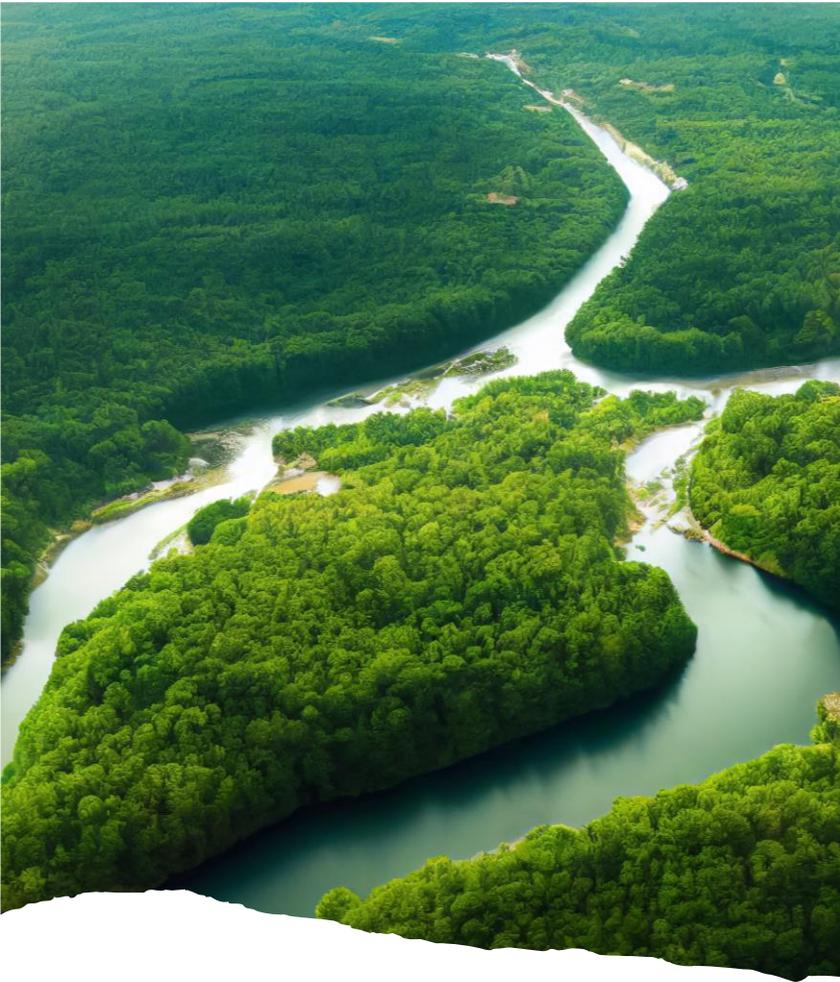




Economía circular en el sector de agua potable y saneamiento:
Aprovechamiento de metano y eficiencia energética en municipios
seleccionados de México



Metodología para la determinación de metano en 4 PTAR

Pedro A. Chavarro V.– Ingeniero Civil y consultor de la CEPAL



NACIONES UNIDAS

CEPAL

División de Recursos Naturales



United Nations
Peace and Development Trust Fund



Localización PTAR de estudio



Metodología de Cálculo emisiones CH₄



Contenido Guías IPCC (2019)

- Volumen 1. Orientación general y Reporte
- Volumen 2. Energía
- Volumen 3. Procesos industriales y Uso de Productos
- Volumen 4. Sector AFOLU
- Volumen 5. Residuos
 - ✓ *Tratamiento y disposición final de residuos sólidos*
 - ✓ *Tratamiento de aguas residuales*

Emisiones del Tratamiento de aguas residuales en ALC



- 3,7% del total de **emisiones** sector Agua y Saneamiento



- 15% del total de **emisiones** sector Agua y Saneamiento

Fuente. GWI (2022)

Elementos Básicos de aplicación Metodología IPCC para estimar CH₄ en PTAR



Las principales corrientes de tratamiento que generan CH₄ en una PTAR son:

- Tratamiento biológico de ARD
 - ✓ Procesos tecnología Aerobia
 - ✓ Procesos tecnología Anaerobia
- Digestión anaerobia de lodos provenientes de proceso aerobio

Formulas IPCC para calcular por separado las emisiones de CH₄ en estos casos:

- Tratamiento aerobio (LAC, FP)
- Tratamiento anaerobio: **emisiones 80 veces mayores** que procesos aerobios
 - ✓ RAFA/USSB
 - ✓ Lagunas anaerobias

Formula IPCC para calcular emisiones de digestión anaerobia de lodos generados en tratamiento aerobio ARD

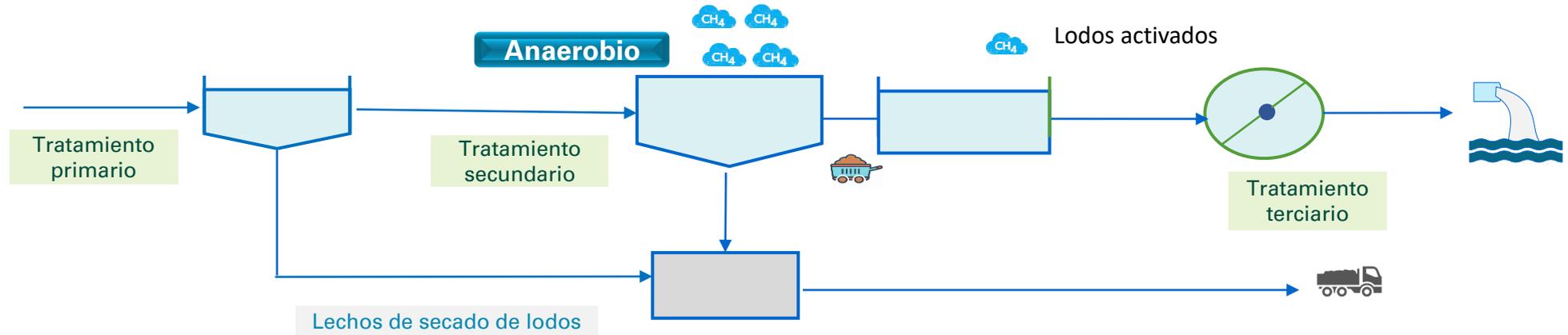
La adición de digestores anaerobios de lodos a procesos aerobios de tratamiento de ARD puede **incrementar en cerca de 14 veces** la generación de metano



