

Depuración sostenible mediante AnMBR o microalgas

Curso técnico

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN
PEQUEÑAS AGLOMERACIONES URBANAS
DE ARAGÓN”**

22 y 23 de Mayo de 2018
Zaragoza

Antonio Giménez Lorang
Jefe de proyecto

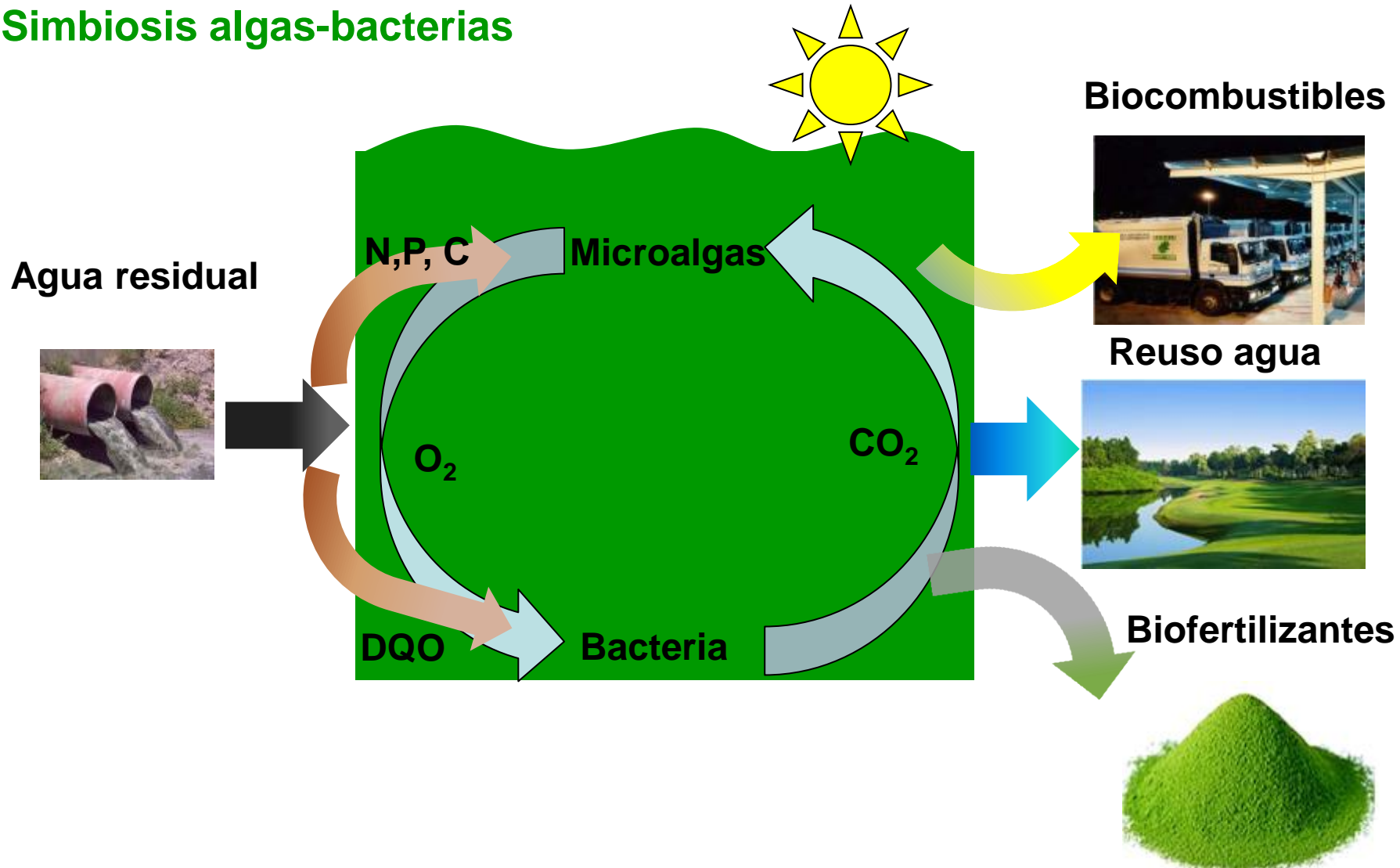
Departamento de Innovación y Tecnología
antonio.gimenez@fcc.es



Microalgas



Simbiosis algas-bacterias





Prototype
2 X 500m²

Pre DEMO 4 X 5000 m²

DEMO 3.6 Ha

Pilot plant 6 X 32m²

Basic research



2010



2011-2013



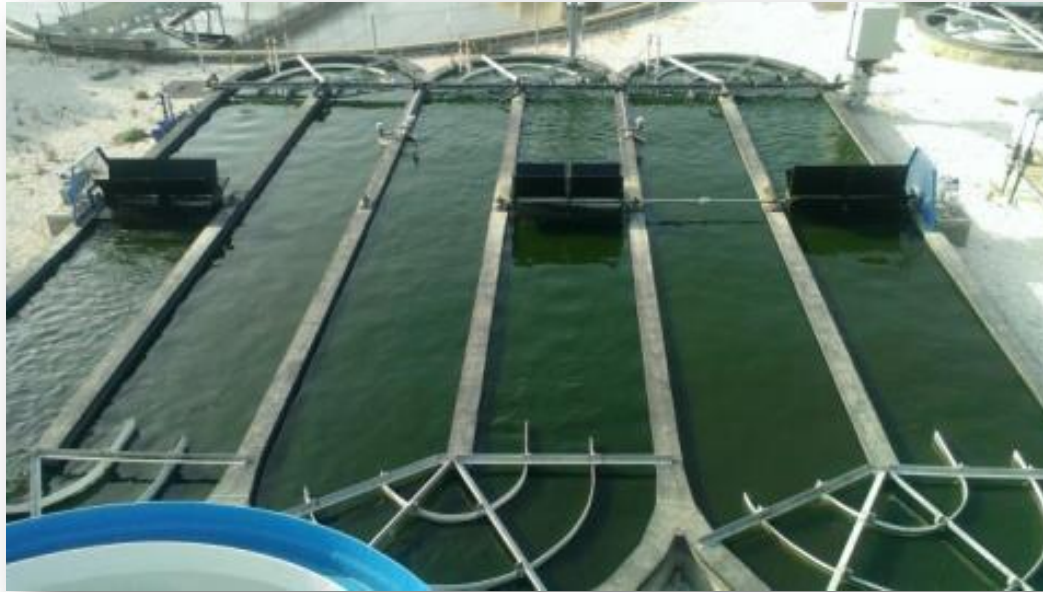
2014-2015



2015-2016



2016-2018



6 años de optimización de variables de operación:

- Ratio C/N: Tamizado frente a tratamiento anaerobio
- HRT
- Altura de agua
- Sistema de agitación. Velocidad de agua (prototipo 500 m²)
- Hidráulica (prototipo y análisis CFD)
- Sistema de cosechado
- Potencial biofertilizante
- Digestibilidad de la biomasa. Producción biometano

