

# Del estudio en laboratorio a la EDAR: Digestión en doble fase de temperatura en la Edar Alcoi

Cátedra FACSA de Innovación en el Ciclo Integral del Agua.  
1ª Jornada técnica en depuración de aguas residuales:  
Digestión Anaerobia

*Universitat Jaume I, 7 y 8 julio de 2016*

→ Suministra  
| **agua potable** a más de  
**1.000.000** de personas  
en **70** municipios  
cada día

→ Suministra a sus  
| clientes alrededor  
de **80** millones  
de **m<sup>3</sup>** de  
**agua** cada año

→ Cuenta con  
| una plantilla  
de más de **800** profesionales

→ Está presente en  
| **6** comunidades  
autónomas:  
C. Valenciana | Baleares  
Región de Murcia | Aragón  
La Rioja | Castilla-La Mancha

→ Gestiona el mantenimiento  
| y explotación de más de  
**160** estaciones depuradoras  
de aguas residuales  
dando servicio a una  
población equivalente a  
**2.000.000**  
de habitantes

→ El caudal tratado  
| es de alrededor de  
**85** millones  
de **m<sup>3</sup>/año**

→ Más  
| de **120** referencias  
en proyectos  
industriales

## Más de 142 años de experiencia

**FACSA** es la empresa privada española con más experiencia en la gestión del ciclo integral del agua.

La actividad de **FACSA** está presente en todas las áreas relativas a la gestión del ciclo integral del agua, desde su captación, transporte, potabilización, distribución y control de calidad del agua hasta su recogida, depuración, tanto del agua residual urbana como industrial, reutilización y su retorno al medio ambiente.

**FACSA** es pionera entre las empresas del sector del agua en implantar y certificar su sistema de gestión de la I+D+i en España. Cuenta con la certificación UNE 166002.





# Proyecto I+D+i SLUDGE4ENERGY

- En el año 2.011 se plantea un proyecto de I+D+i en colaboración con AINIA.



- Investigación cofinanciada por el Ministerio de Economía y Competitividad y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del proyecto INPACTP IPT-2011-1669-920000 con una ayuda de 1.206.816€ ( préstamo + subvención.)



- Con la colaboración del Excmo. Ayuntamiento de Castellón de la Plana y de la Entidad Publica de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana.



## 1 Descripción del proyecto

- 1.1 Objeto y finalidad del proyecto
- 1.2. Objetivos Técnicos
- 1.3 Objetivos socio-económicos



## 2 Ensayos a escala de laboratorio

- 2.1 Ensayos pre-ozonización: ENSAYOS BATCH
- 2.2. Ensayos pre-ozonización: ENSAYOS CONTINUOS
- 2.3 Ensayos post-ozonización: ENSAYOS BATCH
- 2.4 Ensayos post-ozonización: ENSAYOS CONTINUOS
- 2.5 Ensayos doble etapa de DA: PLAN EXPERIMENTAL



## 3 Ensayos a escala pre-industrial

- 3.1 Planta piloto sludge4energy
- 3.2 Estrategias empleadas
- 3.3 Resultados obtenidos
- 3.4 Conclusiones



## Objeto y finalidad del Proyecto

Mejorar la autosuficiencia energética de una estación depuradora a partir de los fangos que genera mediante la combinación simultánea de estrategias de **pre/post-tratamiento** de los fangos con Ozono y un proceso de digestión anaerobia en **dobles fase ácido-metanogénica** y de **temperatura**.



## Objetivos Técnicos

- Identificación de las condiciones óptimas del proceso de digestión anaerobia en **dobles fase ácido – metanogénica y de temperatura**.
- Identificación de las dosis óptimas de dosificación de ozono como **pre-tratamiento** de los fangos espesados por flotación.
- Identificación de las dosis óptimas de dosificación de ozono como **post-tratamiento** de los fangos digeridos.
- Identificación de la configuración integrada óptima **DA2T + O<sub>3</sub>**

## Objetivos socio-económicos



- **Mejora del Balance económica de la instalación.**

- Reducción de los costes de explotación de la Edar: Reducción de factura por gestión de fangos generados y reducción de factura eléctrica de la instalación.



- **Mejora de la eficiencia energética de la Edar.**

- Incremento de producción de biogás: diversificación de las fuentes de abastecimiento energético de la instalación.



- **Mejora en la gestión de fangos de la instalación:**

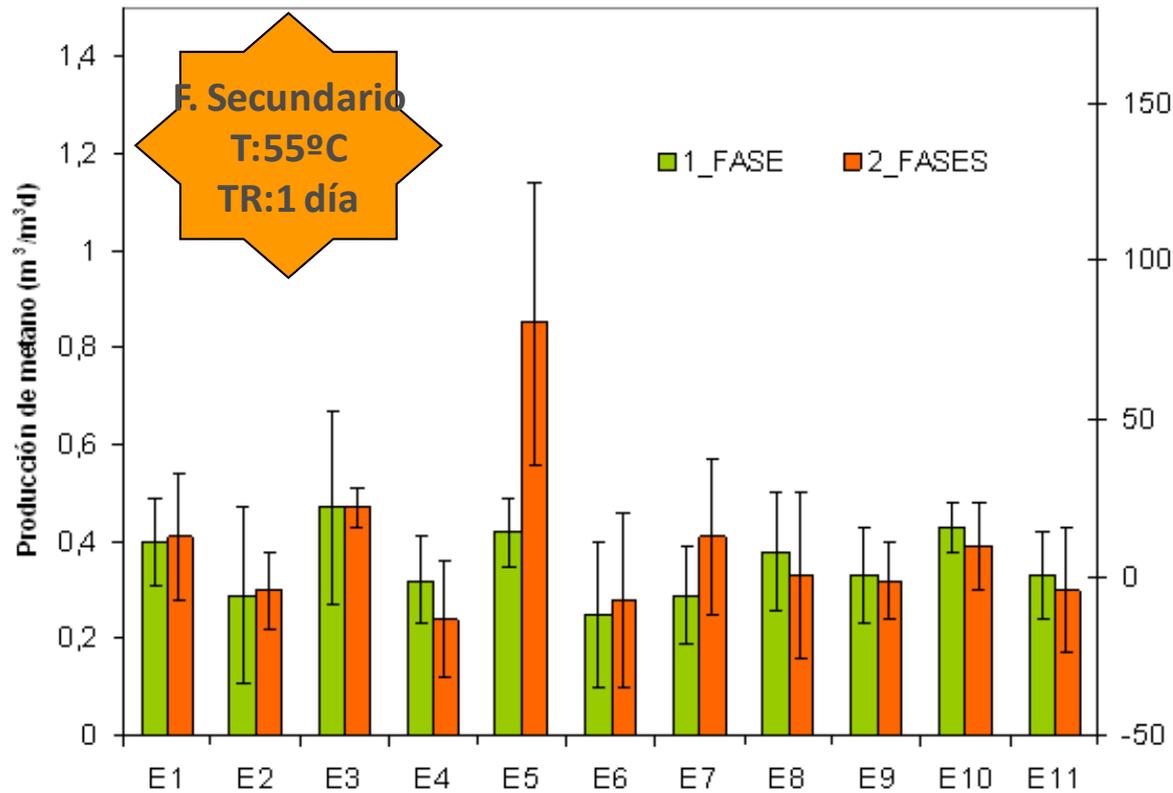
- Reducción del volumen final de fangos
- Mejora de la calidad higiénica de los fangos generados.

**Ensayos a escala de laboratorio**

Estrategia	TRH D1 (d)	T (°C) D1
1	2	55
2	1	55
3	0,5	55
4	1	55
5	1	55
6	2	55
7	0,5	55
8	0,5	55
9	0,5	50
10	0,5	60
11	0,5	60



**Ensayos a escala de laboratorio**



## Ensayos a escala de laboratorio

**-Acidificación inicial: separación de fases**

-pH < 7

**-TRH= 0.5 días para que el pH < 7**

-TRH=1 días mejor rendimiento biogás

-Temperatura 55°C mejor que 50/60°C respecto producción biogás

**-Ozonización lodo secundario no efecto**

# MEJORA DIGESTIÓN EDAR ALCOI



## Análisis de alternativas de aprovechamiento de calor útil en la EDAR de Alcoi (Alicante)



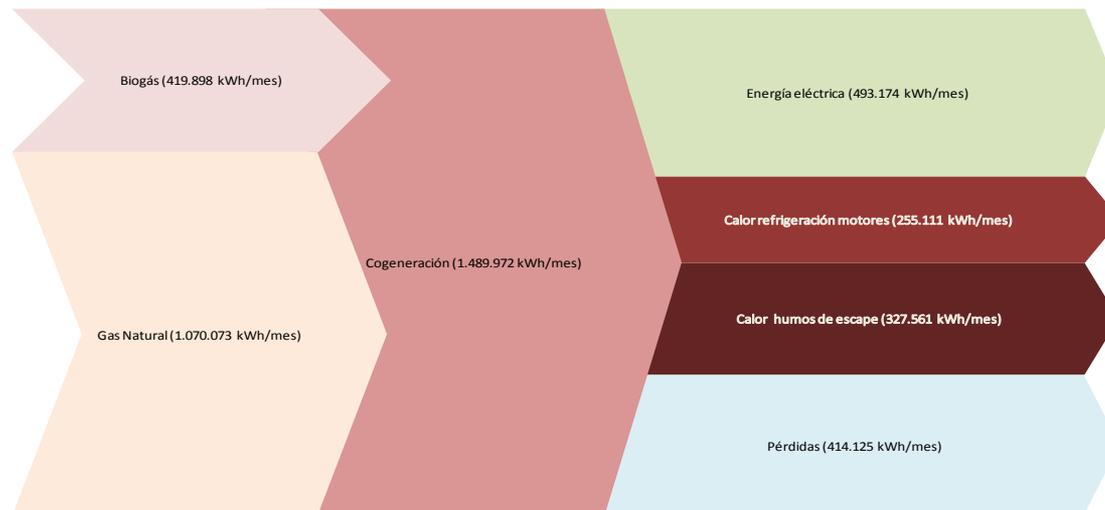
**Estudios, Proyectos y Planificación, S.A.**  
Octubre 2010

**Cliente: EPSAR**

### Objetivos :

Optimización térmica de la línea de fangos y cogeneración.

Tratamiento avanzado de los lodos producidos en la EDAR.