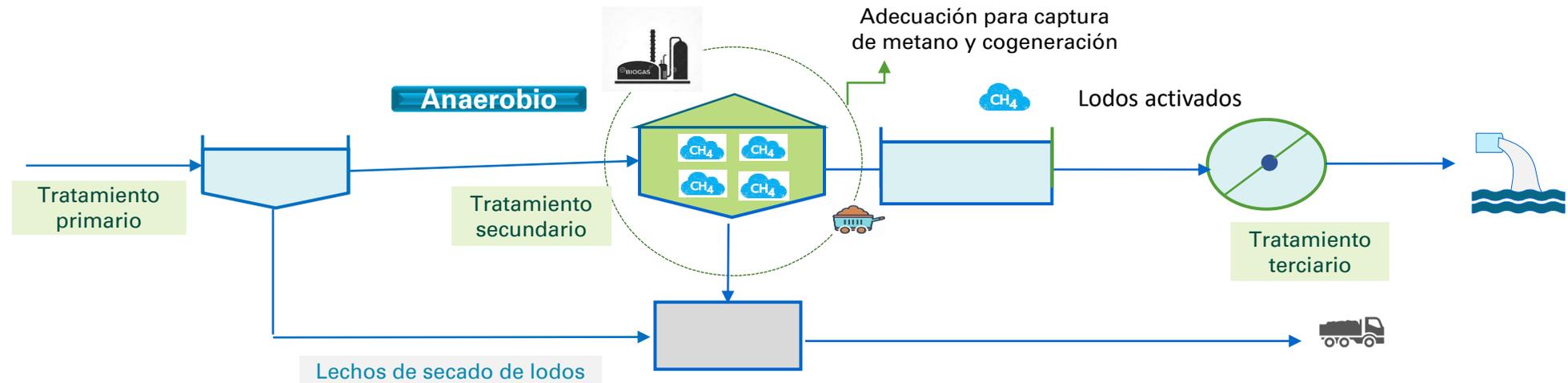
Emisiones de CH₄ y Lodos

En PTAR con tratamiento biológico de tipo anaerobio

Situación Actual.
Sin proyecto de
recuperación de
CH₄

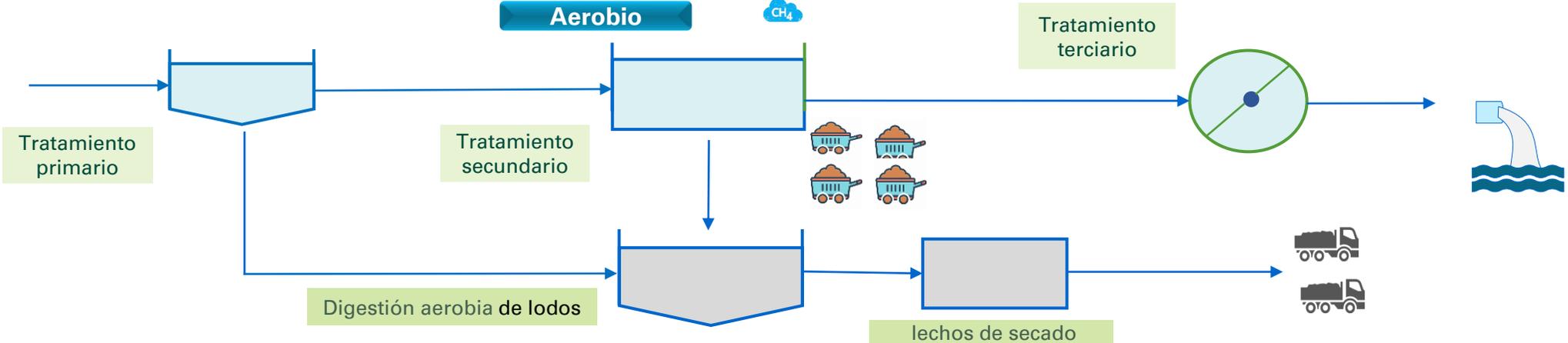


Situación con
proyecto de
recuperación de
CH₄

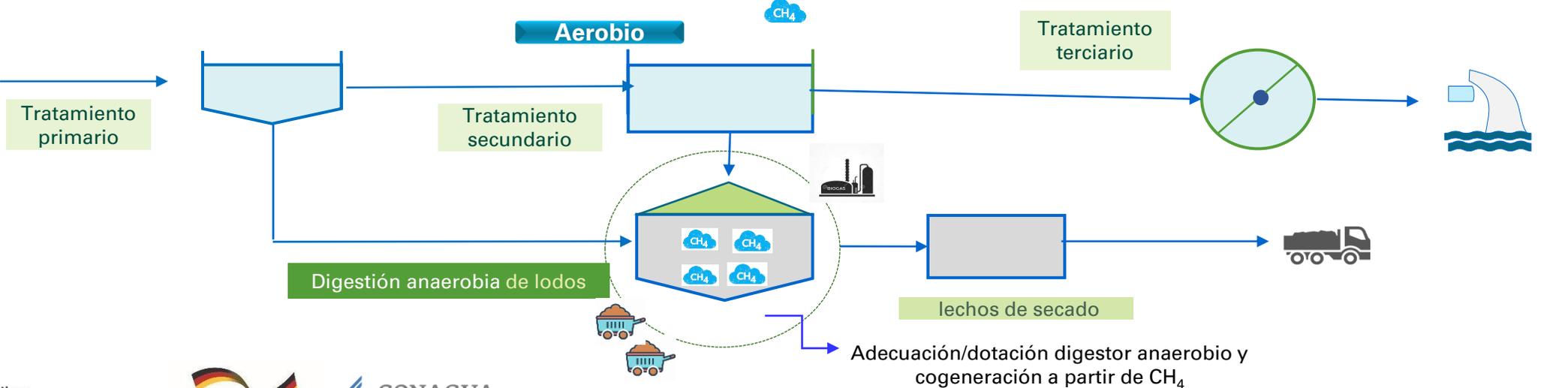


Emisiones de CH₄ y Lodos En PTAR con tratamiento biológico de tipo aerobio

Situación Actual.
Sin recuperación de CH₄



Situación con
proyecto de
recuperación de
CH₄



Tratamiento biológico de aguas residuales - Estimación de emisiones CH₄ Alcance General Metodología IPCC



- Actividad: Tratamiento de ARD**
- Aporte de carga contaminante afluente
 - Proceso secundario de tratamiento AR
 - ✓ Anaerobio
 - ✓ Aerobio
 - Cantidad de lodos generado proceso
 - ✓ Anaerobio
 - ✓ Aerobio