Microalgas

Aguas residuales como recurso y no como residuo

Depuración de las aguas residuales de forma más sostenible y estable:

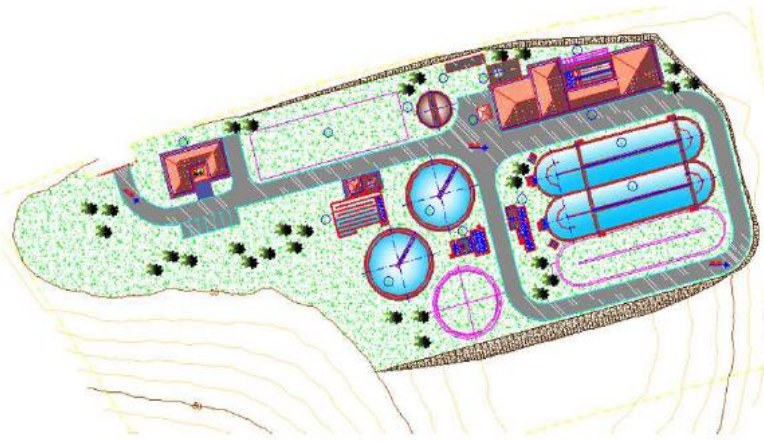
- Bajo consumo energía eléctrica. Aporte de oxígeno por las algas
- Simplicidad. Un solo paso depurativo
- Estabilidad ante cargas (HRT= 3 días)
- Estabilidad estacional. Posibilidad de intensificar lo extensivo.
- Vertido cero. Todo es reutilizable:
 - Microalgas como biofertilizantes: Recuperación nutrientes
 - Recuperación energía como biometano
 - Reutilización de agua tratada (desinfección)



Depuradora 30.000 h.e.

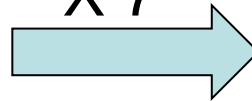
30.000 PE (Population Equivalent)
Flow: 6000 m³/day

