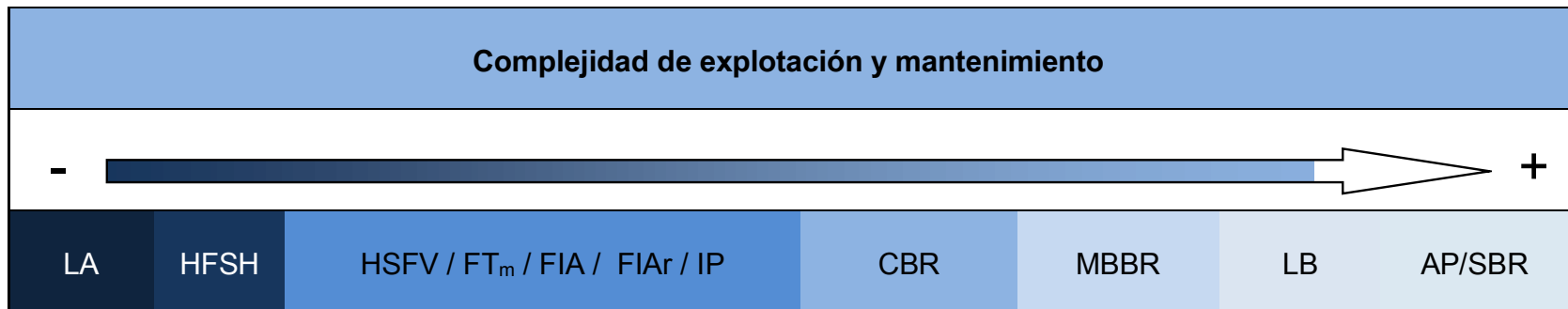
Clasificación de tecnologías según el grado de estabilización de los fangos generados

Tecnología	Estabilización del fango	
	Si	No
FS	X	
TI	X	
DP		X
LA	X	
CBR1		X
LB1		X
AP	X	
SBR	X	
MBBR1		X

1 Si se dispone como tratamiento primario FS/TI o Laguna Anaerobia, a los que se envían también los fangos en exceso, se puede lograr la estabilización de los mismos.

