



Módulo BMP

Audiencia y Procesos

Público objetivo el módulo está diseñado para un grupo multidisciplinario de profesionales, que incluye:

- **Ingenieros e investigadores de bioprocesos:** buscan estandarizar los ensayos de potencial de biometano.
- **Operadores de plantas de DA:** necesitan validar la idoneidad del sustrato antes de la alimentación a gran escala.
- **Consultores ambientales:** encargados de evaluar la viabilidad de los proyectos de conversión de residuos orgánicos en energía.
- **Técnicos de laboratorio:** buscan automatizar la transición de los datos de producción de gas crudo a informes estandarizados.

Procesos industriales objetivo:

- **Residuos a energía (WTE):** evaluación de residuos sólidos urbanos y residuos agrícolas.
- **Tratamiento de aguas residuales (WWT):** evaluación de la digestibilidad de los lodos primarios y secundarios.
- **AD industrial:** optimización de recetas de codigestión para el procesamiento de alimentos o residuos de destilería.

Funcionalidad

El módulo BMP actúa como un puente entre los datos brutos de laboratorio y la inteligencia cinética procesable.

Características actuales:

- **Procesamiento de datos:** conversión automática del volumen de biogás bruto y la concentración de metano en NmLCH₄/gVS estandarizado.
- **Ajuste cinético:** integración de modelos matemáticos para describir la tasa de degradación.

Los usuarios pueden ajustar los datos a:

- **Modelos de primer orden:** para el sustrato limitante de la hidrólisis y el uso de otros parámetros en un modelo mecanicista más complejo.
- **Gompertz modificado:** para identificar las fases de retraso y las tasas máximas de producción de metano (R_{max}).
- **Función logística:** se utiliza específicamente para describir el aumento sigmoide en la producción de metano, capturando de manera efectiva las fases de aceleración y desaceleración del crecimiento microbiano.

- **Motor estadístico:** análisis exhaustivo que incluye valores de R², error cuadrático medio (RMSE) e intervalos de confianza del 95 % para todos los parámetros ajustados.

Proyección futura:

- **Análisis de codigestión multisustrato:** modelado predictivo para “efectos de sinergia” entre materias primas mixtas.
- **Detección del umbral de inhibición:** señalización automatizada de la posible inhibición de amoníaco o **VFA** (ácidos grasos volátiles) basada en desviaciones cinéticas.

Beneficios

- **Estandarización:** elimina los errores de cálculo manual, lo que garantiza que todas las pruebas de BMP se procesen con una metodología coherente.
- **Visión predictiva:** ir más allá del “rendimiento final de metano” para comprender la rapidez con la que se produce el metano, lo cual es fundamental para determinar el tiempo de retención hidráulica (HRT) en reactores a escala real.
- **Toma de decisiones optimizada:** proporciona una base científica para seleccionar las materias primas en función tanto del potencial energético total como de la cinética de degradación.
- **Informes listos para la auditoría:** genera resúmenes estadísticos de alta calidad adecuados para investigaciones revisadas por pares o informes de cumplimiento industrial.

Conceptos y Supuestos

Conceptos fundamentales:

El módulo funciona según el principio de que la producción de metano es un indicador directo de la degradación biológica de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Trata el reactor discontinuo como un sistema cerrado donde la disponibilidad de sustrato es el factor limitante.

Supuestos clave:

- **Normalización STP:** se supone que los volúmenes de gas proporcionados se corrigen a temperatura y presión estándar (0C, 1 atm).
- **Resta de inóculo:** el módulo asume que se realizó un ensayo en blanco (solo inóculo) para restar la producción de metano endógeno de los resultados de la muestra.

- **Homogeneidad:** se supone que el sustrato se distribuye uniformemente dentro del reactor por lotes.

Limitaciones:

El módulo proporciona cinética por lotes; la extrapolación de estos resultados a los reactores continuos de tanque agitado (CSTR) requiere un ajuste para las condiciones de “lavado” y de estado estacionario.

Los modelos cinéticos no pueden explicar fallas mecánicas o fluctuaciones repentinas de temperatura no capturadas en los datos.

Uso

El uso del módulo BMP sigue un flujo de trabajo simplificado de cuatro pasos:

- **Carga de datos:** ingrese sus datos de biogás de series de tiempo (tiempo frente a metano acumulativo) a través de una plantilla CSV o Excel. Asegúrese de incluir la masa de **sólidos volátiles** (\$VS\$) del sustrato.
- **Selección del modelo:** elija el modelo cinético (por ejemplo, de primer orden o Gompertz) que mejor refleje la curva de producción observada.
- **Estimación de parámetros:** ejecute el algoritmo de ajuste. El módulo ajustará iterativamente las constantes hasta que se minimice el error entre los datos experimentales y el modelo.
- **Revisión y exportación:** analice la importancia estadística del ajuste y exporte las tablas de resumen y los gráficos de alta resolución para su documentación.

MODELACFD

infomodelacfd@modelacfd.cl

www.modelacfd.cl