CONVENTIONAL WWTP in Tarifa (Spain)
Extended Aeration with Oxidation Ditch



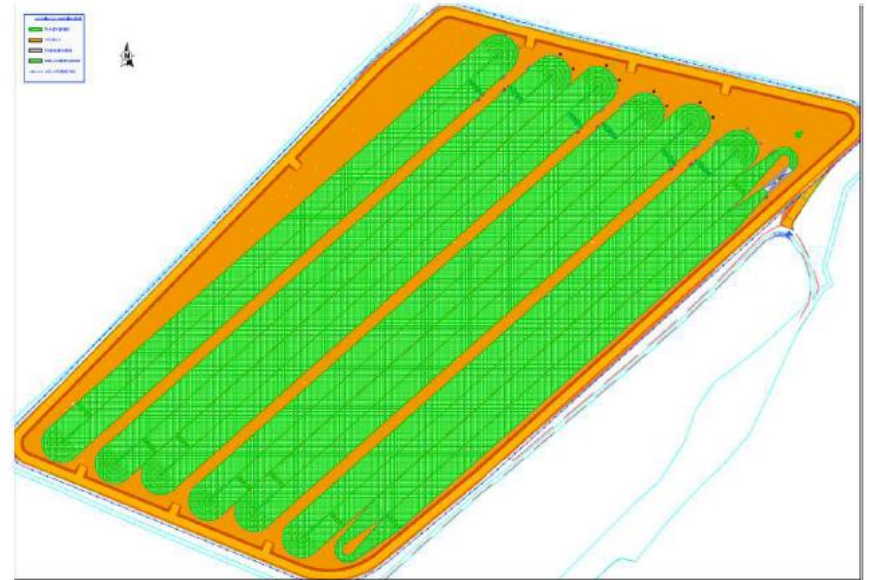
10.000 m²

X 7



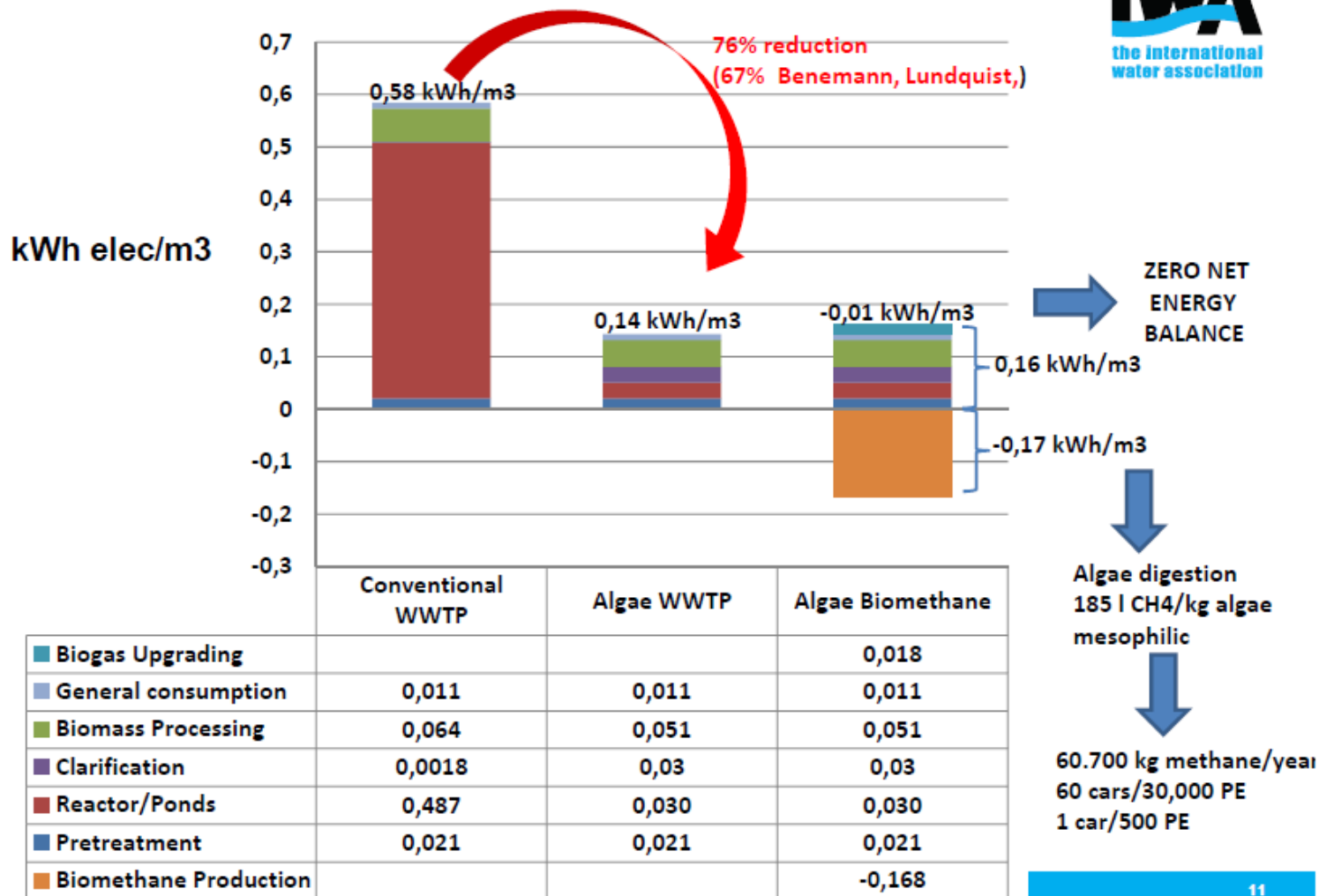
Algae WWTP

6 ha = 12 ponds x 5000 m²



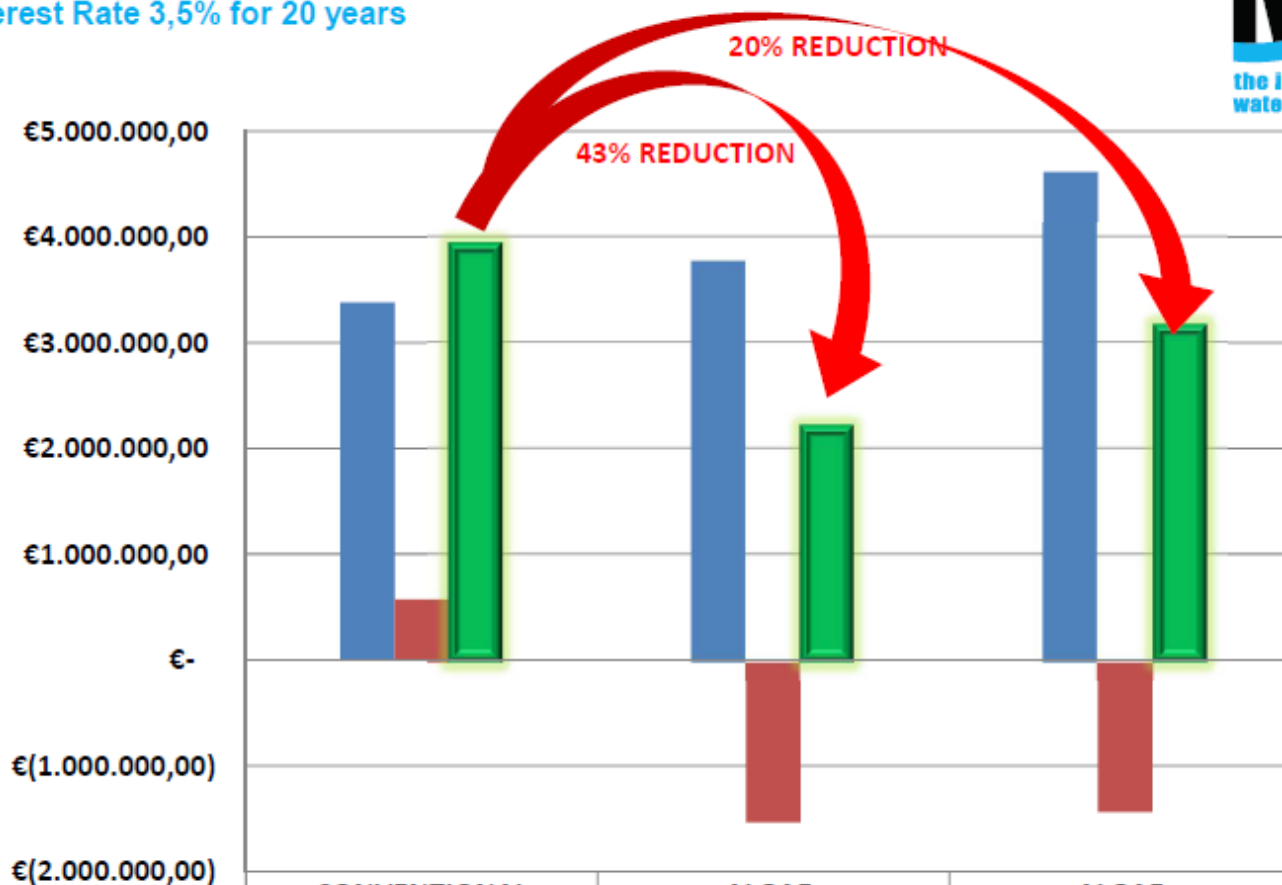
70.000 m²
2.3 m²/ha

OPEX: ENERGY BALANCE



Total Present Worth Cost (€)

Interest Rate 3,5% for 20 years



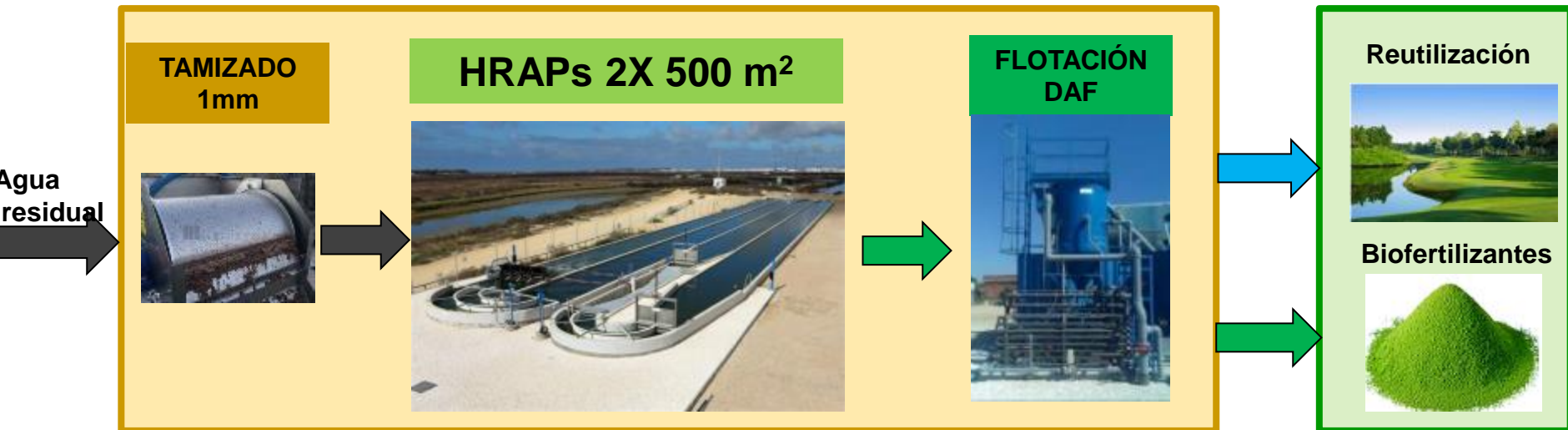
	CONVENTIONAL WWTP	ALGAE-BIOFERTILIZER	ALGAE-BIOMETHANE
■ CAPEX	€3.380.945,00	€3.765.323,00	€4.615.322,00
■ PRESENT W OPER. COST	€570.954,00	€(1.536.502,00)	€(1.433.988,00)
■ TOTAL PRESENT W COST	€3.951.899,00	€2.228.821,00	€3.181.334,00



Depuradora de microalgas 850 h.e.

