

Desarrollo de la tecnología de Spouted Bed para la degradación anaerobia de lodos de depuradora de papelera



ZIENTZIA
ETA TEKNOLOGIA
FAKULTATEA
FACULTAD
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

50 URTE
AÑOS
Biba Zientzia!
Ciencia Viva

M.J. San José, S. Alvarez, R. López

Universidad del País Vasco UPV/EHU. Dpto. de Ingeniería Química

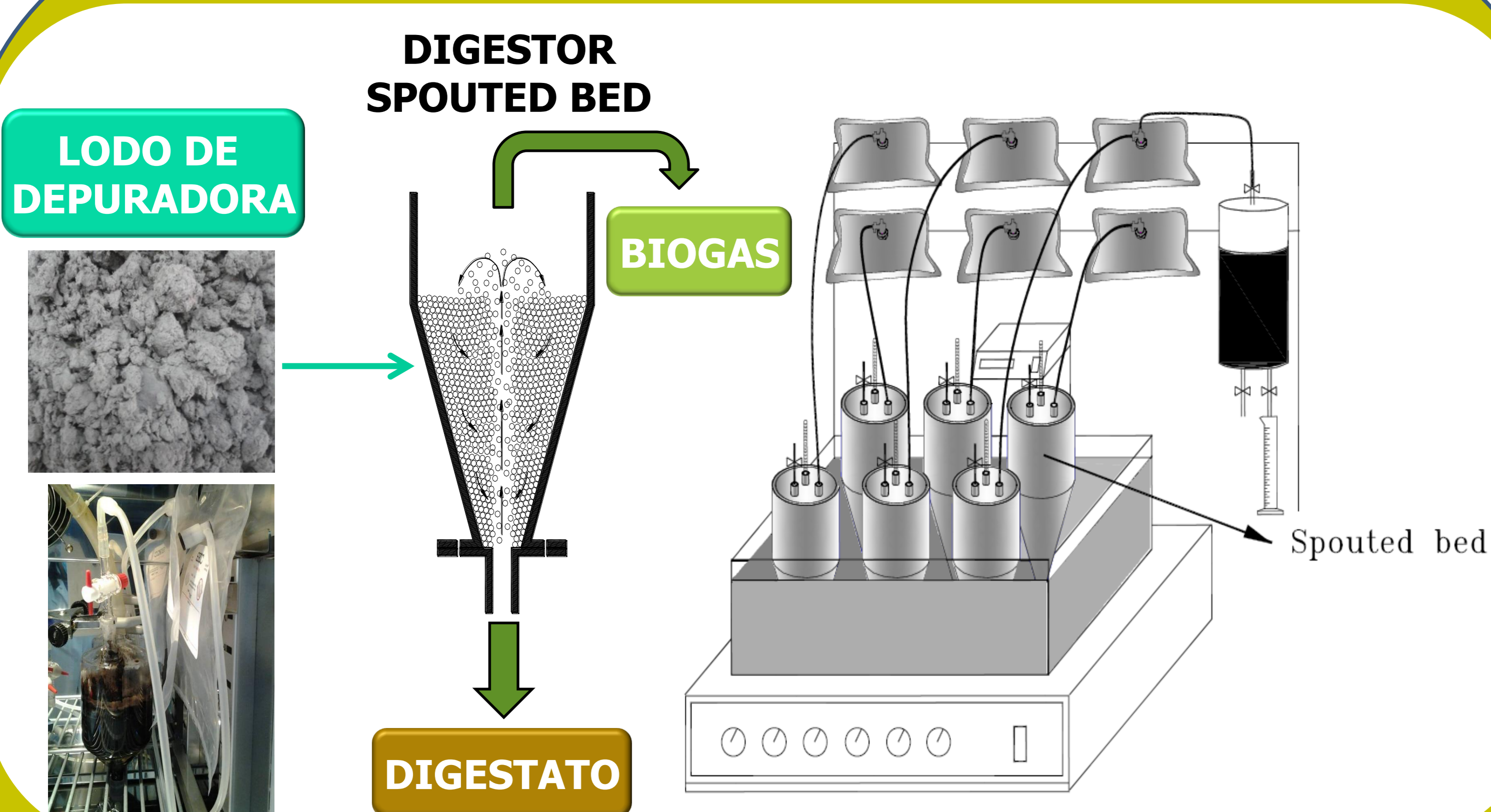
Apdo. 644. 48080 Bilbao. Spain.