- Factores de emisión**
- Metano:
 - ✓ CH₄ emitido /unidad carga contaminante
 - Capacidad máxima emisión CH₄
 - Factor corrector x proceso tratamiento
 - Lodos
 - ✓ Carga contaminante por unidad de lodo seco digerido

- Estimaciones de emisiones CH₄**
- Insumo para evaluaciones de viabilidad y factibilidad aprovechamiento:
 - ✓ PTAR anaerobia
 - ✓ PTAR aerobia + digestión anaerobia lodos
 - Análisis de alternativas de mejoramiento PTAR aerobias con digestión anaerobia lodo
 - Reportes de aportes nacionales CH₄

Tratamiento biológico de aguas residuales - Estimación de emisiones CH₄

A. Desarrollo Metodología IPCC

(TOW – S)
- datos de actividad -



EF



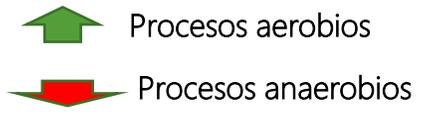
Emisión CH₄

Carga entrada – Carga removida lodo
Kg DQO ó DBO/año

TOW: Carga orgánica anual DQO/DBO que recibe el sistema anaerobio/aerobio (Kg/año)

S: Componente orgánico removido AR – en forma lodo (kg DQO/año, ó Kg DBO/año).

Valor S



Factor de emisión
Kg CH₄/Kg DQO ó DBO

EF = Bo x MCF

Bo: Capacidad máxima de producción CH₄:
0,6 (kg CH₄/kg DBO), ó 0,25 (kg CH₄/kg DQO)

MCF: Factor corrector para metano (fracción), Indica medida en que el sistema es anaerobio.

- o *Anaerobios;* Reactores (UASB) = 1.
- o *Aerobios:* Varía entre 0,003 a 0,09

Metano generado (Kg CH₄/año)

GA = Metano Aprovechable (m³/año)

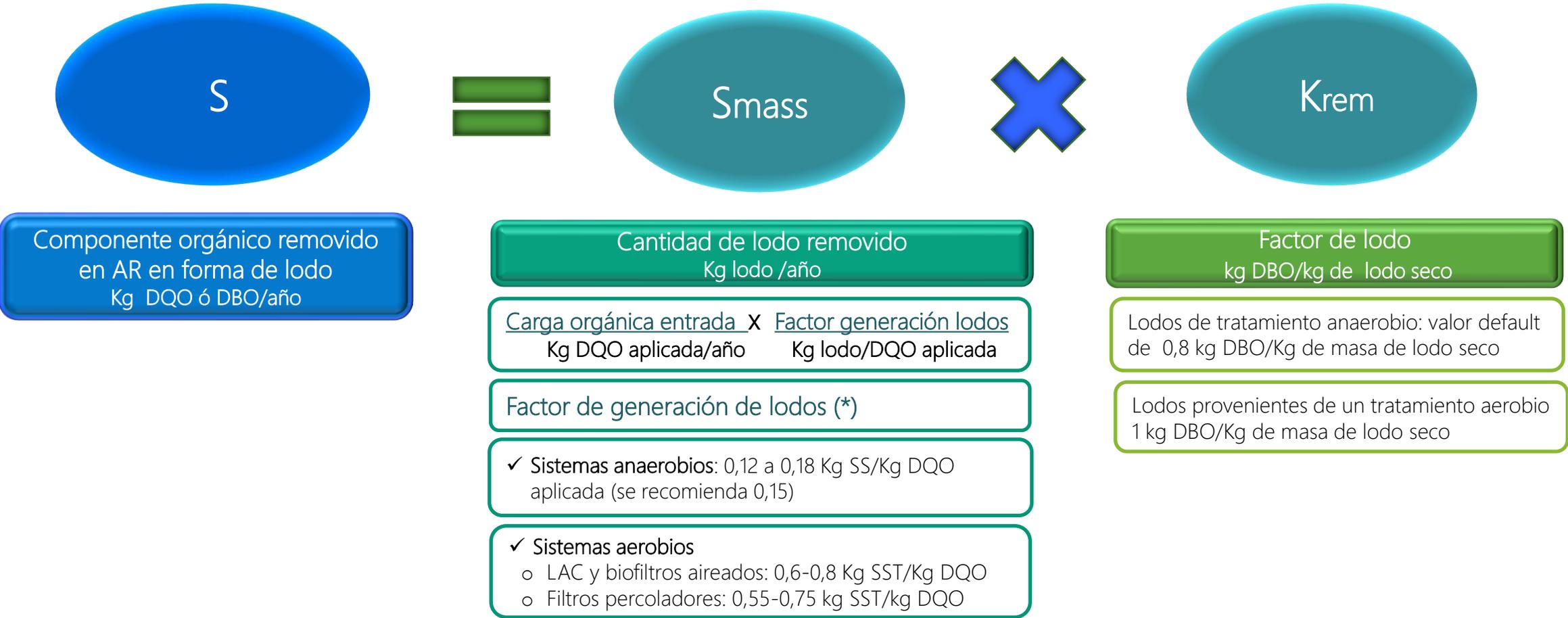
GA = CH₄ x (1-L)