POBLACION Y CAUDALES

Población equivalente	850 H.E.
Caudal medio	115 m ³ /d
Dotación	135 L/HE/d



F (m3/d)	115
TN (ppm)	50
TP (ppm)	10



TN	12.0
TP	6
VSS	300

**70% and 85 %
Recuperación de
N y P**

**65-100
Ton/Ha yr**



TN	<15
TP	<1,5
COD	<100
TSS	<25



Parámetro	Unidad	Entrada	Salida	Rendimiento
DBO ₅	mg/l	450	<25	>95%
DQO	mg/l	680	<100	>85%
MES	mg/l	425	<25	>93%
NT	mg/l	50	<15	>70%
PT	mg/l	10	<1.5	>85%

OPEX con y sin biofertilizantes

OPEX		
Caudal medio	m3/día	115
FIJOS	€/año	5195
Personal	€/año	4200
Conservación y mantenimiento	€/año	495
Potencia eléctrica	€/año	500
VARIABLES	€/año	1783
Electricidad	kWh/año	4271
	kWh/m3	0,10
	€/año	512
Reactivos		
Poli	kg/año	84
	€/año	294
Coagulante	kg/año	777
	€/año	194
Evacuación biomasa algal	m3/año	65
	€/año	782
TOTAL OPEX	€/año	-6978
	€/m3	-0,17
Biofertilizantes	t MS/año	13
	€/año	13031
TOTAL OPEX CON BIOFERTILIZANTES	€/año	+6054
	€/m3	+0,14

PARTIDA	PRECIO
Electricidad	0,12 €/kWh
Polielectrolito	3,5 €/kg
Coagulante	0,25 €/kg
Evacuacion biomasa	12 €/t
Biofertilizante	1 €/kg SST

COSTES DE IMPLANTACIÓN	
PARTIDA	PRESUPUESTO
Obra civil e instalaciones auxiliares	93.500,00 €
Instalaciones Mecánicas y eléctricas	65.000,00 €
Pretratamiento	23.000,00 €
Lagunas algas	15.000,00 €
Cosechado algas	45.500,00 €
TOTAL	242.000,00 €

RESUMEN RATIOS DISEÑO	
Superficie requerida m ² /h.e.	1250/850=1,5
Consumo eléctrico Kwh/m ³	0,1
Coste implantación por h.e.	285 €/h.e.
Coste operación €/m ³ sin biofertilizantes	-0,17
Coste operación €/m ³ con biofertilizantes	+0,14
Generación de lodos m ³ /año	0
Generación biomasa algal m ³ /año (20%)	65

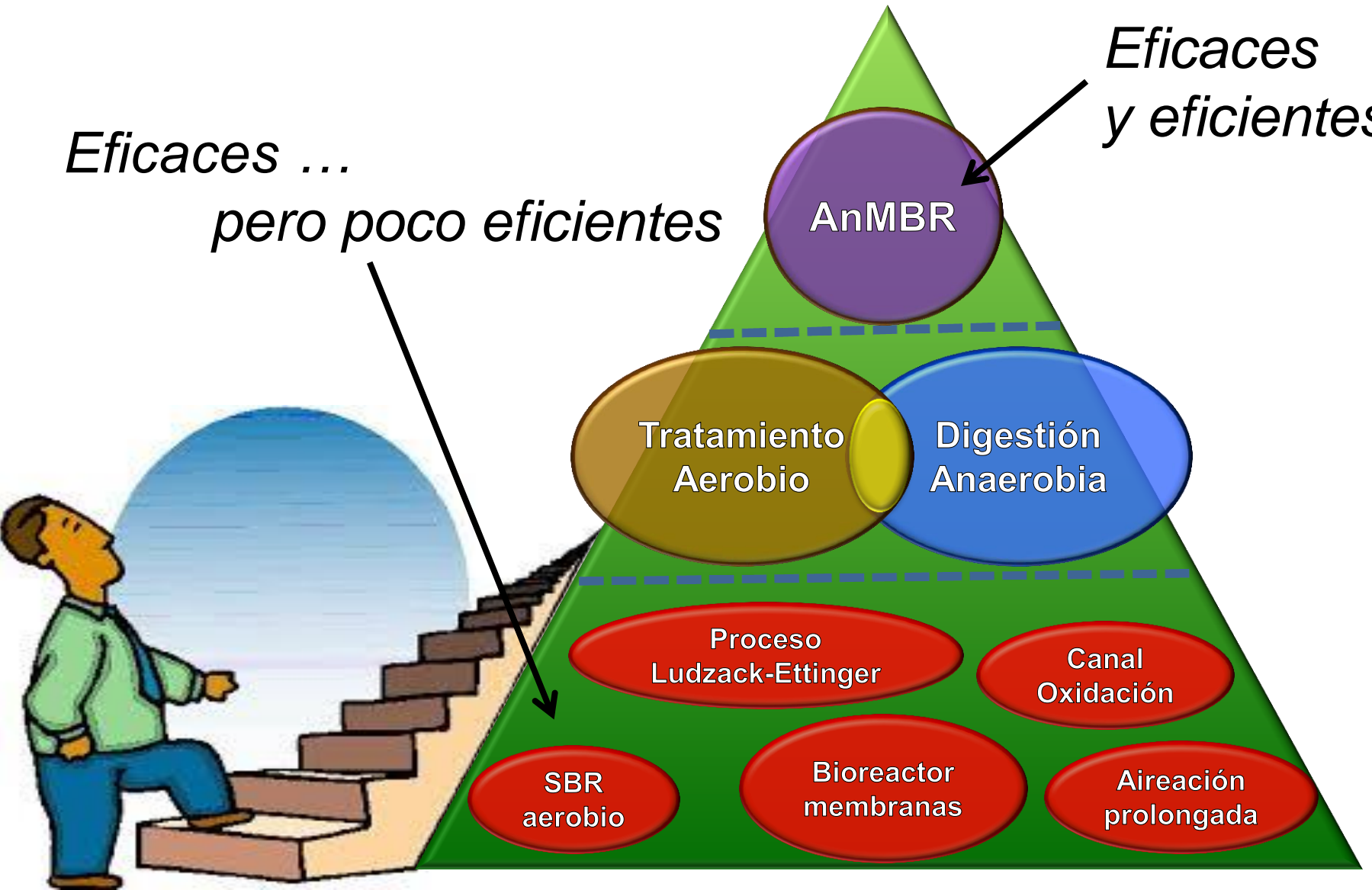


Bioreactor membranas anaerobio (AnMBR)



*Eficaces ...
pero poco eficientes*

*Eficaces
y eficientes*





- Baja producción de fangos con elevado grado de estabilización
- Baja demanda energética
- Producción de biogás
- Posibilidad de recuperar los nutrientes

- Retención completa de la biomasa
- Permite la obtención de una biomasa de mayor biodiversidad
- Efluente con calidad de terciario / regenerado