Tel. 34-94-6015362. Fax. 34-94-6013500. e-mail: mariajose.sanjose@ehu.es

Resumen

- Los procesos industriales generan gran cantidad de biomasa residual, susceptible de valorización. El proceso de fabricación del papel genera gran cantidad de residuos, entre los que se encuentra el lodo generado en la depuradora de aguas residuales. Una alternativa de aprovechamiento de estos residuos es la digestión anaerobia para la obtención de biogás.
- La gran cantidad de residuos orgánicos generados junto con el alto coste de la energía, justifican la necesidad de valorizar energéticamente dichos residuos mediante la obtención de biogás como alternativa sostenible al tratamiento de residuos. El biogás es un gas renovable, con alto contenido en metano, producido a partir de la digestión anaerobia de materia orgánica. La producción de biogás es una de las tecnologías incluidas dentro del ámbito de la Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, así como en el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019) por su contribución a la descarbonización, al desarrollo de la economía circular, a la integración de sistemas energéticos, a la transición energética y a la reducción de la dependencia.
- La tecnología de contacto fluido-sólido de Spouted Bed en reactores cónicos es apropiada para el tratamiento de sólidos adherentes, debido al vigoroso movimiento cíclico de las partículas y la baja segregación (San José et al., 1994). Esta tecnología se ha aplicado de forma satisfactoria para el tratamiento térmico de biomasa residual (San José et al., 2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2018, 2019, 2021).
- En este trabajo se han determinado las condiciones de operación de lechos de biomasa residual e inóculo en un reactor spouted bed cónico, delimitando las condiciones del régimen de spouted bed que optimizan el proceso y la valorización de biomasa residual por digestión anaerobia en un rango de temperatura mesofílico (35-45 °C).