**La evolución de la normativa europea de aplicación de lodos de depuración en agricultura hace prever que, tras su entrada en vigor, no se permita la aplicación de lodos que no hayan sido sometidos a un tratamiento avanzado:**

**Compostaje en pilas**, 55°C , 4 horas, en cada vuelta.

**Compostaje en túneles**, 55°C, 4 horas y que alcance su completa estabilización.

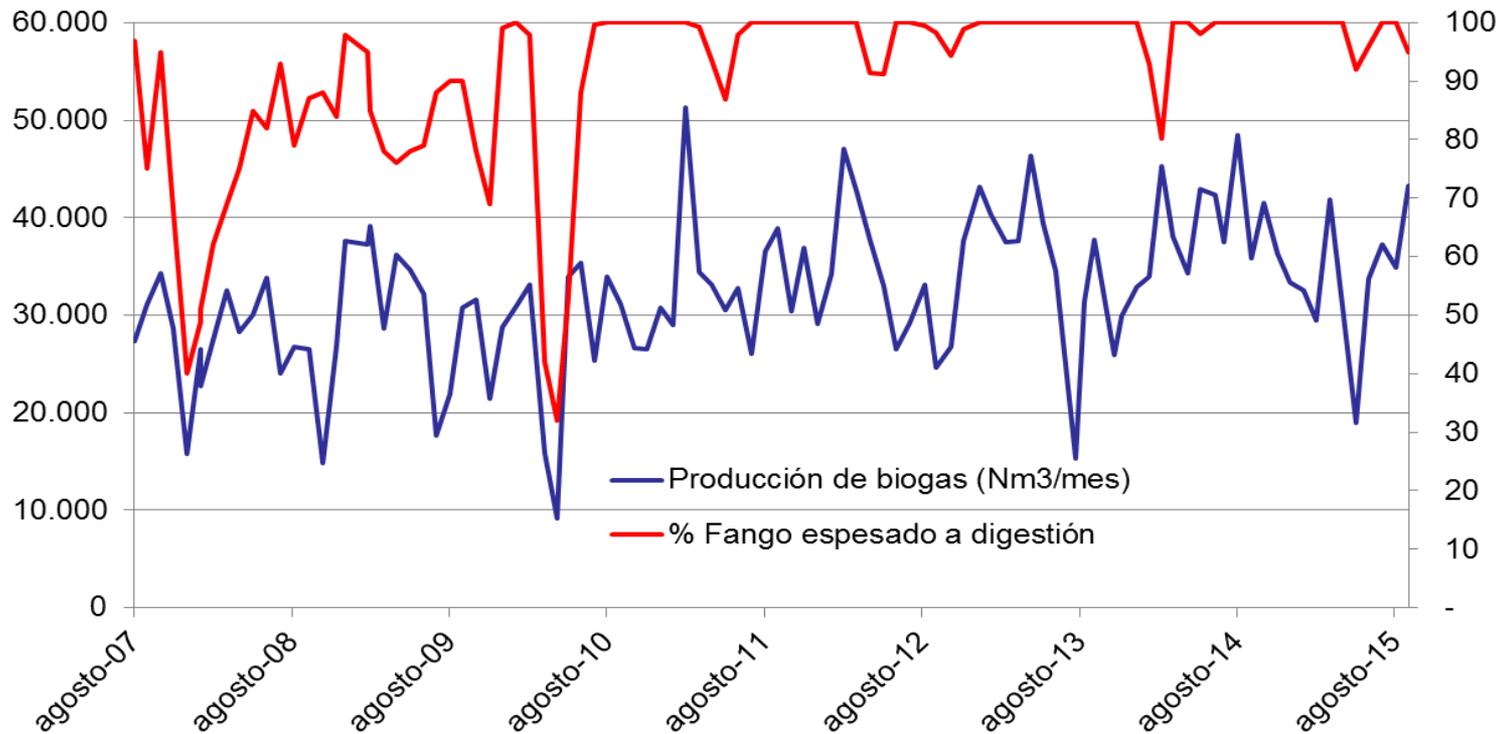
**Secado térmico**, por encima de 80°C, un mínimo de diez minutos con una reducción del contenido de agua, hasta por debajo del 10%.

**Estabilización termófila aerobia ó anaerobia** , 55°C , 4 horas después de la última alimentación y antes de la siguiente extracción

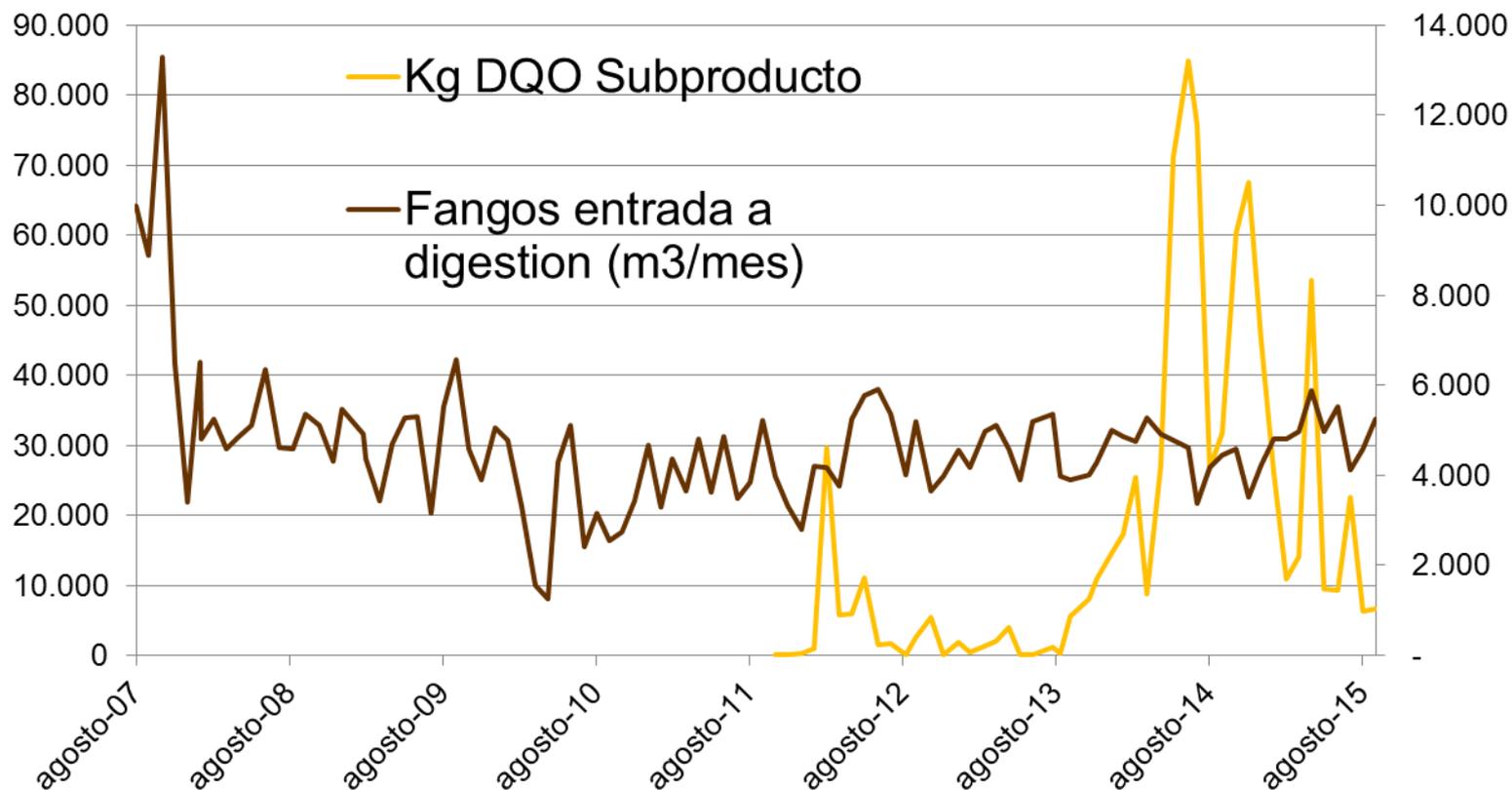
**Tratamiento térmico del fango líquido** , 10 minutos a 80°C, ó 20 minutos a 75°C, ó 30 minutos a 70°C seguido de una digestión mesofílica anaerobia., con un TRH medio de 12 días.

**Acondicionamiento con cal (CaO)** alcanzando un pH de 12,6 ó más y manteniendo la temperatura a un mínimo de 55°C durante 2 horas.

**Digestor Edar Alcoi infradimensionado: riesgo de acidificación por exceso de carga e imposibilidad de aumentar la producción de biogás.**



**Digestor Edar Alcoi infradimensionado: limitación a la entrada de nuevos cosustratos (Codigestión).**



**Necesidad y obligación de aumentar la autoproducción eléctrica a partir del biogás.**



RD 413/2013

CONTRATO EPSAR  
12/2013

## ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DEL CALOR ÚTIL EN LA EDAR DE ALCOI

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO	Digestión anaerobia termofílica	Pre-pasteurización (BIGADAN)	Pre-pasteurización ( <i>ex profeso</i> )	Hidrólisis térmica (CAMBI)
<b>CUMPLIMIENTO DEL 3<sup>er</sup> BORRADOR DE DIRECTIVA DE LODOS</b>					
¿Se considera avanzado?	10	10	10	10	10
Reducción 4 lg <sub>10</sub> en <i>Salmonella Senftenberg W 775</i>	8	10	10	10	10
Ningún huevo de <i>Ascaris</i> viable	8	10	10	10	10
Reducción 4 lg <sub>10</sub> en <i>Escherichia Coli</i>	8	10	10	10	10
<i>Escherichia Coli</i> < 1·10 <sup>3</sup> UFC/grMS	8	10	10	10	10
Esporas <i>Clostridium perfringens</i> < 3·10 <sup>3</sup> /1grMS	8	5	5	5	10
Ausencia de <i>Salmonella</i> spp en 50 gr MF	8	10	10	10	10
<b>FACTIBILIDAD ECONÓMICA</b>					
Costes de inversión	9	8	6	9	3
Costes de explotación	6	9	6	6	3
Vida útil	10	10	7	7	6
<b>FIABILIDAD DE LA TECNOLOGÍA</b>					
Inercia del sistema	6	3	6	6	7
<b>FLEXIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA</b>					
Capacidad de adaptación ante variaciones de carga	9	8	7	7	8
<b>FLEXIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA</b>					
Plazo de ejecución	8	9	8	7	8
<b>ORIGEN DE LOS SUMINISTROS Y TECNOLOGÍA</b>					
Plazo de ejecución	8	10	7	9	6
SUMA PONDERADA		919	830	865	787
MEDIA PONDERADA		8.06	7.28	7.59	6.90

## ALTERNATIVA SELECCIONADA:

- » **Tras el análisis, se considera que la mejor alternativa para el aprovechamiento del calor útil de la EDAR de Alcoi es el acondicionamiento de las instalaciones para adaptar el tratamiento de digestión anaerobia al régimen termófilo.**