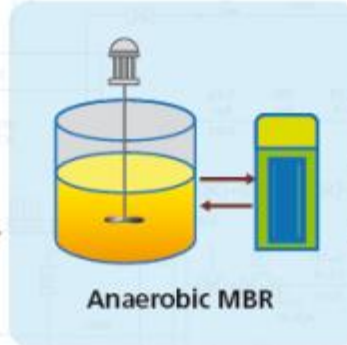
BESTF²

UNIVERSITY OF
Southampton

TU Delft
Delft University of Technology



Urban
Wastewater



80% less CO₂
emissions

50%
less Biosolids
production

Net production of
+0,11 kWh/m³



Bioenergy



Water reuse



Biosolids

**Industrial Park
Nigrán (Vigo)**
BW – 3 m³/d

WWTP SANTA ROSA (BITEM)
18 m³/d



Consell Comarcal
del Baix Ebre

- ❑ **Optimización del proceso de filtración:**
 - Minimizar el ensuciamiento (*fouling*)
- ❑ **Aguas residuales de baja carga a baja temperatura**
 - Baja tasa de crecimiento
- ❑ **Metano disuelto en el efluente**
- ❑ **Reducción de sulfato a sulfuro**
 - Corrosión de equipos y conducciones...
 - Reducción de calidad y cantidad de biogás: competición entre sulfatorreductoras y metanogénicas
- ❑ **Reuso en irrigación**
 - Explotar el contenido en nutrientes del efluente del AnMBR.



“DEL AGUA RESIDUAL AL AGUA REUTILIZABLE”

Nuevo paradigma basado en la **sostenibilidad**:

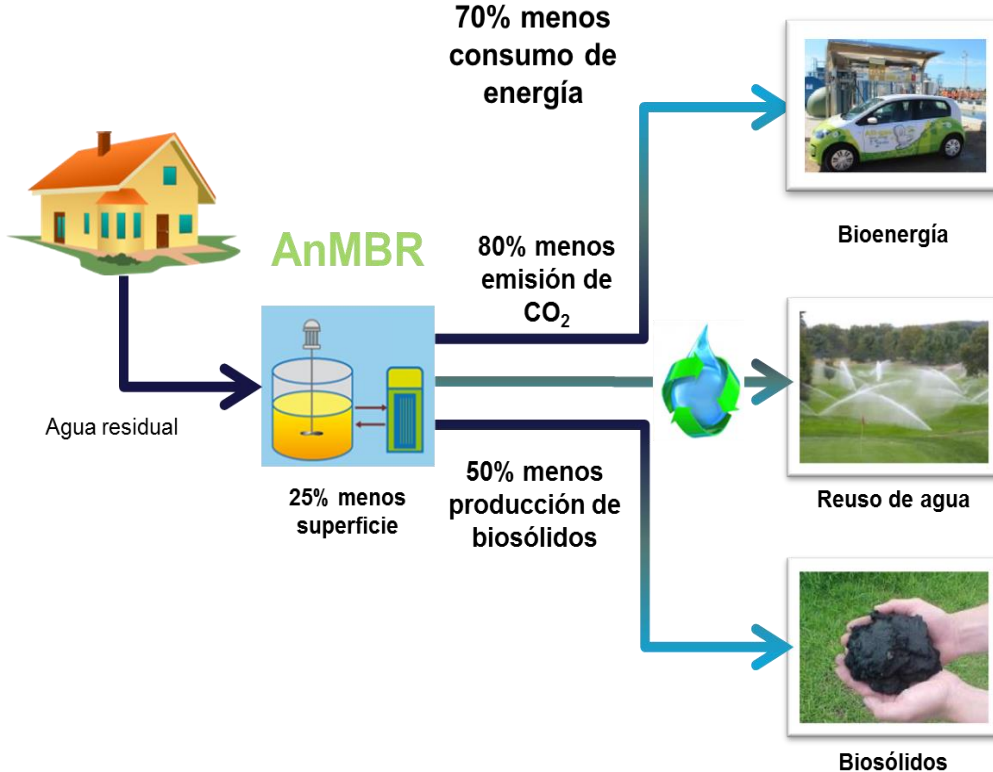
- Agua residual = **Fuente de energía y nutrientes.**
= **Recurso.**

~~¿Residuales?~~



¡Reutilizables!

Info: <http://www.life-memory.eu/>





Instalaciones de la EDAR Alcázar de San Juan



Prototipo MEMORY:
 Volumen reactor: 40 m³
 Área de filtración total: 123 m²
 Caudal a tratar: 30.8-78.0 m³ d⁻¹