▪ Criterios técnicos

- ✓ Complejidad en la explotación y mantenimiento



▪ Criterios técnicos

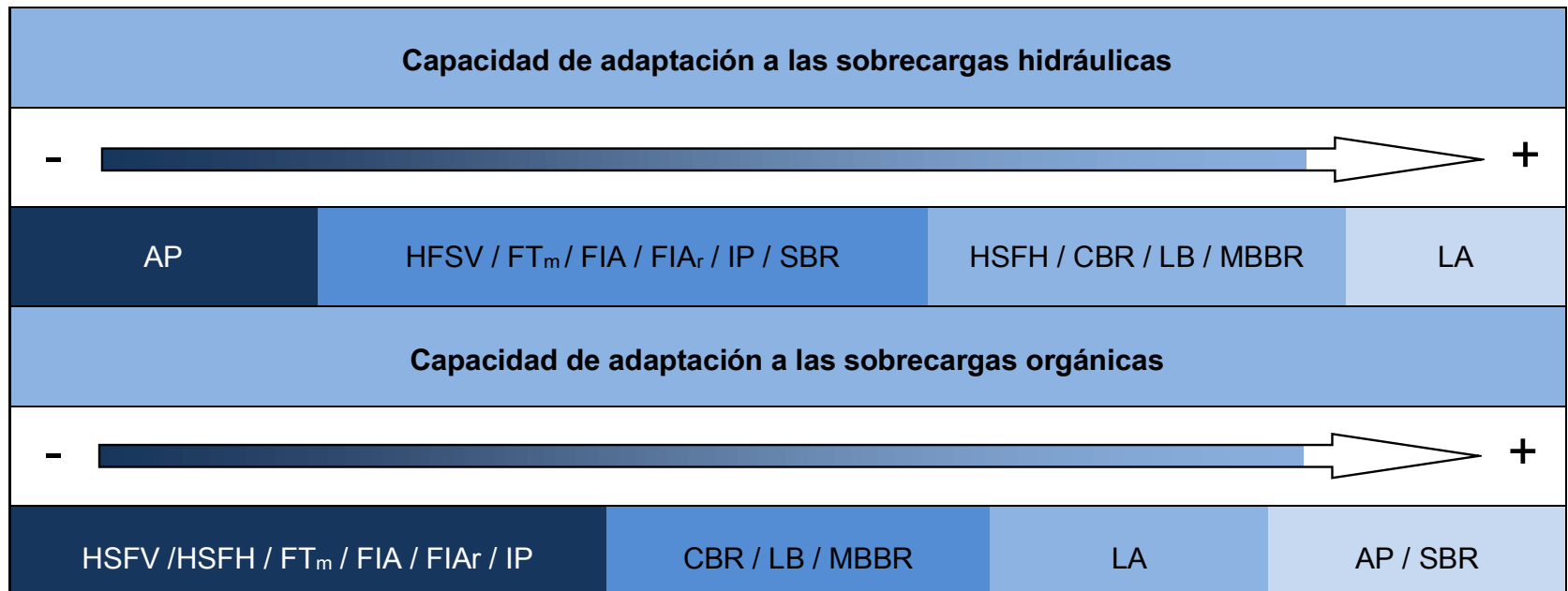
- ✓ Tamaño de la población a tratar

Tecnología	Rango de población (h-e)			
	50 - 200	200 - 500	500 - 1.000	1.000 - 2.000
FS				
TI				
DP				
Laguna Anaerobia				
LA				
HFSV y HFSH				
FTm				
FIA				
FIAr				
IP				
CBR				

Rango recomendado		Rango especialmente recomendado	
-------------------	--	---------------------------------	--

▪ Criterios técnicos

- ✓ Versatilidad del tratamiento



Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

▪ Criterios técnicos

- ✓ Grado de contaminación de las aguas residuales a tratar

Tipo de Agua Residual	Tecnologías		
	Muy adecuado	Adecuado	Menos adecuado
De contaminación fuerte (350 – 500 mg/l DBO5)	AP / SBR	HFSV / FTm / FIA / FIAr / IP / CBR / LB / MBBR	LA / HFSH
De contaminación media (150 – 350 mg/l DBO5)	Todos los tratamientos son adecuados		
De contaminación débil (< 150 mg/l DBO5)	LA / HFSV / HFSH / FIA / FIAr / IP / LB / CBR / MBBR	FTm	AP / SBR1

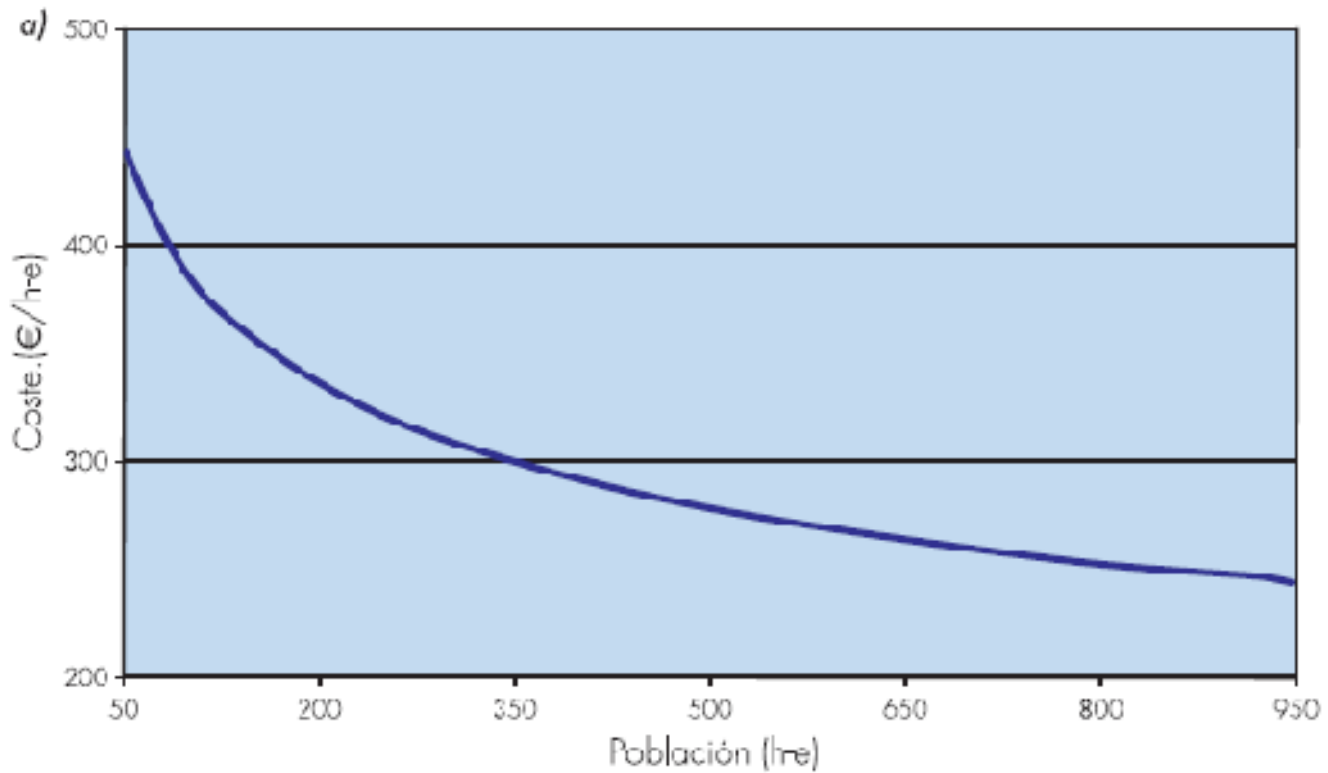
¹Las tecnologías AP y SBR pueden presentar problemas de operación cuando la concentración de DBO5 es inferior a 100 mg/l.