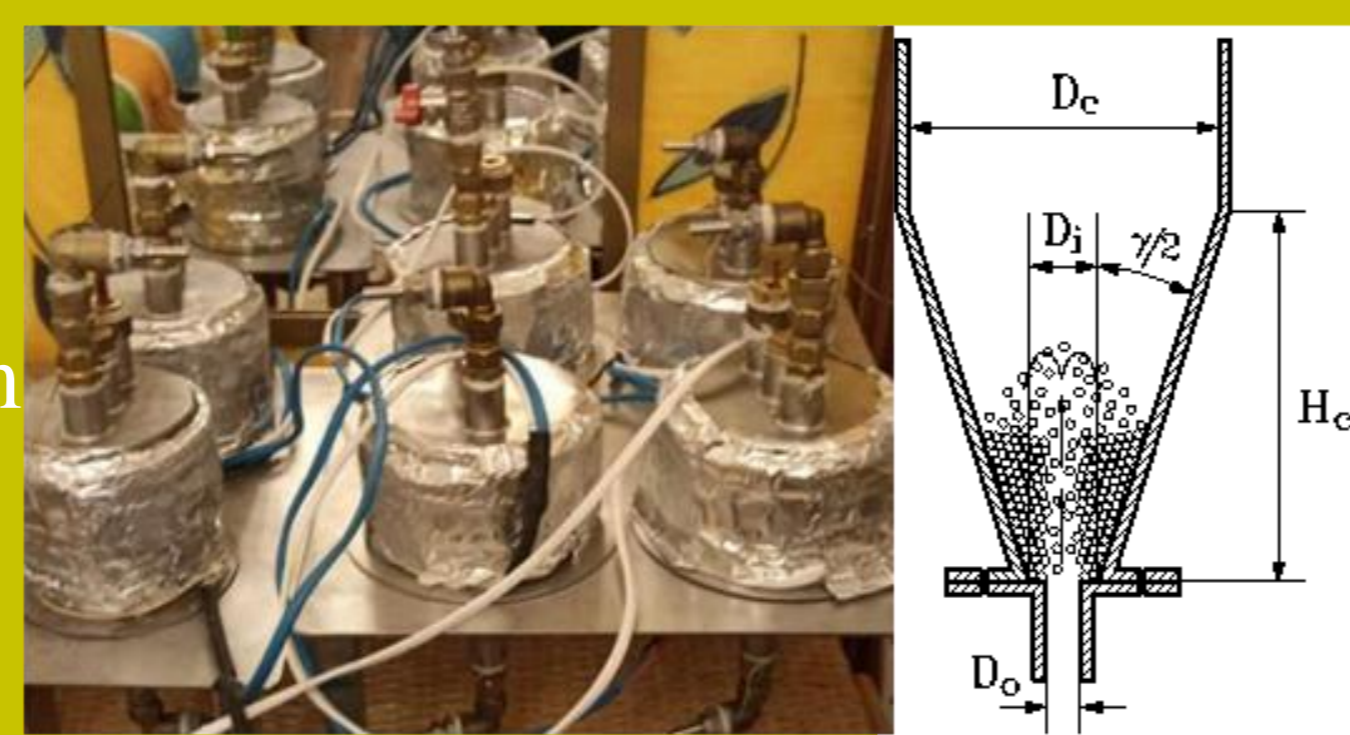
Experimental



Equipo experimental con el digestor spouted bed cónico

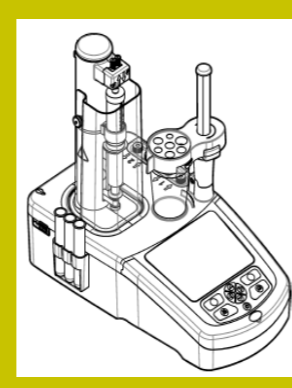
Factores geométricos del digestor spouted bed cónico

- Angulo del reactor, γ , 36°
- Diámetro inferior del cono, D_i , 0.03 m
- Diámetro de entrada del fluido, D_e , 0.02 m
- Diámetro de la sección cilíndrica, D_c , 0.10 m
- Altura de la sección cónica, H_c , 0.13 m
- Altura de la sección cilíndrica, H_{cil} , 0.10 m
- Espesor de la pared, X_{acero} , 2 mm



Digestor spouted bed cónico

- Composición de biogás determinada con Geotech Biogas 5000 analyzer
- pH, T, ácidos orgánicos volátiles (FOS), capacidad buffer (TAC) e índice FOS/TAC determinados con HACH Titralab AT1000



Biogas 5000 HACH Titralab AT1000

Materiales

Lodo de depuradora de la Industria papelera

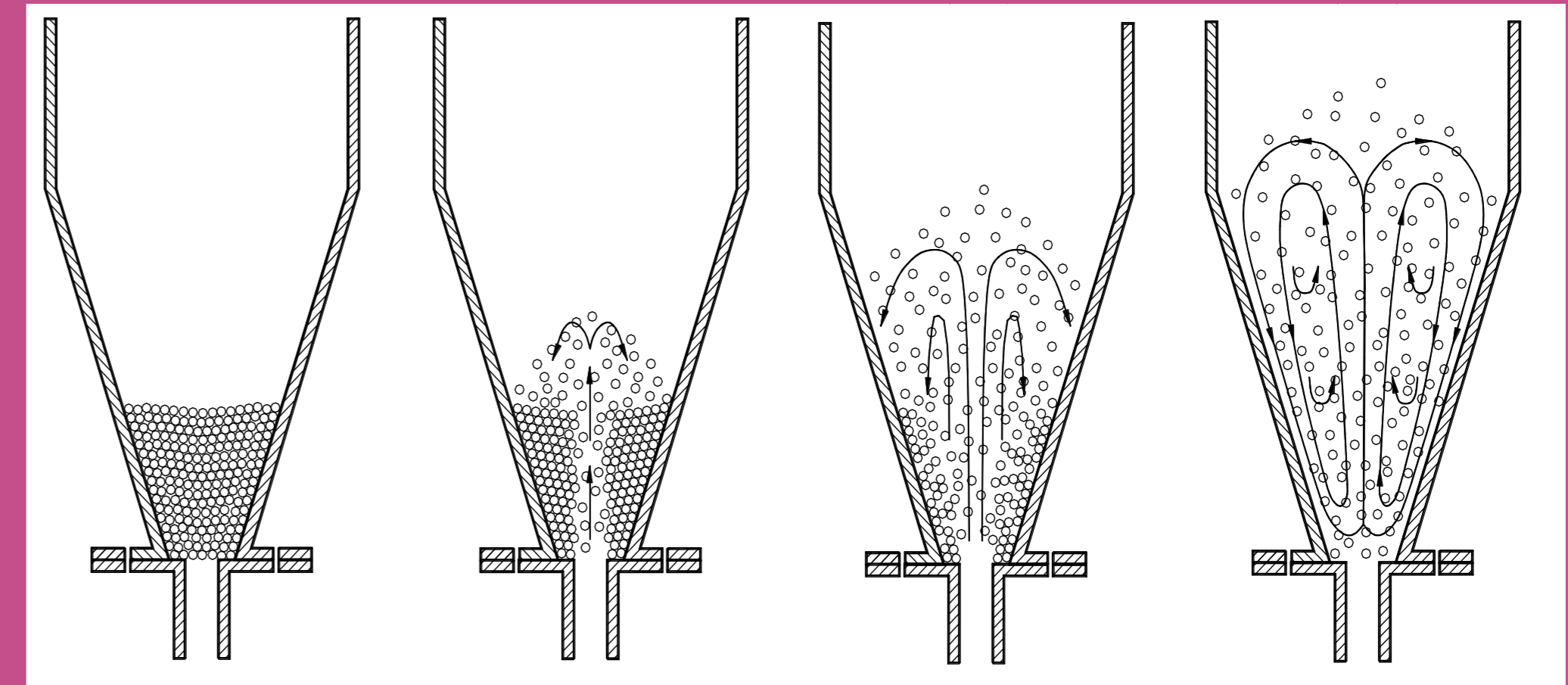
Lodo de depuradora	
Densidad (kg/m ³)	1252
Humedad % (b.h.)	48-50
Diámetro de partícula(mm)	1-4
Código LER	03 03 11
PCI (MJ/kg lodo seco)	12.1