PURON®, Koch Membrane Systems

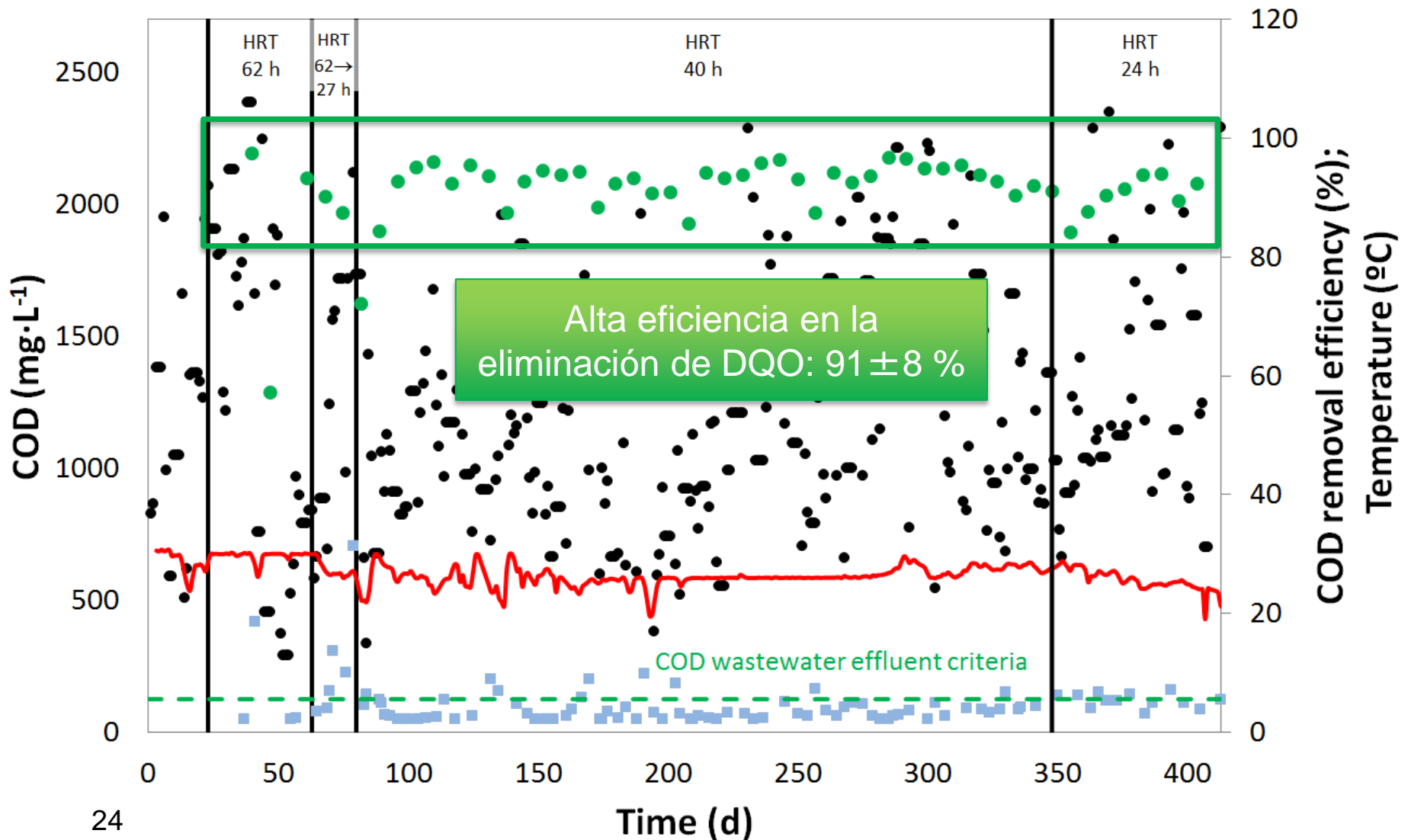
3 módulos de membranas de fibra hueca

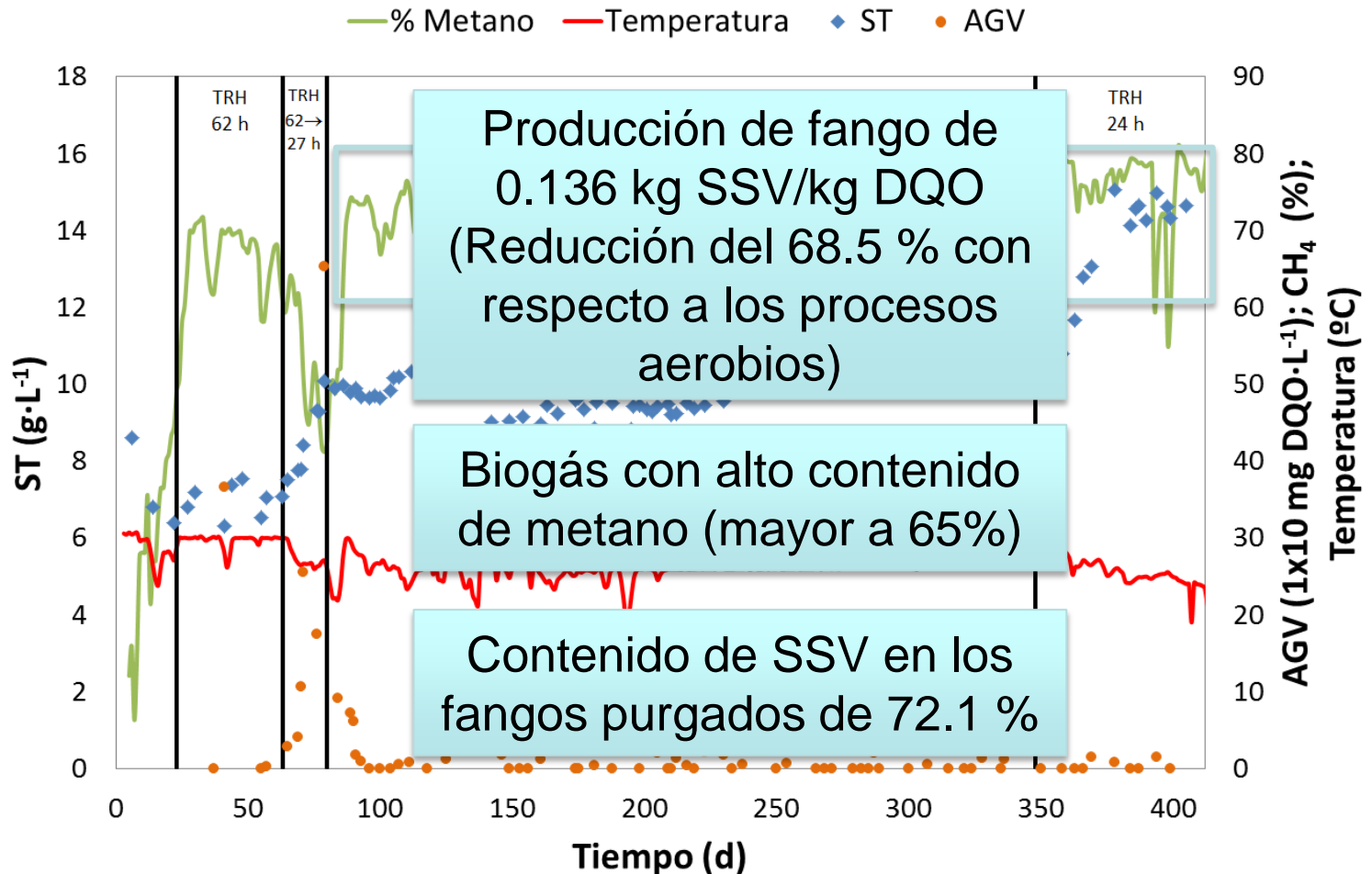
41 m² área filtración/módulo

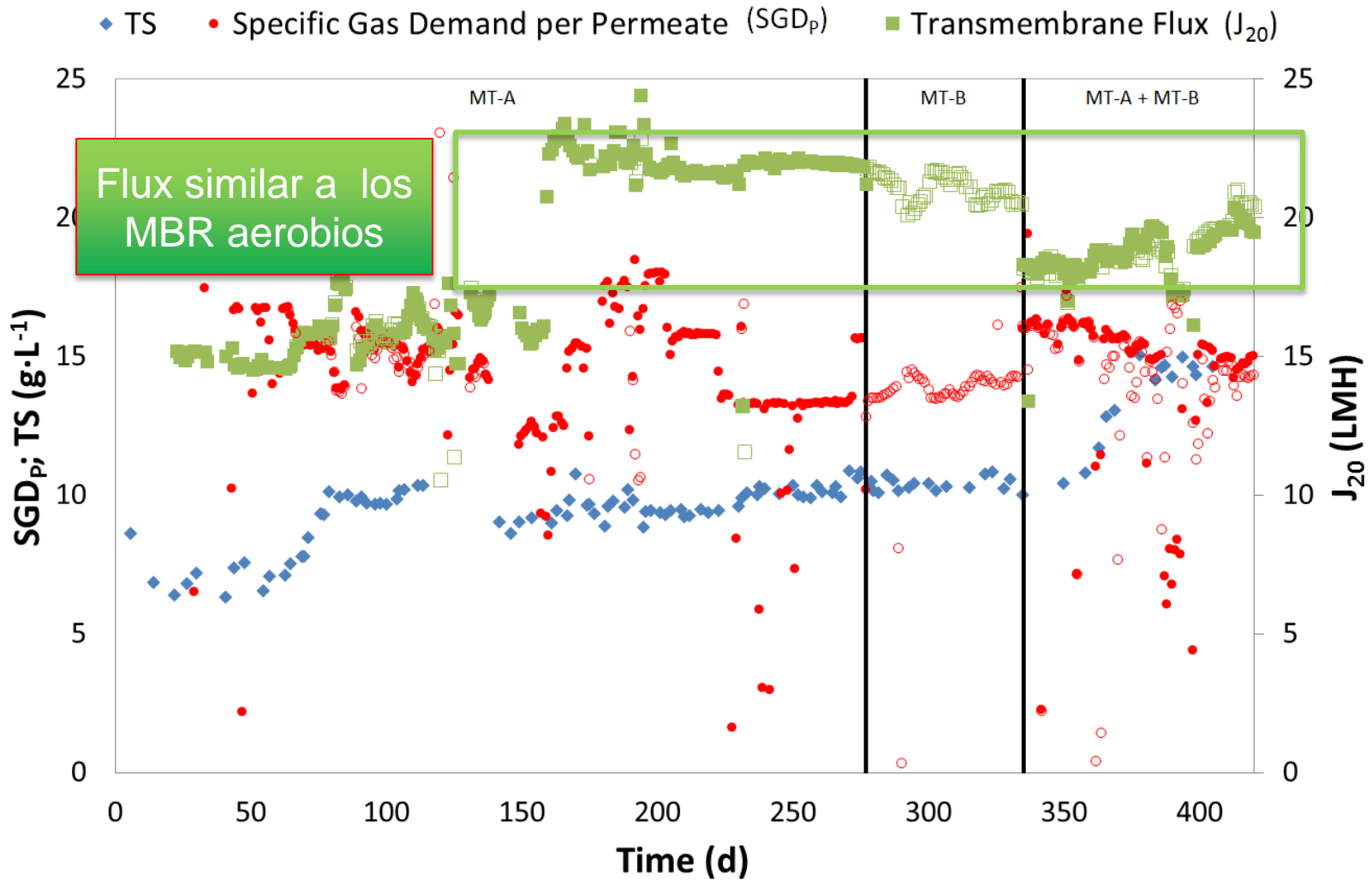