- ✓ Presencia de tóxicos en las aguas residuales a tratar: las tecnologías de biopelícula (LB, CBR, MBBR) presentan un mejor comportamiento.

▪ Criterios técnicos

- ✓ Climatología: la temperatura es el principal factor a tener en cuenta, en condiciones de temperaturas muy bajas.
- Se van favorecidos aquellos tratamientos que pueden ir enterrados y los que pueden cubrirse con relativa facilidad.
- Los Lechos Bacterianos tienen la opción de aislarse térmicamente y trabajar con ventilación forzada.
- Dentro de los tratamientos extensivos, aquellos en los que el flujo de agua es subsuperficial, presentan un mejor comportamiento.
- Los tratamientos extensivos (HFSV, FIA, FIAR, IP y FTm), pueden presentar problemas por congelación de los sistemas de alimentación/distribución del agua residual.

- **Criterios económicos**
 - ✓ Costes de implantación



▪ Criterios económicos

✓ Costes de implantación

Costes de implantación estimados para cada tecnología.

Tecnología	Rango de población (h-e)	Costes de implantación (€/h.e)
LA	50 - 1.000	800 - 250
HFSV	50 - 1.000	450 - 250
HFSH	50 - 1.000	450 - 270
FTm	50 - 1.000	440 - 220
FIA	50 - 1.000	420 - 220
FIAr	50 - 1.000	400 - 160
IP	50 - 1.000	390 - 260
CBR	200 - 2.000	490 - 340
LB	200 - 2.000	700 - 200
AP	500 - 2.000	300 - 100
SBR	500 - 2.000	No estimado
MBBR	500 - 2.000	No estimado

* Estimado en base a información aportada por las empresas suministradoras.

Costes de implantación (€/h-e) estimado para una población de 1.000 h-e.

Costes de implantación	Tecnologías
100-200 €/habitante equivalente	FIAr / AP
200-300 €/habitante equivalente	LA / HFSV / HFSH / FTm / FIA / IP / LB
> 300 €/habitante equivalente	CBR