# Proyecto I+D+i SLUDGE4ENERGY

## Ensayos a escala pre-industrial:

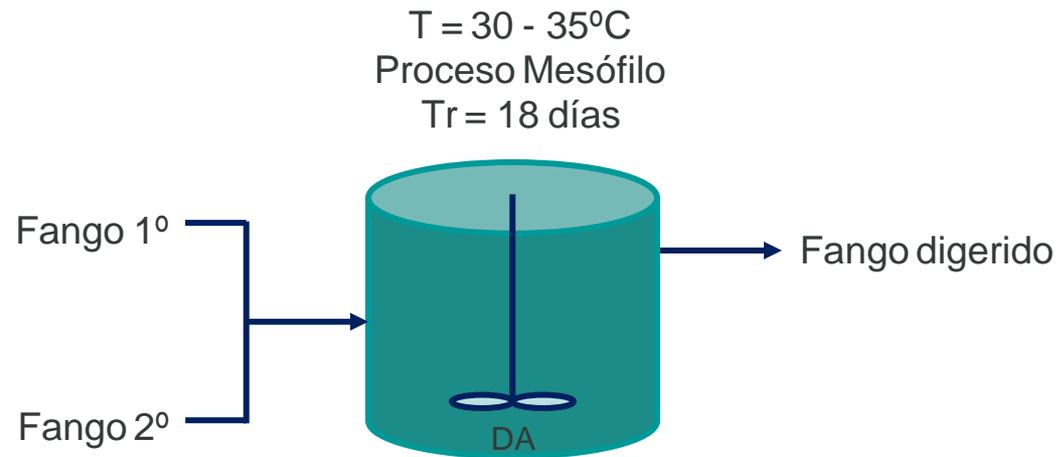


## Planta piloto



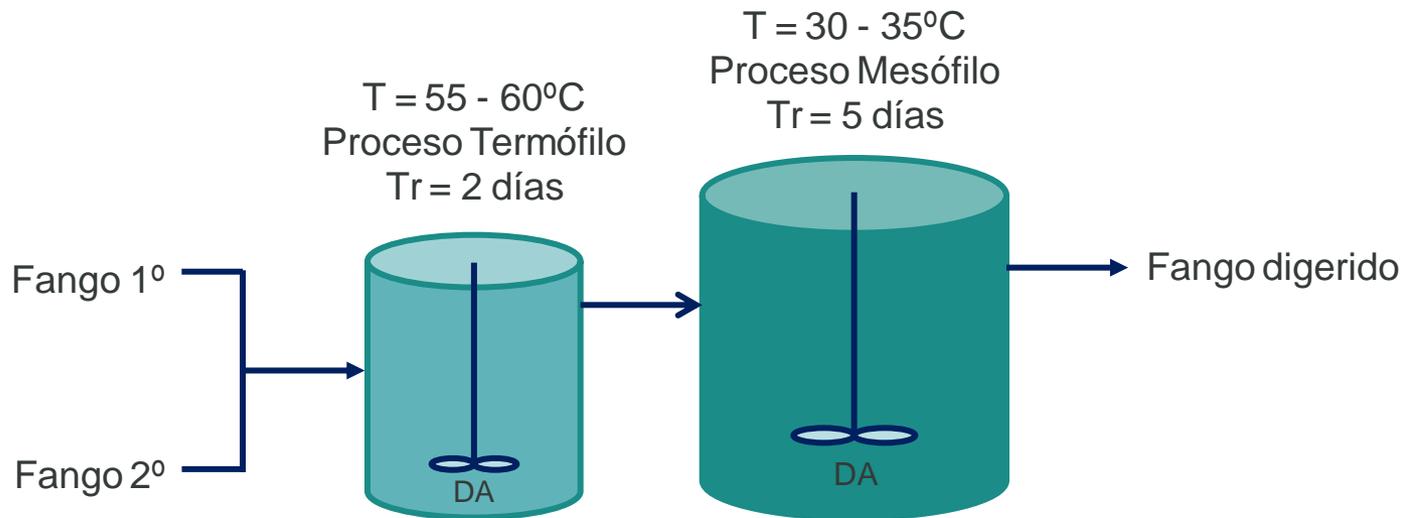
## Ensayos a escala pre-industrial:

Estrategia 0: Fase mesófila



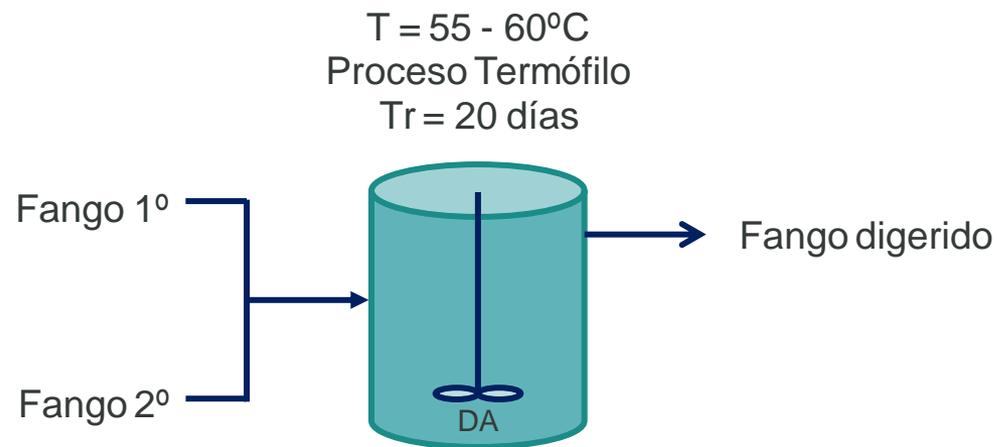
## Ensayos a escala pre-industrial:

Estrategia 1: Doble fase 2 + 5



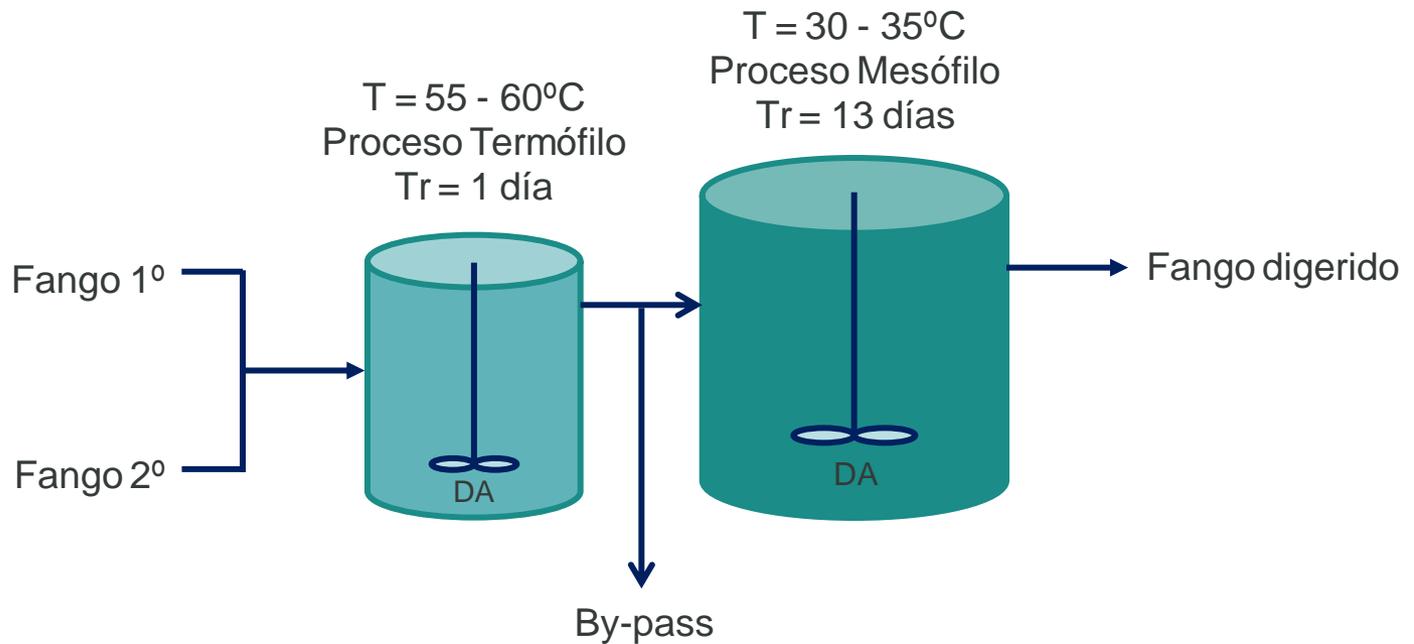
## Ensayos a escala pre-industrial:

Estrategia 2: Fase termófila



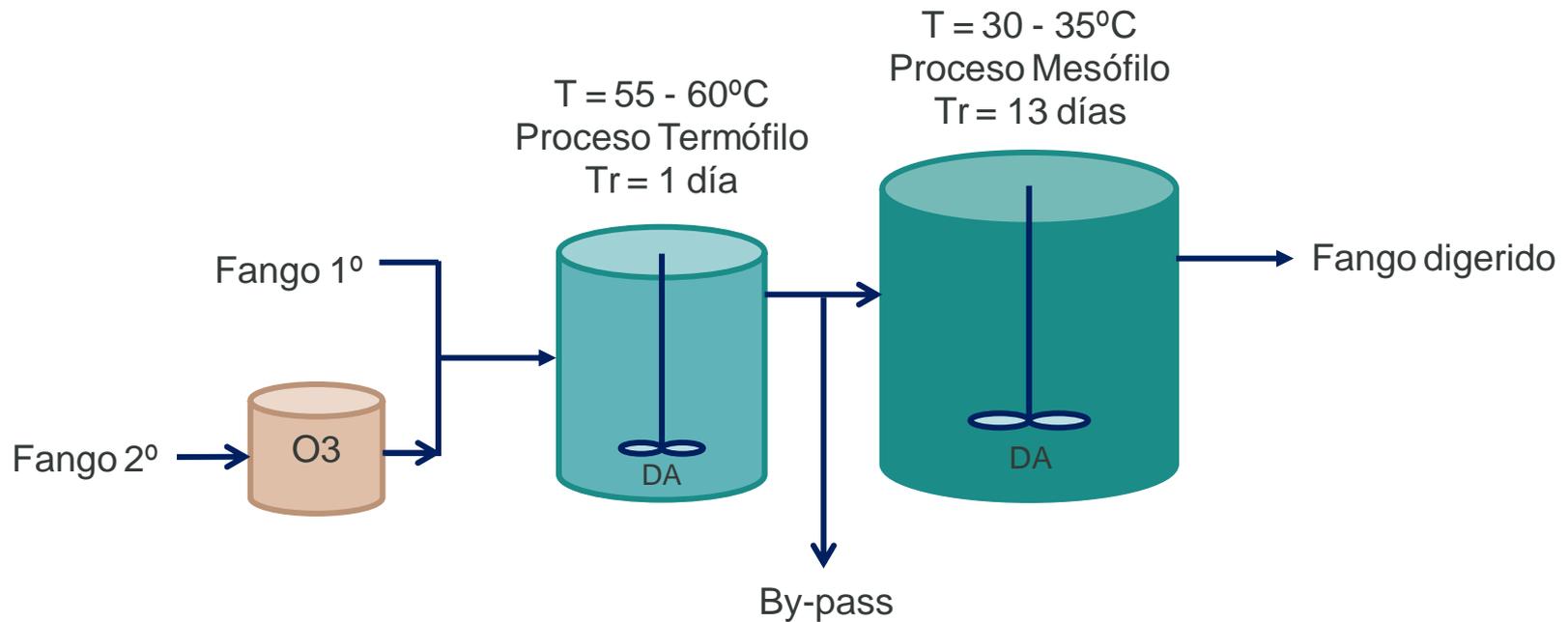
## Ensayos a escala pre-industrial:

Estrategia 3: Doble fase 1 + 13



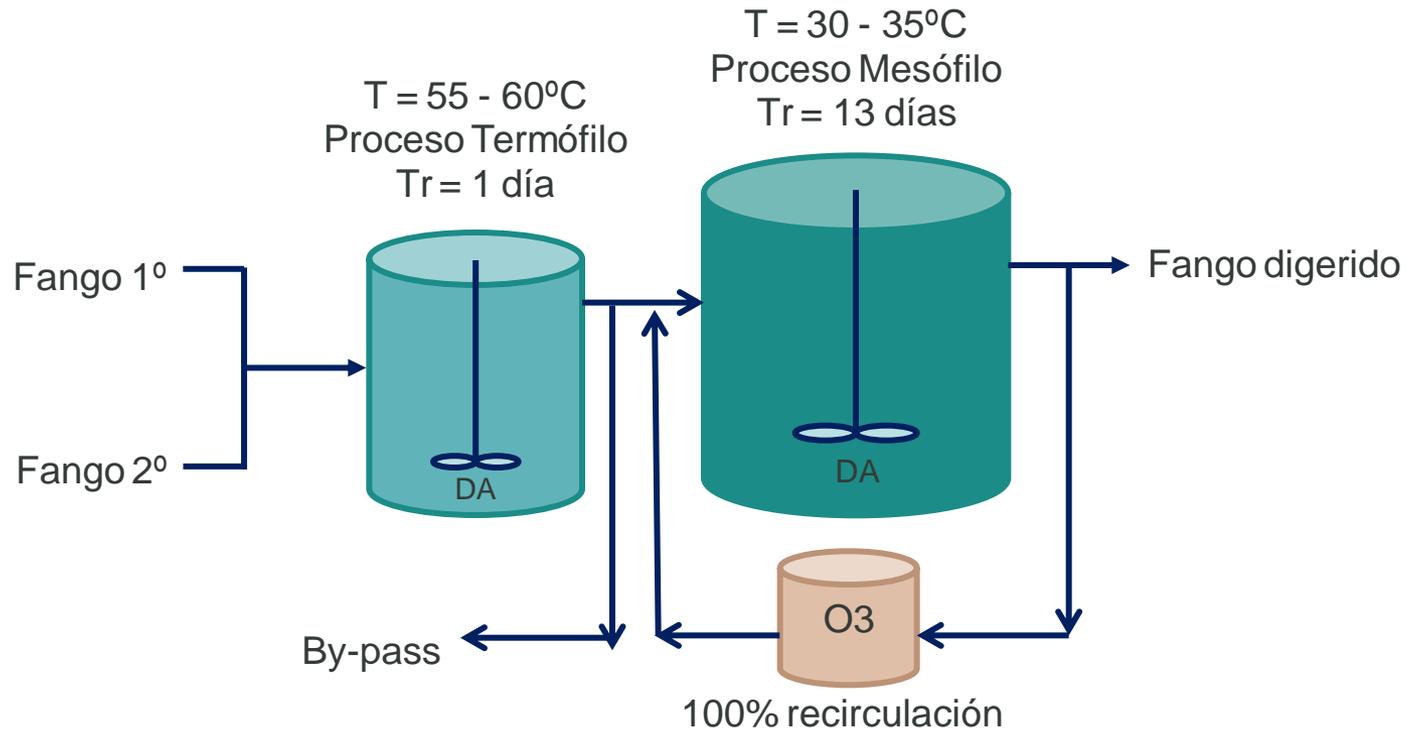
## Ensayos a escala pre-industrial:

Estrategia 4: Doble fase 1 + 13 con pre-ozonización



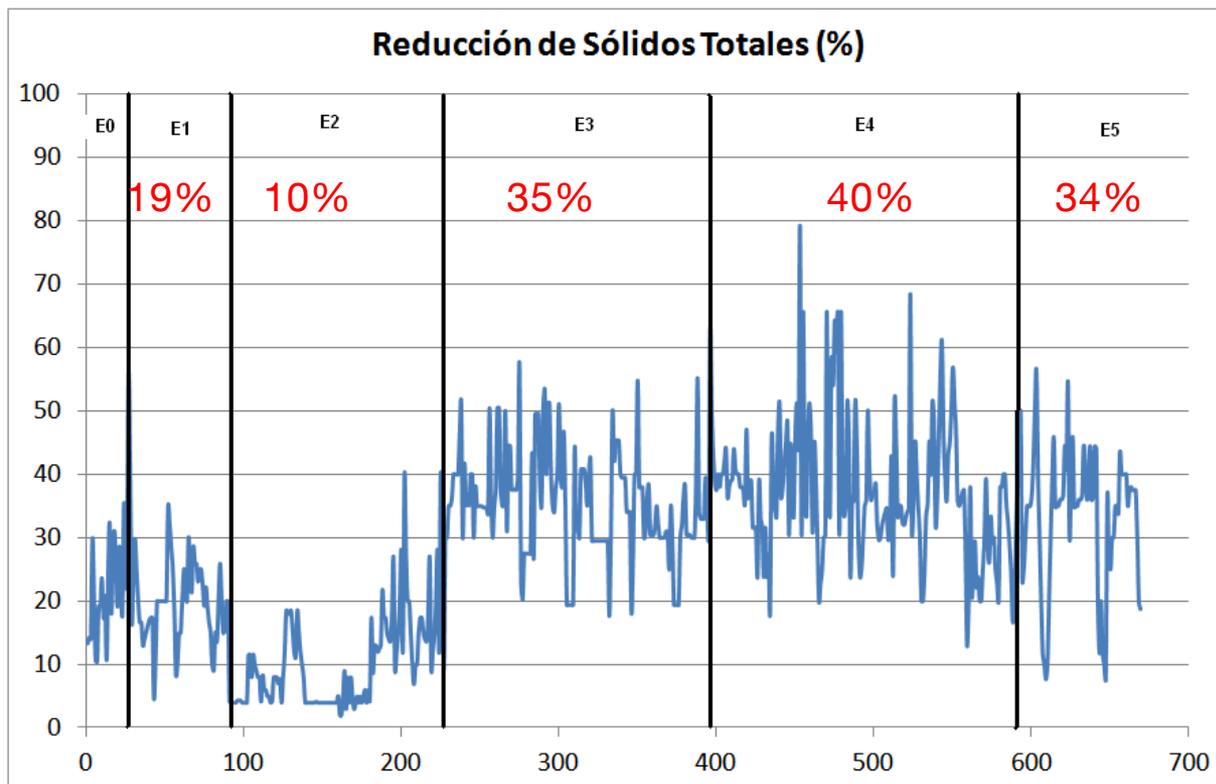
## Ensayos a escala pre-industrial:

Estrategia 5: Doble fase 1 + 13 con post-ozonización



## Ensayos a escala pre-industrial: Resultados Obtenidos

### Reducción de Sólidos Totales

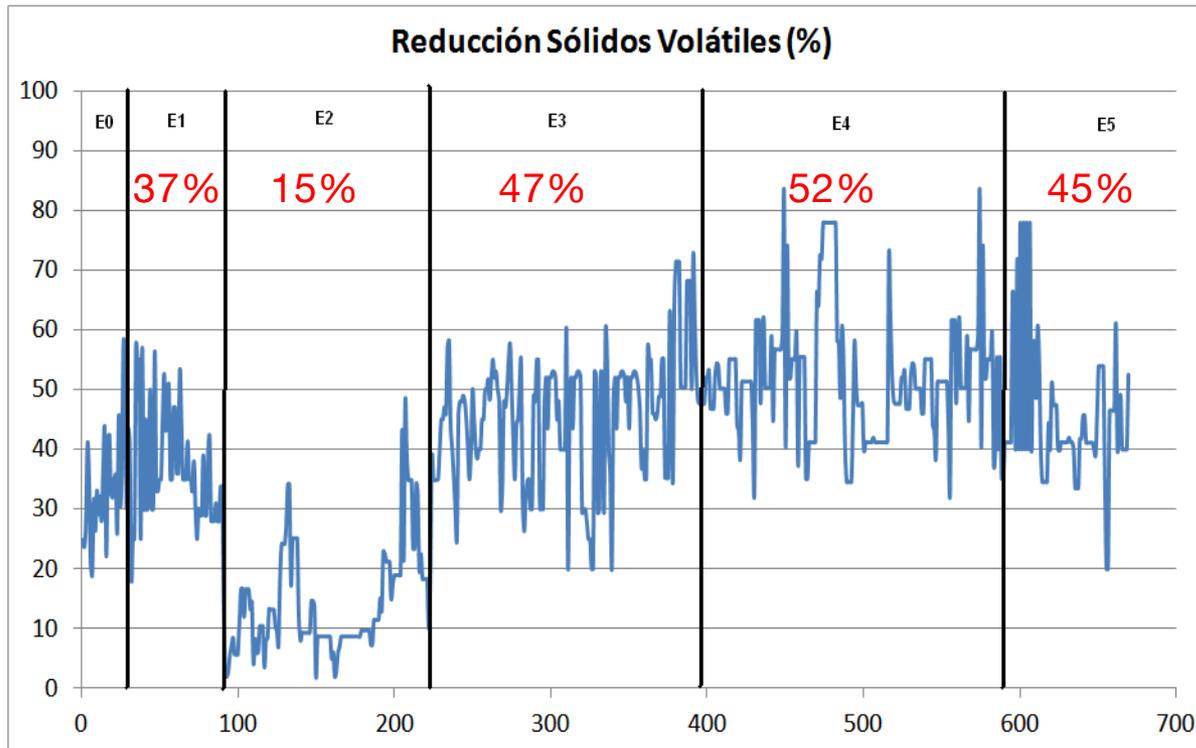


E0: Fase mesófila  
 E1: Doble fase 2+5  
 E2: Fase termófila  
 E3: Doble fase 1+13  
 E4: Doble fase 1+13 con pre-ozonización  
 E5: Doble fase 1+13 con post-ozonización