Ultrafiltración (0.03 µm)



- Influent COD
- Effluent COD
- COD removal efficiency
- Temperature





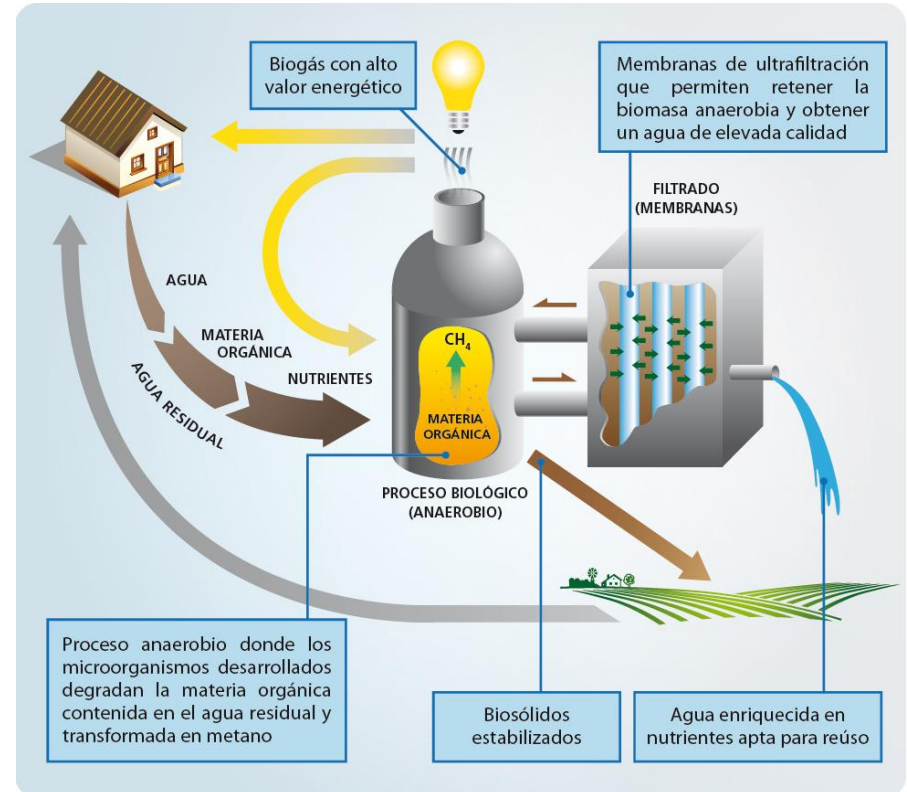




¡PRIMERA EDAR URBANA CON TECNOLOGÍA ANMBR!