■ Criterios económicos

✓ Costes de explotación y mantenimiento

Población (he)		100			500			1.000		
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)
Desplazamiento operario										
Desplazamiento del operario	25	1 vez/semana	1	1.300,00	2 veces/semana	1	2.600,00	2 veces/semana	1	2.600,00
Pretratamiento										
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual(€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)
Limpieza de la reja de desbaste	16	1 vez/semana	0,17	141,44	-	-	-	-	-	-
Limpieza del desarenador	16	1 vez/semana	0,20	166,40	2 veces/semana	0,35	582,40	2 vez/semana	0,50	832,00
Tratamiento Primario										
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)
Inspección y medición espesores flotantes y fangos	16	1 vez/año	1	16,00	2 veces/año	1	32,00	2 veces/año	1	32,00
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Volumen (m3)	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m3)	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m3)	Coste anual (€)
Extracción y gestión de fangos y flotantes	15	1 vez/año	20	300,00	2 veces/año	35	1.050,00	2 veces/año	70	2.100,00
Humedales Artificiales										
Operación	Coste horario (€/h)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)	Frecuencia	Tiempo (h)	Coste anual (€)
Inspección general: comprobación dispositivo alternancia alimentación y de su reparto uniforme	16	1 vez/semana	0,17	141,44	2 veces/semana	0,25	416,00	2 veces/semana	0,33	549,12
Limpieza tuberías distribución	16	1 vez/mes	1	192,00	1 vez/mes	2	384,00	1 vez/mes	3	576,00
Siega de las plantas	16	1 vez/año	16	256,00	1 vez/año	80	1.280,00	1 vez/año	160	2.560,00
Control permeabilidad del sustrato	16	1 vez/año	4	64,00	1 vez/año	8	128,00	1 vez/año	12	192,00
Operación	Coste (€/m3)	Frecuencia	Volumen (m3)	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m3)	Coste anual (€)	Frecuencia	Volumen (m3)	Coste anual (€)
Evacuación residuos poda	5	1 vez/año	35	175,00	1 vez/año	175	875,00	1 vez/año	350	1.750,00

- **Criterios económicos**
 - ✓ Costes de explotación y mantenimiento

▪ Criterios económicos

- ✓ Costes de explotación y mantenimiento

Costes de explotación y mantenimiento estimados para cada tecnología.

Tecnología	Rango de población (h-e)	Costes de explotación (€/h-e.año)
LA	100 - 1.000	34 - 8
HFSV	100 - 1.000	48 - 18
HFSH	100 - 1.000	48 - 18
FTm	100 - 1.000	44 - 14
FIA	100 - 1.000	44 - 15
FIAr	100 - 1.000	44 - 15
IP	100 - 1.000	41 - 14
CBR	500 - 2.000	24 - 16
LB	500 - 2.000	25 - 17
AP	500 - 2.000	34 - 22
SBR	500- 2.000	No estimado
MBBR	500 - 2.000	No estimado

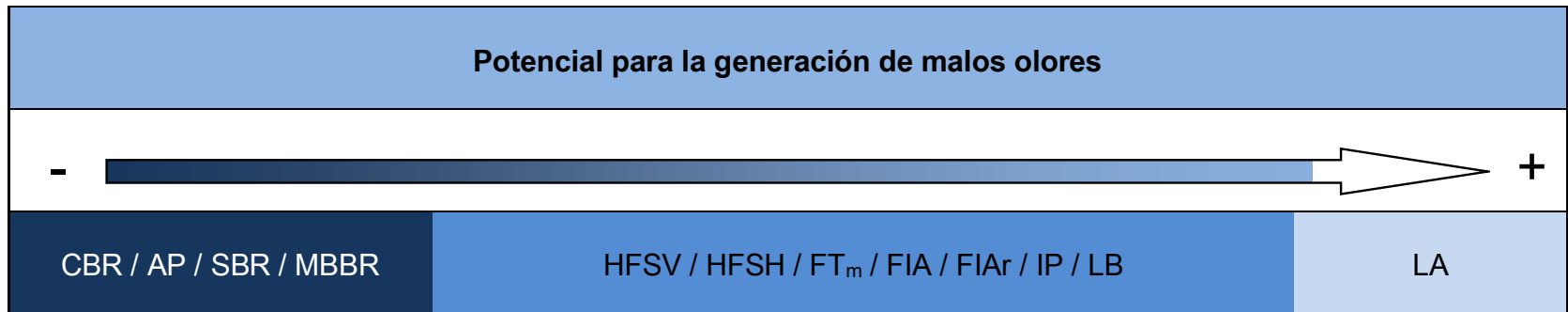
* Estimado en base a información aportada por las empresas suministradoras

Costes de explotación (€/año) estimado para una población de 1.000 h-e.