Lodo de depuradora

Resultados

Regímenes de operación

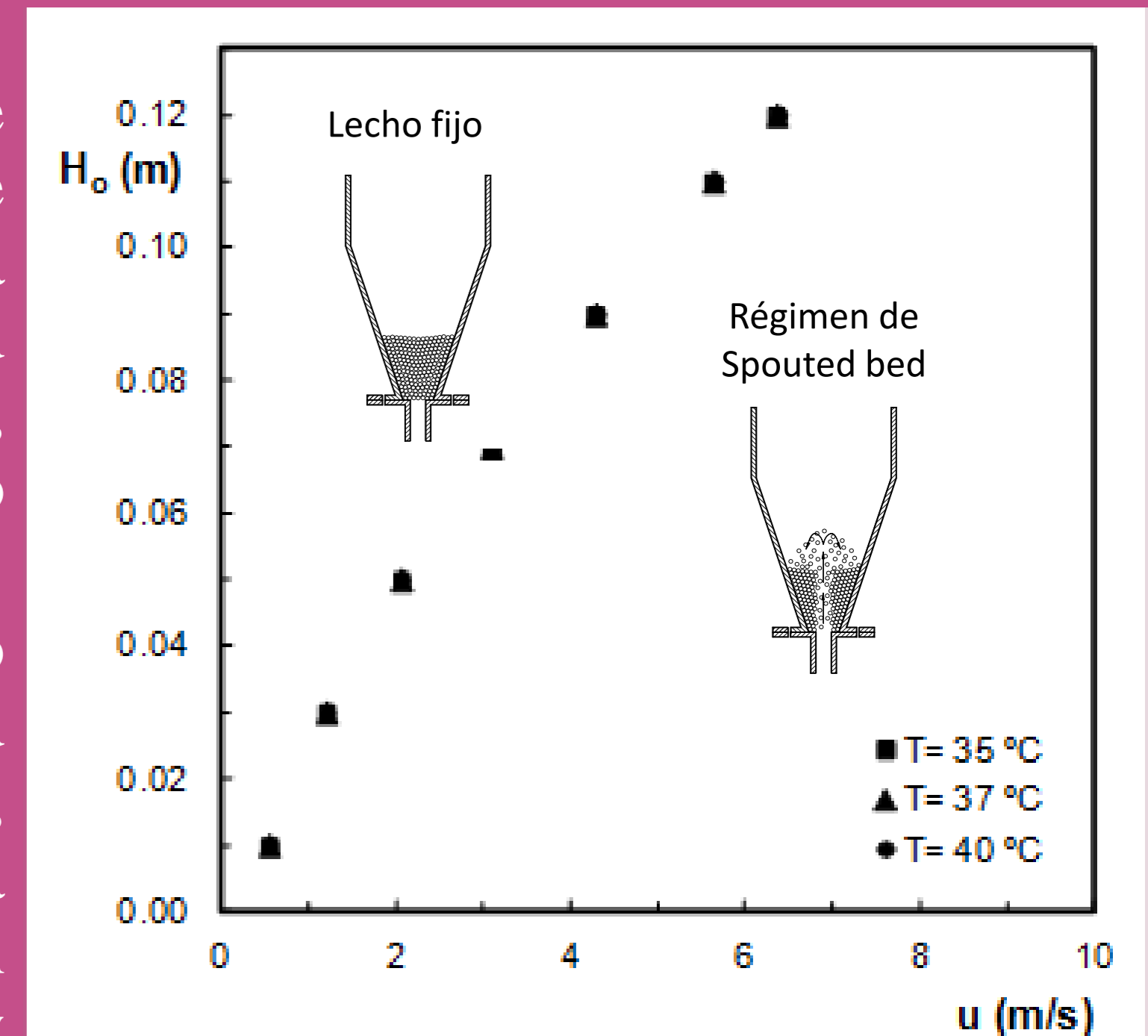


Lecho fijo Spouted bed Transición Spouted bed diluido

- Al aumentar la velocidad del fluido, a la velocidad mínima de spouting, el sistema pasa del lecho fijo, (a), al régimen de spouted bed, (b) con aparición de la fuente.
- Al continuar aumentando el caudal del fluido, se alcanza el régimen de transición, (c), en el que se empiezan a confundir las zonas de spout y anular, a mayores caudales se obtiene el régimen de spout bed diluido (jet spouted bed), (d), con alta porosidad del lecho, superior a 0.95.

Fluidodinámica