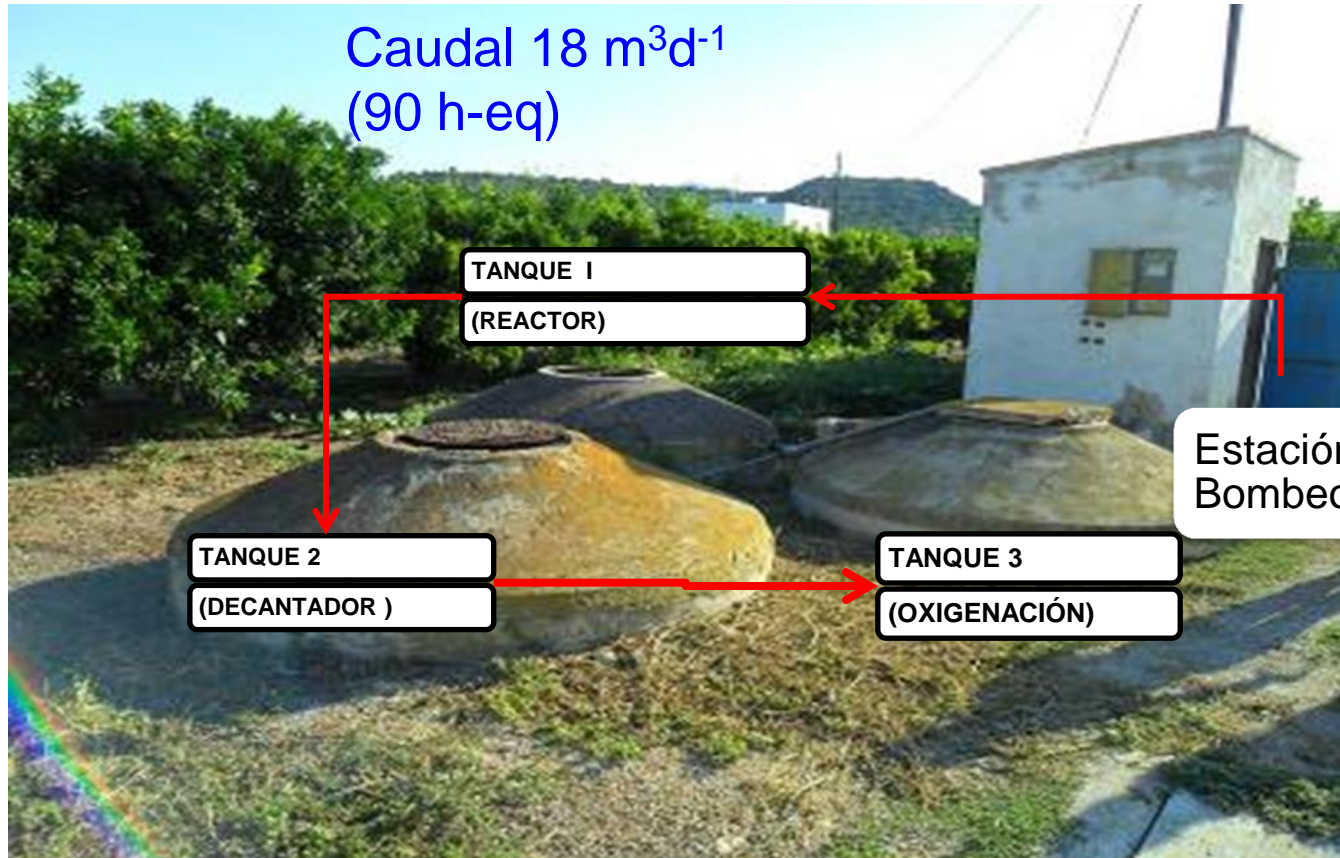


- ✓ ADAPTACION de un sistema existente
- ✓ Comparación económica con una conversión a fangos activados: mayor CAPEX en adaptación a AnMBR se compensa gracias a bajo OPEX (**retorno < 3 años**)



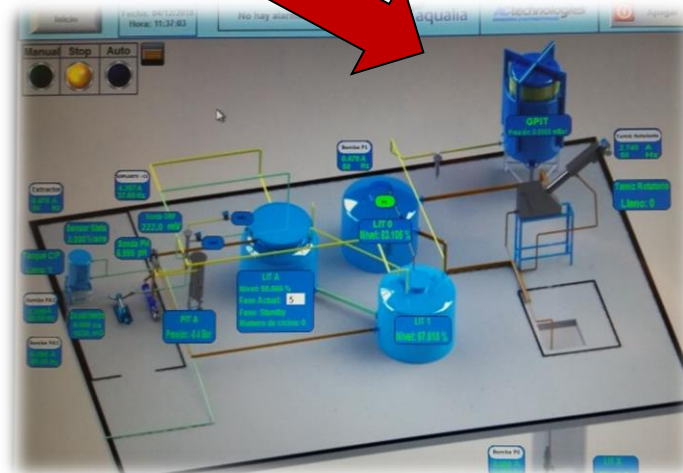
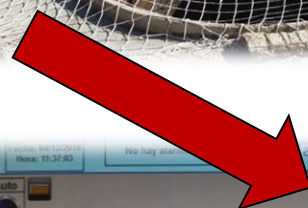
**PUESTA EN MARCHA:
JUNIO 2018**

- ESQUEMA DE TRATAMIENTO EXISTENTE



- ❑ Funcionamiento irregular
- ❑ Mal estado de la instalación
- ❑ Tecnología anticuada (renovación inútil)
- ❑ Eliminación de nutrientes no obligatoria
- ❑ Posibilidad de reutilización en agricultura

EDAR de SANTA ROSA DE LIMA (Tortosa, Tarragona)



Caudal 18 m³d⁻¹ (90 h-eq)

COMPARATIU	Aerobi Convencional	AnMBR	PERÍODE AMORTITZACIÓ
CAPEX	Implantación	120.766,58	134.141,77
	TOTAL CAPEX	120.766,58	134.141,77
OPEX	FIJO	14.497,01 €	14.169,84 €
	VBLE	11.260,34 €	6.337,81 €
	TOTAL OPEX	25.757,35	20.507,65 €
			2,55

Espacio requerido < 1m²/heq!

El LEGO para pequeños núcleos de población

OBJETIVOS GENERALES

Desarrollo y demostración experimental de un sistema innovador y sostenible de tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones.

Sistema modular, adaptable a las características del caudal a tratar y a los criterios de vertido o reutilización del agua depurada,

Aplicable a pequeños núcleos de población o pequeñas aglomeraciones urbanas/industriales con o sin redes separativas.



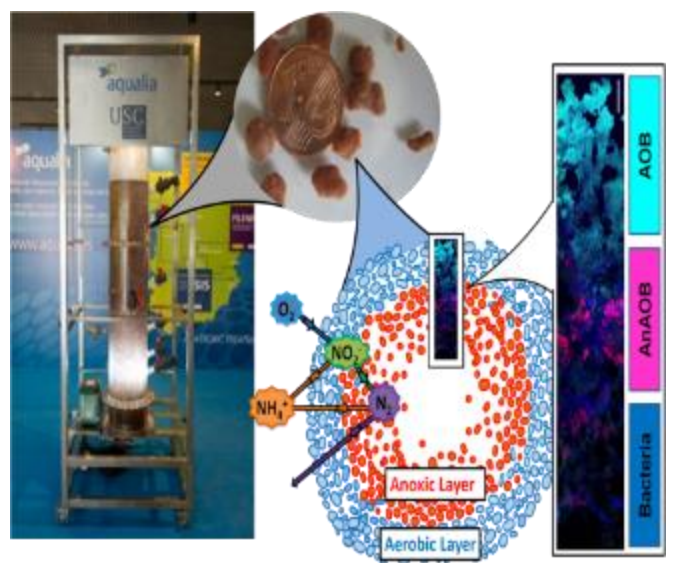
- En España: Unos **4 millones de habitantes** (~ 8% de la población), radicados en **aglomeraciones urbanas de < 2.000 habitantes**, carecen del adecuado tratamiento de sus aguas residuales.

MEMBRANE FOR ENERGY AND WATER RECOVERY

Industrial prototype scale of Submerged Anaerobic Membrane Bioreactor to convert urban waste water in **bioenergy**.

ELAN® process Autotrophic Nitrogen Removal

Compact wastewater treatment with low energy consumption.



Procesos	O ₂ consumo (kg O ₂ (kg N) ⁻¹)	DQO consumo (kg DQO (kg N) ⁻¹)	CO ₂ emisión (kg CO ₂ (kg N) ⁻¹)	Producción lodo (kg VSS (kg N) ⁻¹)
Nitrificación-Desnitrificación	4.57	2.86	7.08	1.0 - 1.2
ELAN*	1.95	0	3.49	< 0.1



*Proceso ELAN (ELiminación Autótrofa de Nitrógeno) corresponde a la combinación Nitrificación parcial y Anammox en un único reactor



Muchas gracias!

Antonio Giménez Lorang
Jefe de proyecto
Departamento de Innovación y Tecnología
antonio.gimenez@fcc.es