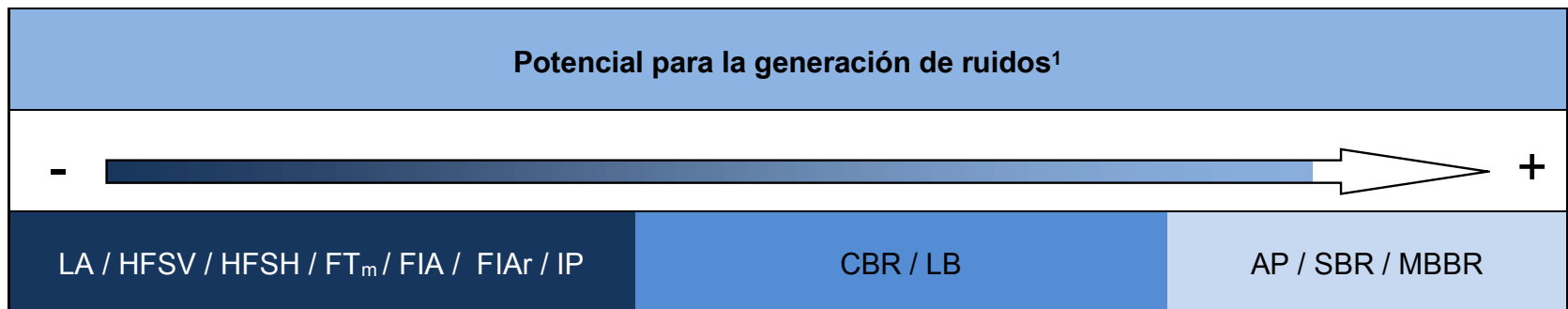
Costes de explotación	Tecnologías
≤ 10 €/habitante equivalente.año	LA
10 - 20 €/habitante equivalente.año	HFSV / HFSH / FTm / FIA / FIAr / IP / CBR / LB
> 20 €/habitante equivalente.año	AP

▪ Criterios ambientales

- ✓ Producción de malos olores

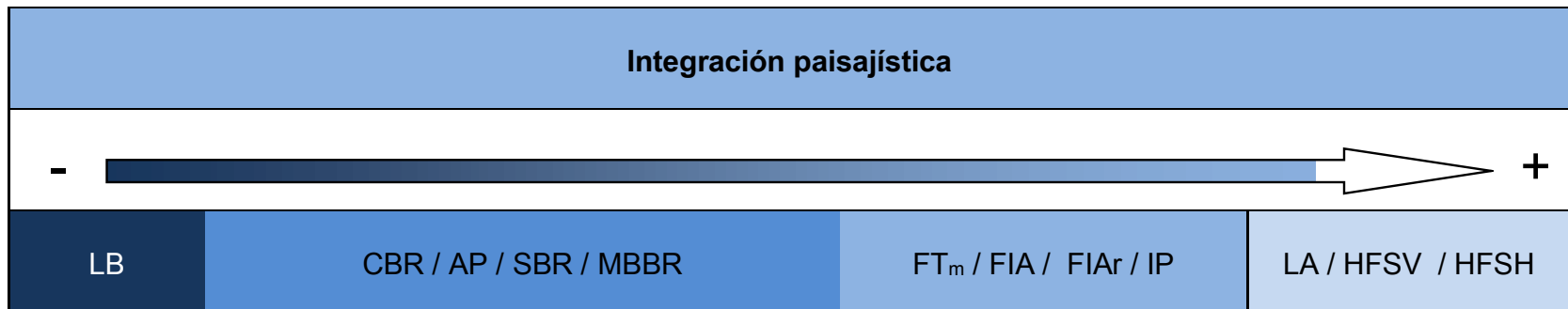


- ✓ Generación de ruidos



▪ Criterios ambientales

- ✓ Integración paisajística



- Recomendable establecer estándares generales para la toma de decisiones en el diseño de EDARs.
- Además de los criterios evaluados pueden existir otros aspectos puntuales, locales o fortuitos de mayor relevancia.
- Disponibilidad de un abanico de posibilidades para establecer las tecnologías más adecuadas y de una herramienta para descartar las opciones menos favorables.

CRITERIA FOR SELECTING THE BEST TREATMENT SOLUTIONS IN SMALL COMMUNITIES

J.J.Salas 1, E.Ortega 2, Y.Ferrer 2, A.Real 1, C.A.Aragón 1

1 Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA)

2 Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

THANKS FOR YOUR ATTENTION

Sevilla, 27 de Abril de 2011