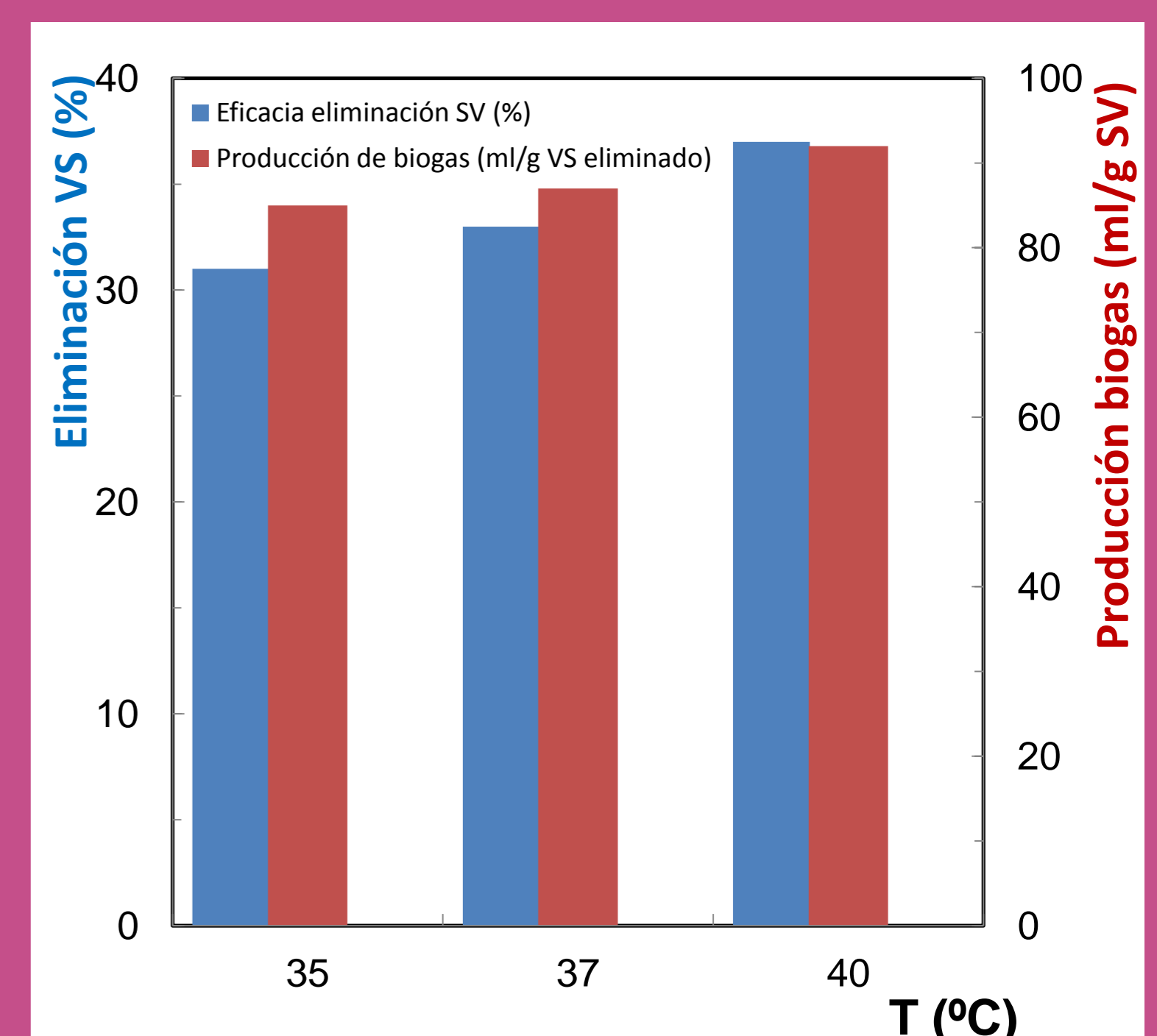
- Se han obtenido las condiciones de operación de lechos de lodo de depuradora de la Industria papelera con inóculo en el digestor spouted bed cónico, en el régimen de spouted bed, en un rango de temperatura mesofílico (35-45 °C).
- Se ha determinado experimentalmente la velocidad mínima del régimen de spouted bed, caracterizado por fluctuaciones de la pérdida de carga con una desviación estándar inferior a 10 Pa (San José y Alvarez, 2015).
- Las velocidades mínimas de spouting de los lechos de lodo de depuradora con inóculo son muy similares en el rango de temperaturas estudiadas