CH₄ (m³) = CH₄ / 0,67 Kg/m³

L: Fracción biogás que se pierde en sistema de captura, ruteo y reutilización (L=0,1)

Tratamiento biológico de aguas residuales - Estimación de emisiones CH₄

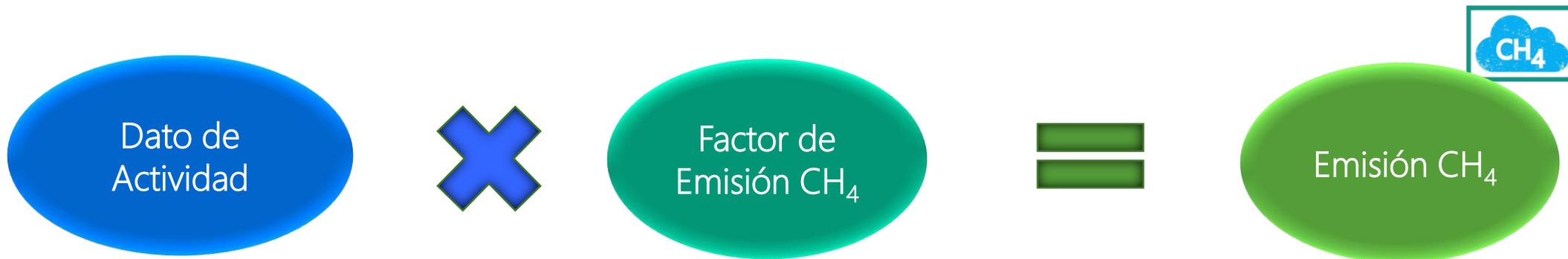
B. Desarrollo Metodología IPCC: Calculo factor S



* Cleverson, von Sperling y Fernandes (2007)

Digestión anaerobia de lodos aerobios - Estimación de emisiones CH₄

Alcance General Metodología IPCC



Actividad: Digestión anaerobia de lodos

- Cantidad de lodos removidos proceso de tratamiento secundario aerobio previo

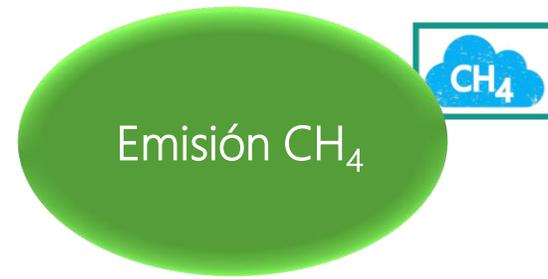
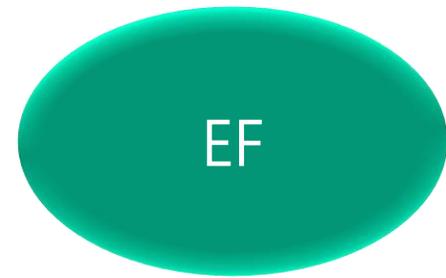
Factores de emisión

- Metano:
✓ CH₄ emitido por cantidad de lodo tratado digester

Estimaciones de emisiones CH₄

- Insumo para evaluaciones de viabilidad y factibilidad aprovechamiento en PTAR aerobias
- Reportes de aportes nacionales CH₄

Digestión anaerobia de lodos aerobios - Estimación de emisiones CH₄ Desarrollo Metodología IPCC