EDAR Castellón: 20-25%

## Ensayos a escala pre-industrial: Resultados Obtenidos

### Reducción de Sólidos Volátiles

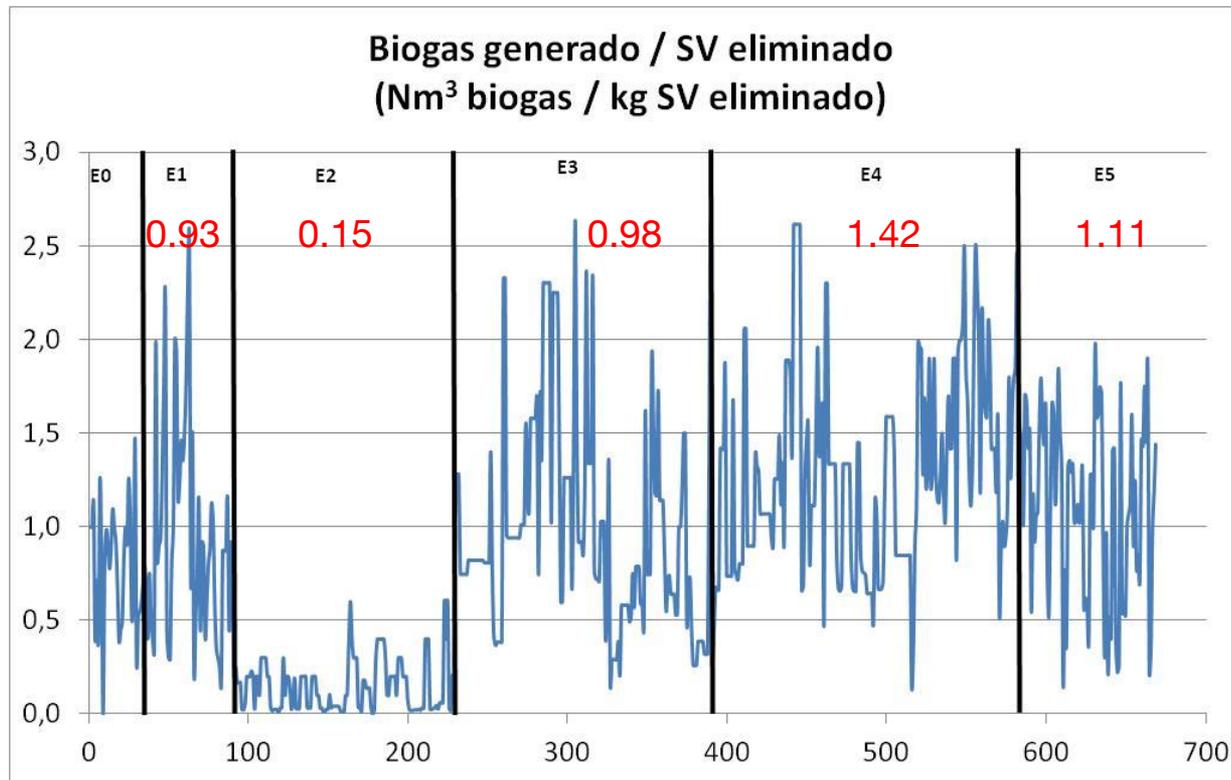


- E0: Fase mesófila
- E1: Doble fase 2+5
- E2: Fase termófila
- E3: Doble fase 1+13
- E4: Doble fase 1+13 con pre-ozonización
- E5: Doble fase 1+13 con post-ozonización

EDAR Castellón: 35-40%

## Ensayos a escala pre-industrial: Resultados Obtenidos

Ratio biogás generado / cantidad sólidos volátiles eliminados

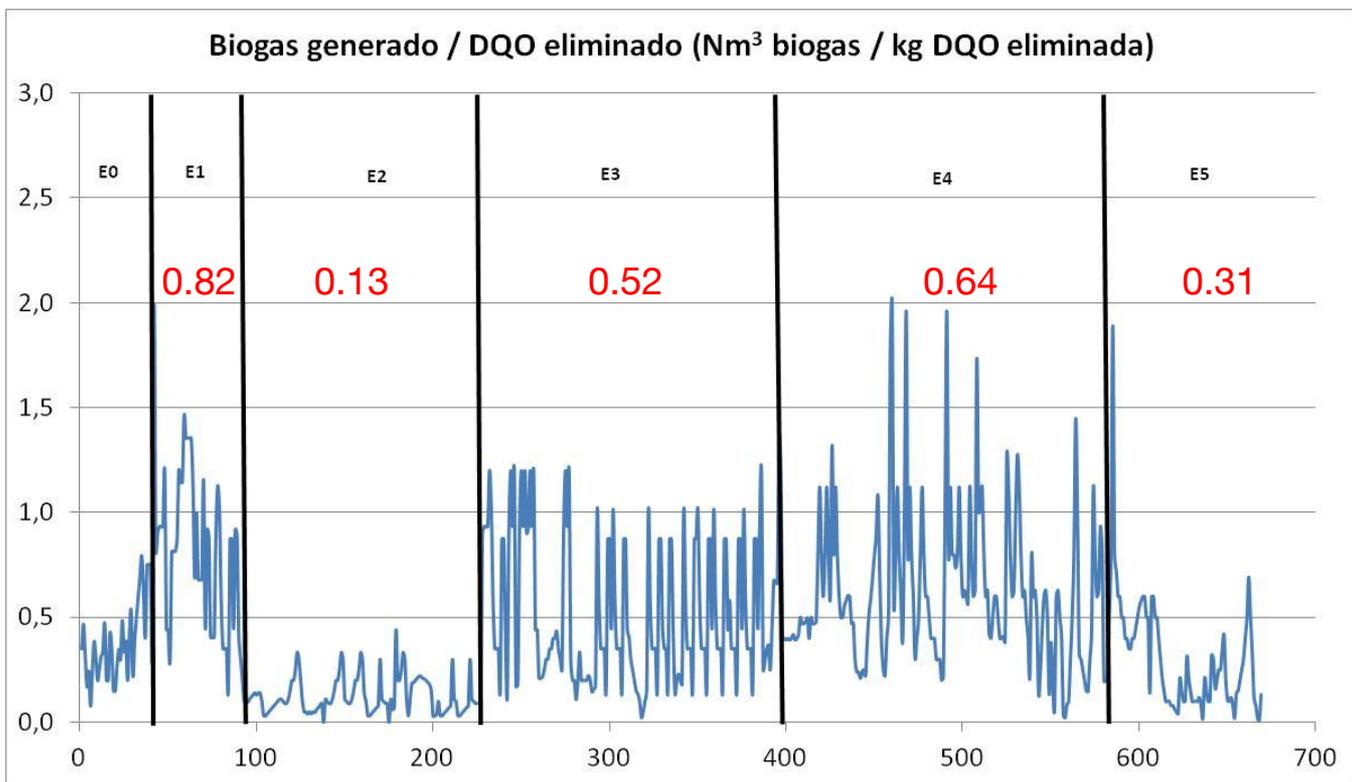


- E0: Fase mesófila
- E1: Doble fase 2+5
- E2: Fase termófila
- E3: Doble fase 1+13
- E4: Doble fase 1+13 con pre-ozonización
- E5: Doble fase 1+13 con post-ozonización

EDAR Castellón: 0,75 –  
1,25 Nm<sup>3</sup> biogás/kg SV  
eliminado

## Ensayos a escala pre-industrial: Resultados Obtenidos

Ratio biogás generado/cantidad materia orgánica eliminada



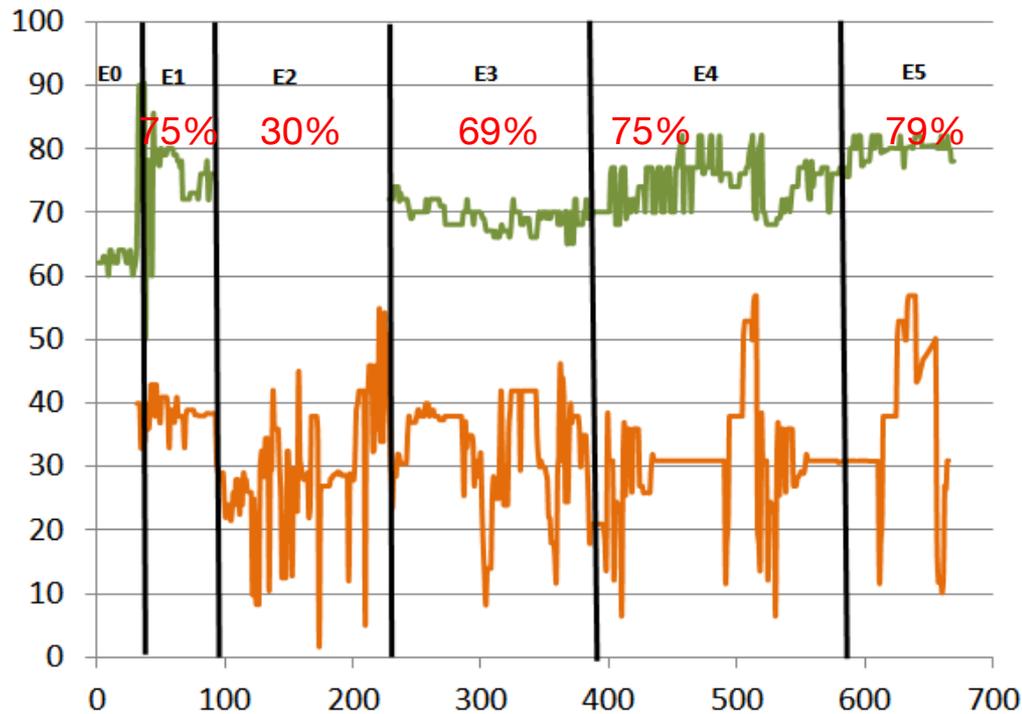
- E0: Fase mesófila
- E1: Doble fase 2+5
- E2: Fase termófila
- E3: Doble fase 1+13
- E4: Doble fase 1+13 con pre-ozonización
- E5: Doble fase 1+13 con post-ozonización

EDAR Castellón: 0,20 –  
0,30  $\text{Nm}^3$  biogás/kg DQO  
eliminado

## Ensayos a escala pre-industrial: Resultados Obtenidos

### Concentración metano

**CH<sub>4</sub> (%)**



- E0: Fase mesófila
- E1: Doble fase 2+5
- E2: Fase termófila
- E3: Doble fase 1+13
- E4: Doble fase 1+13 con pre-ozonización
- E5: Doble fase 1+13 con post-ozonización

— Fase termófila  
— Fase mesófila

## Ensayos a escala pre-industrial: Conclusiones

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROYECTO SLUDGE4ENERGY					
ESTRATEGIAS	%ST	%SV	Nm <sup>3</sup> /Kg SV eliminado	Nm <sup>3</sup> /Kg DQO eliminado	%CH <sub>4</sub>
E0	24	34	0,79	0,31	63
E1	19	37	0,93	0,82	75
E2	10	15	0,15	0,13	30
E3	35	47	0,98	0,52	69
E4	40	52	1,42	0,64	75
E5	35	45	1,11	0,31	79

- La reducción de sólidos volátiles en la doble fase alcanza valores del 45% que se incrementan hasta el 52% en la estrategia 4.
- El ratio de producción de biogás en la estrategia 4 es el máximo (1,42 Nm<sup>3</sup>/kg SV eliminado) y superior a los rangos encontrados en bibliografía para digestión anaerobia mesófila (0,75 – 1,25 Nm<sup>3</sup> biogás/kg SV eliminado).