Mapa de operación de lechos de biomasa residual en un reactor spouted bed cónico. Sistema experimental: $\gamma = 36^\circ$, $D_e = 0.03$ m, lodo de depuradora.

Digestión anaerobia

- La digestión anaerobia de lodo de depuradora se realizó en un digestor spouted bed cónico en el régimen de spouted bed en el rango de temperatura mesofílico (35-45 °C)
- El sustrato se deslignificó mediante un líquido iónico y el inóculo de bacterias anaerobias metanogénicas se aclimató previamente.
- Tiempo de operación comprendido entre 21 y 42 días.
- Se elimina entre 31 y 46% de sólidos volátiles con una producción de biogás entre 85 y 94 ml/g SV, con mejora con la temperatura.



Eliminación de volátiles y producción de biogás en la digestión de biomasa residual a 35, 37 y 40 °C.

Temperatura (°C)	Eficacia eliminación SV (%)	Biogas (ml/g SV eliminado)
35	31	85
37	33	87
40	37	92

Referencias

- Comisión Europea. (2019). Pacto Verde Europeo. COM(2019) 640 final.
- Directiva (UE) 2018/2001, Diario Oficial de la Unión Europea, L328, 82-209.
- San José, M.J., Olazar, M., Peñas, F.J., Bilbao, J. (1994). Ind Eng Chem Res 33, 1838.
- San José, M.J., Alvarez, S., Peñas, F.J., García, I. (2013a). Chem Eng Sci, 100, 413.
- San José, M.J., Alvarez, S., García, I. Peñas, F.J. (2013b). Fuel, 110, 178.
- San José, M.J., Alvarez, S., Peñas, F.J., García, I. (2014a). Chem Eng J, 238, 227.
- San José, M.J., Alvarez, S., García, I. Peñas, F.J. (2014b). Chem Eng Res Des 92, 672.
- San José, M.J., Alvarez, S. (2015). Chem Eng Technol, 38, 709.
- San José, M.J., Alvarez, S., López, R. (2018). Catal Today, 305, 13.
- San José, M.J., Alvarez, S., López, R. (2019). Drying Technology, 37, 118.
- San José, M.J., Alvarez, S., López, R. (2021). Fuel Process Technol 221, 106950.