Masa de lodos tratados
Kg de lodos

M: Kg de lodos secos tratados

M: Equivalente al factor *S_{mass}* aplicado en la fase previa de tratamiento aerobio

Factor de emisión
Kg CH₄/Kg lodo

EF: 0,375 Kg de CH₄/Kg de lodo

Valores aplicados por López y otros, (2017) de producción teórica de biogás de 0,8 m³/Kg SV, equivalente a 0,56 m³/kg ST

Metano generado (Kg CH₄/año)

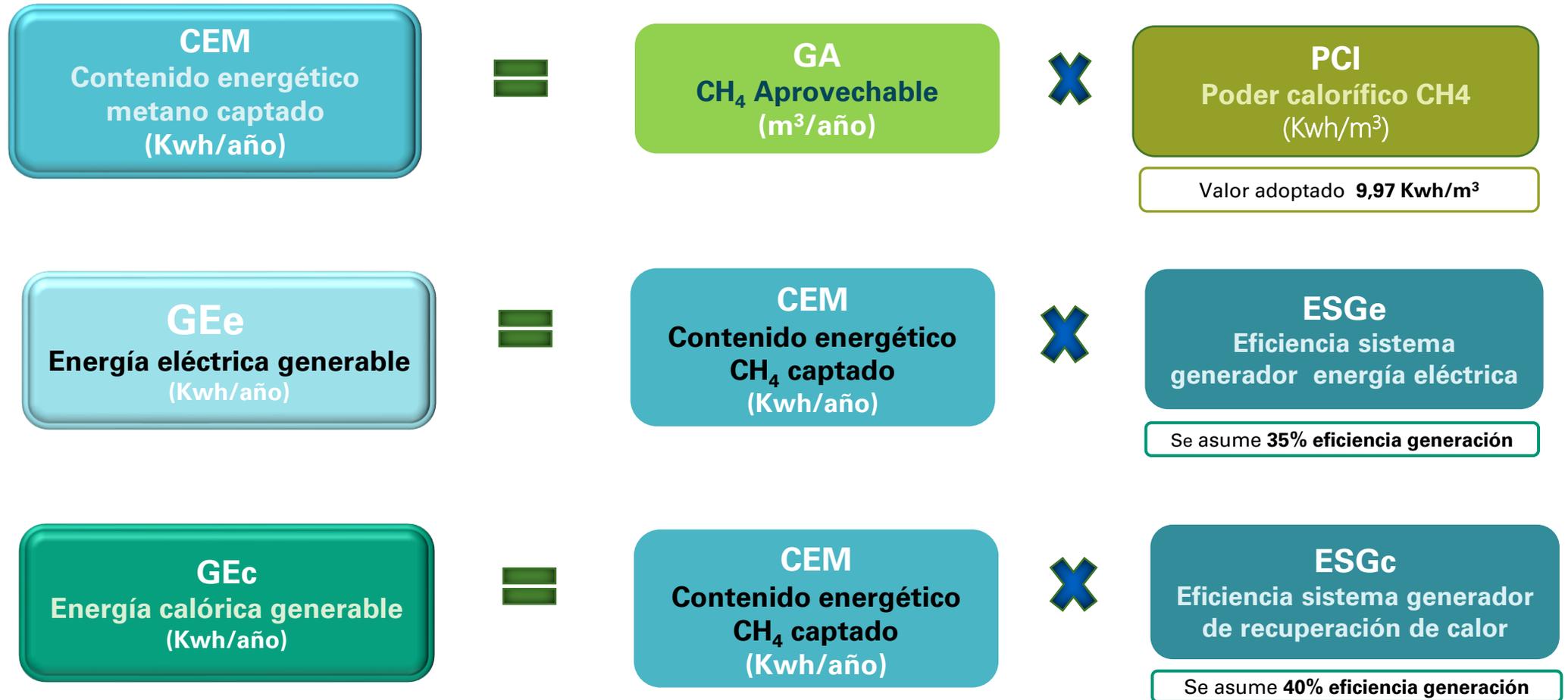
GA = Metano Aprovechable (m³/año)

GA = CH₄ x (1-L)

CH₄ (m³)= CH₄ x 0,67 Kg/m³

L: Fracción biogás que se pierde en sistema de captura, ruteo y reutilización (L=0.1)

Energía eléctrica y calórica generable con base en metano



¡Muchas Gracias!