## Ensayos a escala pre-industrial: Conclusiones

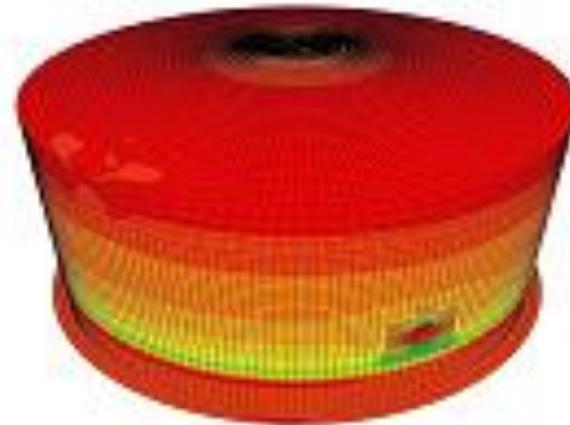
### Conclusión final

La digestión anaerobia en doble fase ha obtenido mejores resultados que la digestión anaerobia convencional siendo su configuración ideal la combinación con la pre-ozonización, (estrategia nº4) con tiempos de retención de 1 día en el digester termófilo y 13 días en el digester mesófilo.

# MEJORA DIGESTIÓN EDAR ALCOI



	SOBRE S	PROPOSICIÓN TÉCNICA
	DOCUMENTO II	RELACION DE MEJORAS OFERTADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SERVIDO



## MEJORA

MEJORAS EN EL DIGESTOR  
ANAERÓBICO DE LA EDAR DE  
ALCOI: ELIMINACION DE  
VOLUMEN MUERTO,  
CALORIFUGACION Y  
CONVERSIÓN A RÉGIMEN  
TERMÓFILO

FACSA

Servicio de fundación y mantenimiento del sistema de saneamiento y depuración de aguas residuales de ALCOI (Zitania)

## Digestión termófila: Resultados esperados:



**+ TRH EN DIGESTOR**

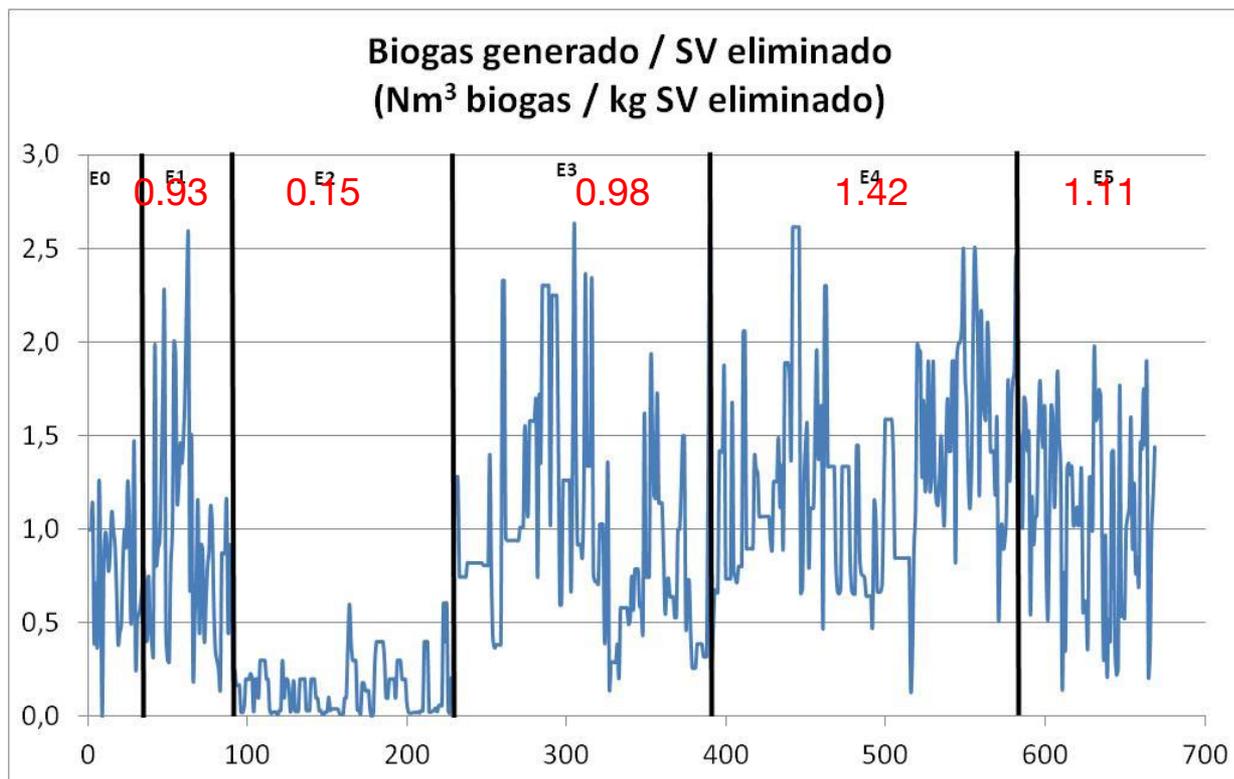
**+ PRODUCCION BIOGÁS**

**+ HIGIENIZACIÓN FANGOS**

- La bibliografía consultada (De la Rubia et al., 2005) recomienda el paso gradual del proceso mesofílico a termofílico, no recomendando aumentar la temperatura más de 1 °C al día, por lo que se espera conseguir el cambio completo al cabo de un mes de terminar las obras de ejecución de la mejora. Durante ese tiempo se espera una disminución moderada del rendimiento de eliminación de SV y de producción de biogás.
- Una vez estabilizado el digester en condiciones termófilas, la bibliografía consultada, (V. Riau; M.A de la Rubia; T. Forster-Carneiro; M. Pérez; Comparación entre la digestión anaerobia mesofílica y termofílica de los lodos de depuradora; SMALLWAT 07) como es natural, discrepa respecto los rendimientos de eliminación de SV y de generación de biogás, aunque casi todos están de acuerdo en una importante reducción de patógenos, eliminando totalmente Salmonella y reduciendo el contenido de la bacteria Escherichia coli por debajo de  $5 \times 10^2$  UFC/gr

**Ensayos a escala pre-industrial: La fase termófila no llegó a arrancar durante más de 100 días.**

Ratio biogás generado / cantidad sólidos volátiles eliminados



- E0: Fase mesófila
- E1: Doble fase 2+5
- E2: Fase termófila
- E3: Doble fase 1+13
- E4: Doble fase 1+13 con pre-ozonización
- E5: Doble fase 1+13 con post-ozonización

EDAR Castellón: 0,75 – 1,25 Nm<sup>3</sup> biogás/kg SV eliminado

## DUDAS EN LA DIGESTIÓN TERMÓFILA:



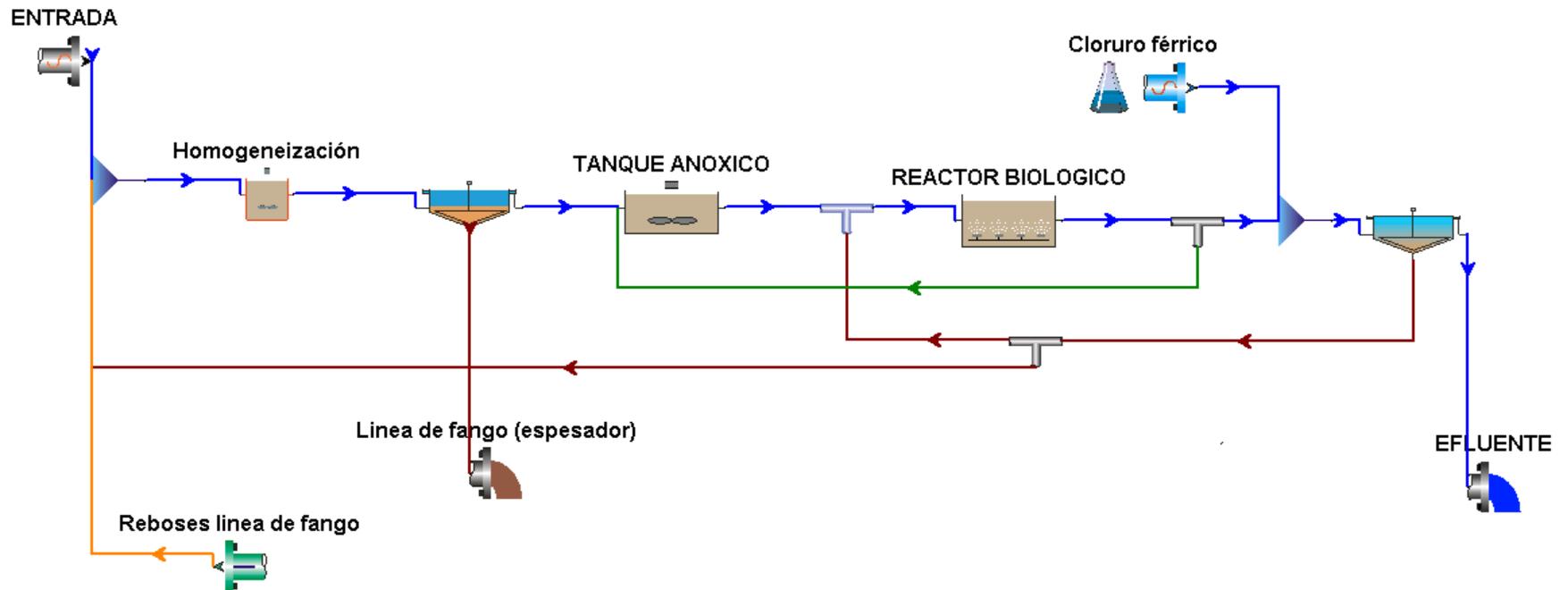
Precisan  
menores tiempos  
de residencia

Producen mayor  
cantidad de biogás

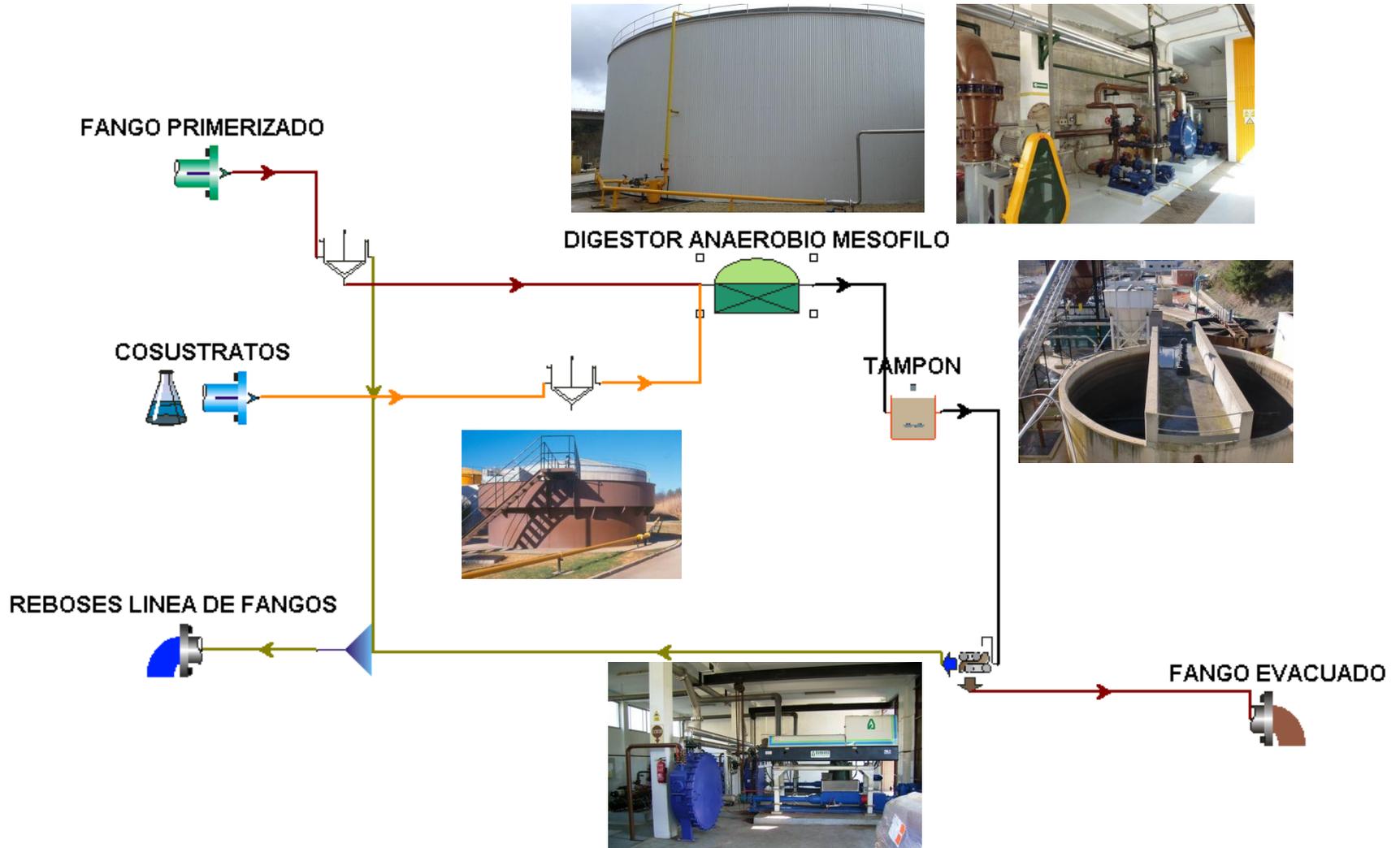
Consiguen una  
mayor destrucción  
de bacterias,

Pero...

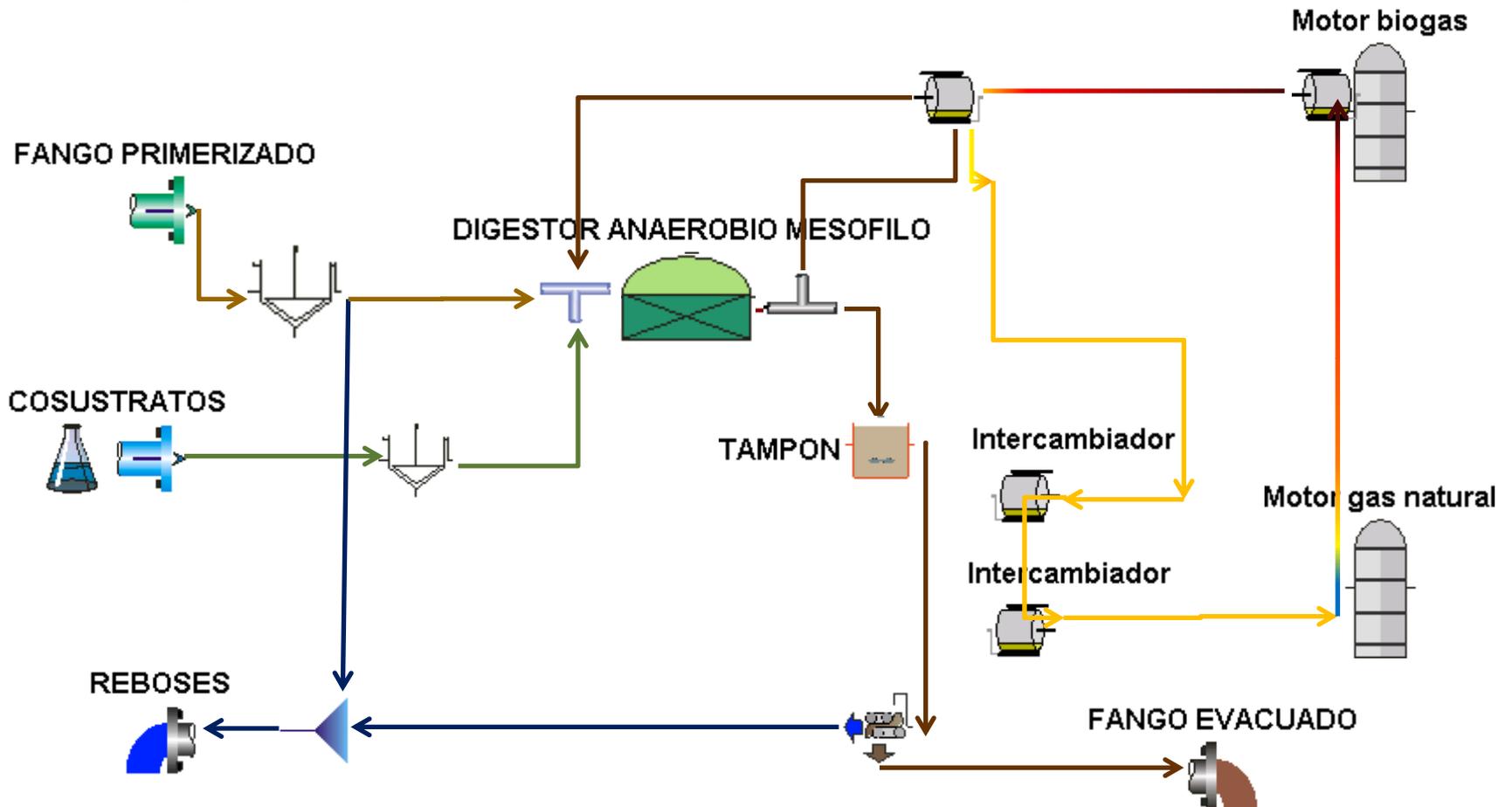




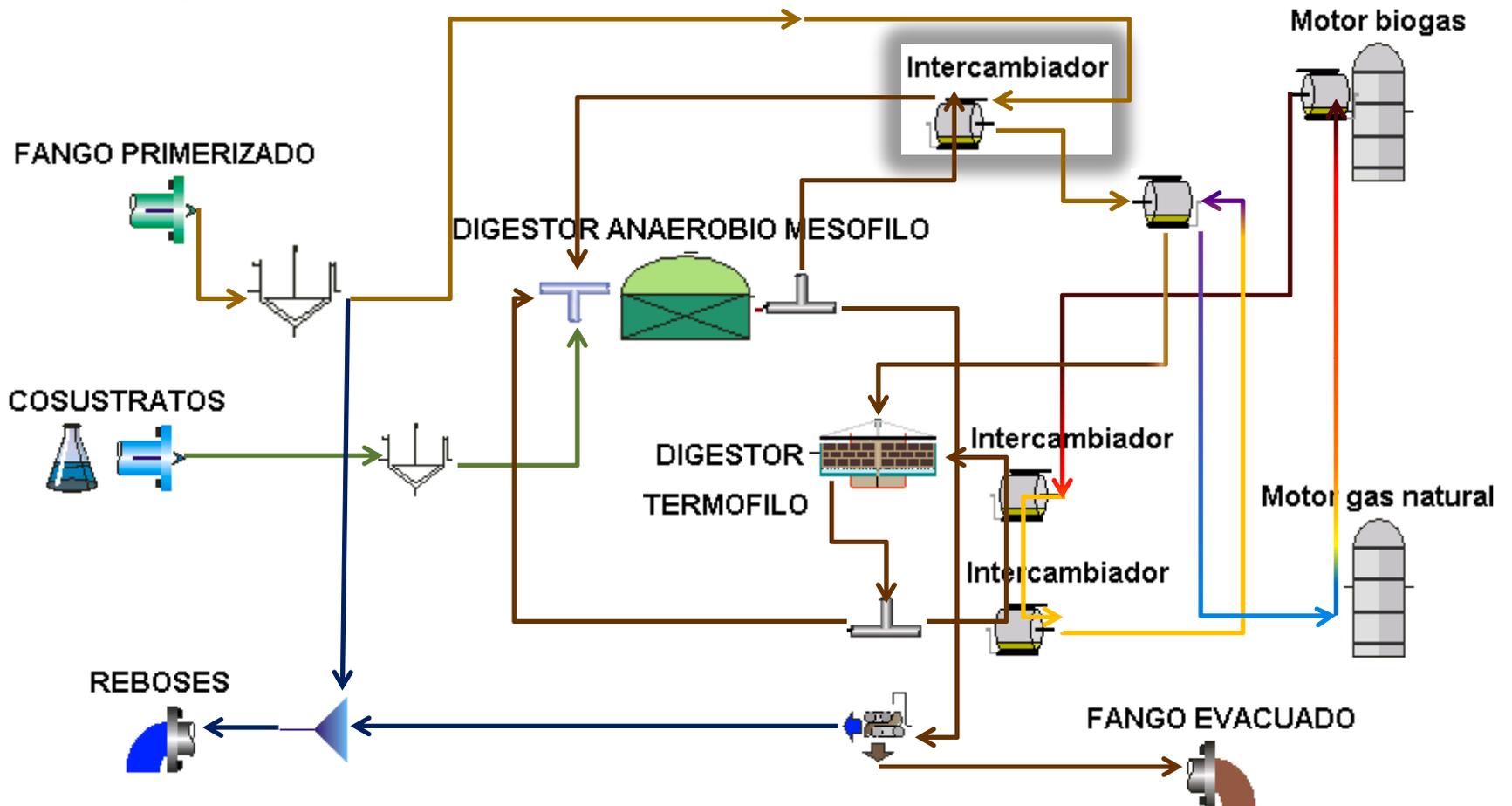
# LINEA DE FANGO EDAR ALCOI



# LINEA DE FANGO Y COGENERACION (ACTUAL)



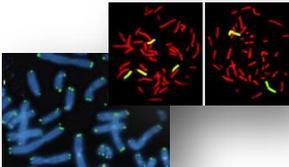
# LINEA DE FANGO Y COGENERACION







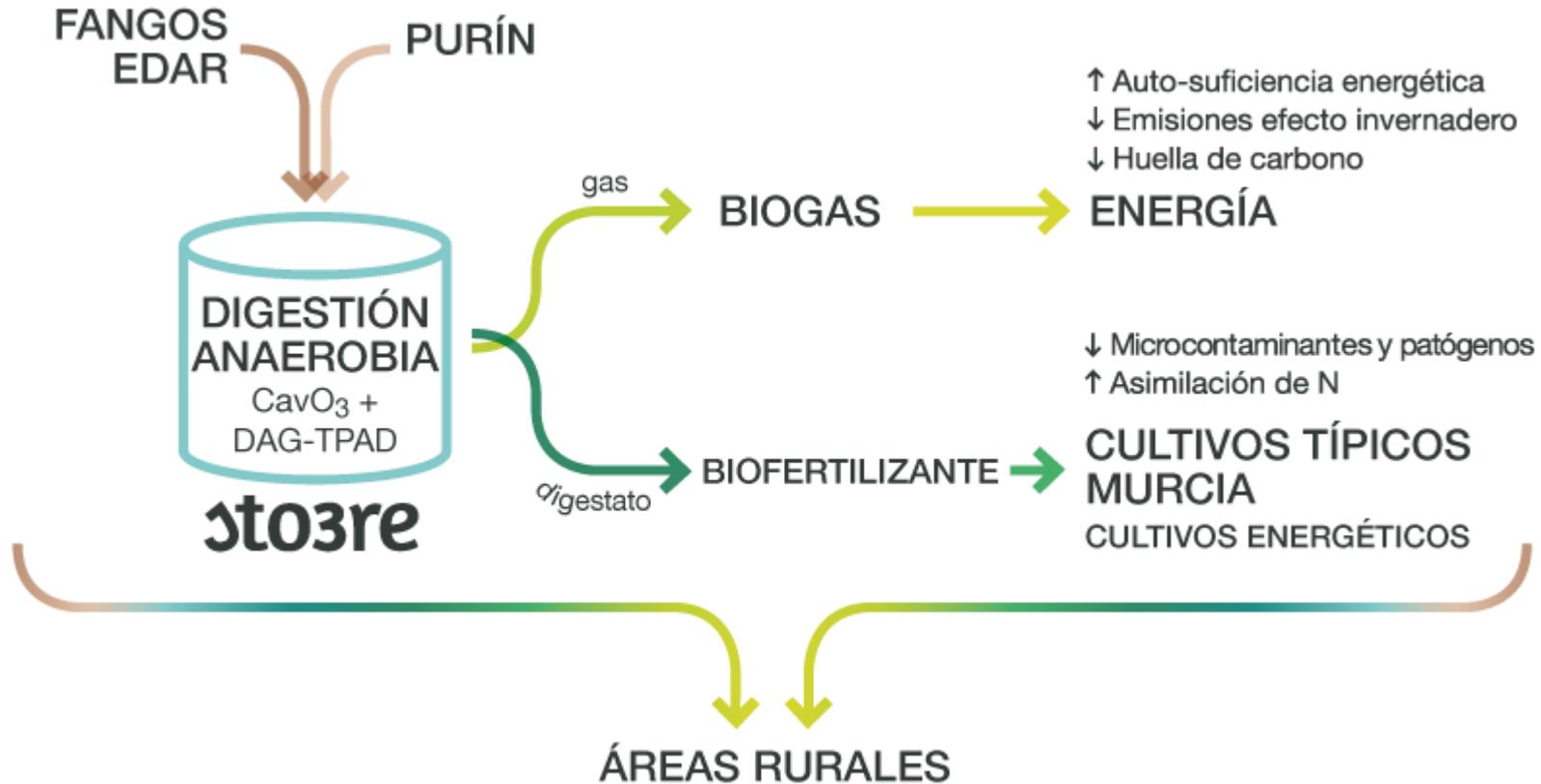
## Participantes

- Sociedad de Fomento Agrícola Castellonense, S.A., FACSA
- Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria, **AINIA**
- Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, **CEBAS-CSIC** 
- Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de aguas residuales de la Región de Murcia, **ESAMUR**
- Investigación y Proyectos Medio Ambiente S.L., **IPROMA** 



## Objetivos

- **Reducir el impacto** de los purines y de los fangos de depuradora en las aguas superficiales y acuíferos.
  - Reducir la huella de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero.
  - Promover la **reutilización de fangos y purines** con el fin de reciclar los nutrientes (**P y N**).
  - Garantizar un **fertilizante** que cumpla con las futuras normativas legales aplicables a la aplicación de lodos en agricultura: **baja carga en patógenos y microcontaminantes**.
- ↓
- Diseñar y validar un **sistema de co-digestión anaerobia, energéticamente sostenible** del que se obtenga un **fertilizante** de alta calidad.
  - La tecnología que se va a aplicar consiste en la combinación de:
    - Digestión anaerobia con dos etapas a diferente temperatura
    - Oxidación con ozono
    - Cavitación hidrodinámica



## Descripción del Proyecto

- El proyecto **STO3RE** está ideado para **áreas rurales** en las que se pueda centralizar la gestión del fango de pequeñas-medianas EDARs, así como también el de residuos ricos en N como es el purín.

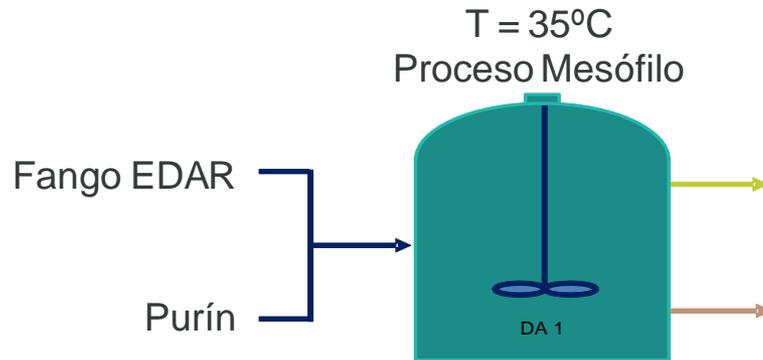


**MURCIA**

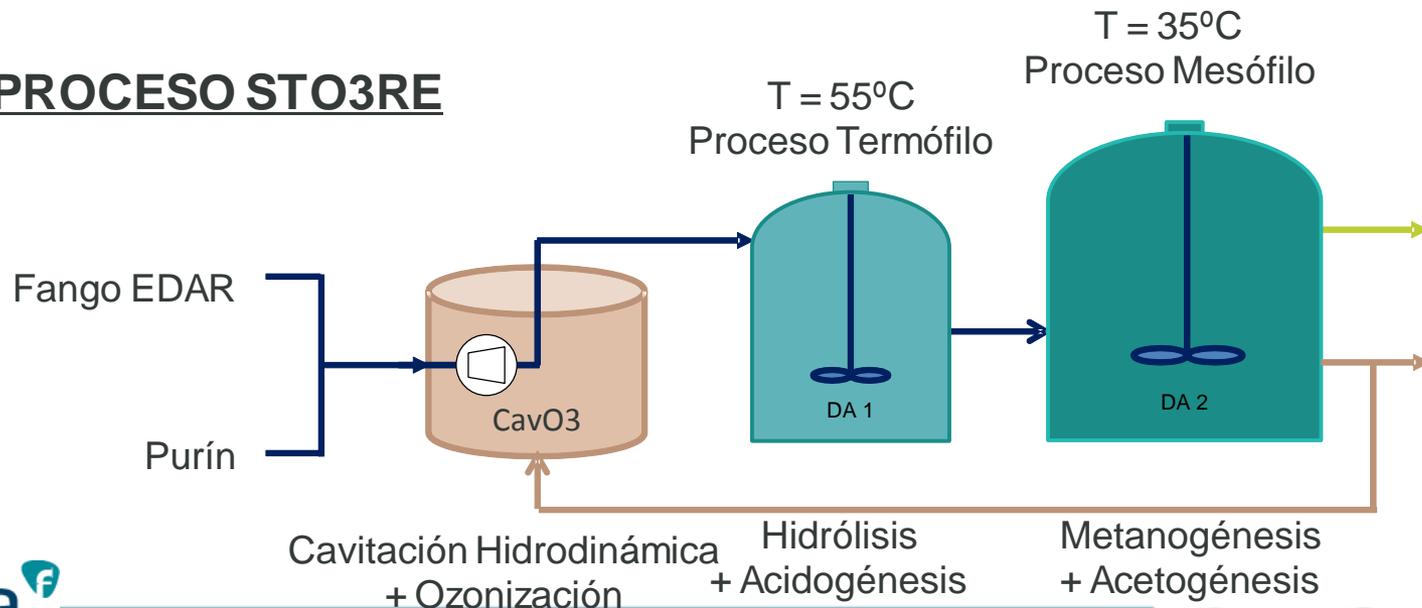


- Las ventajas de la centralización son:
  - Compartir instalaciones y equipos
  - Reducción costes de inversión y operación

✓ **PROCESO CONVENCIONAL**



✓ **PROCESO STO3RE**





**RECOGIDA SELECTIVA DE LA FRACCIÓN ORGANICA DE RSU (FORSU) DE MERCADOS MUNICIPALES Y GRANDES SUPERFICIES.....**

**Plan Zonal de Residuos de la Zona XIV**



# **DIGESTIÓN ANAERÓBICA?**

**¡Muchas gracias  
por su atención!**

**Néstor Portes Alemany**  
**Técnico Explotación Área Saneamiento y Depuración**

**Facsa**   
ciclo integral del agua