



Tratamiento de los lodos I

Dr. Santiago Septien Stringel

WASH R&D Centre, Universidad de KwaZulu-Natal, Durban, Sudáfrica



UNIVERSITY OF
KWAZULU-NATAL™
INYUVESI
YAKWAZULU-NATALI

WASH R&D CENTRE

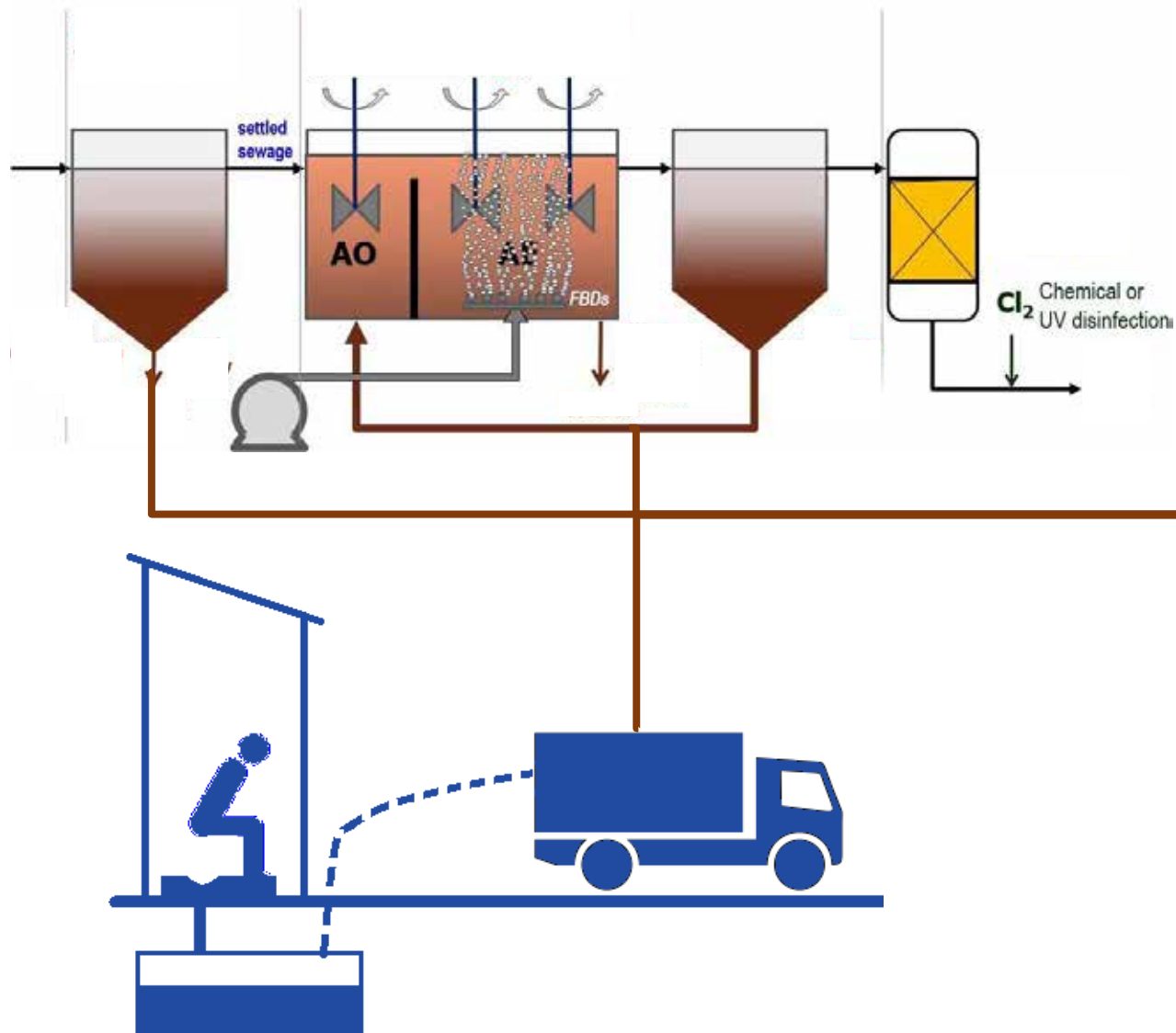
Water Sanitation & Hygiene Research & Development Centre

Tratamiento de los desechos

Conjunto de prácticas y procesos para la minimización de volumen y transformación de residuos sólidos, líquidos o gaseosos en una forma menos nociva para el medio ambiente y la salud humana



Lodos un desecho peligroso



Lodos



Alto contenido patógeno

Alto contenido nutrientes (N, P)

Metales pesados

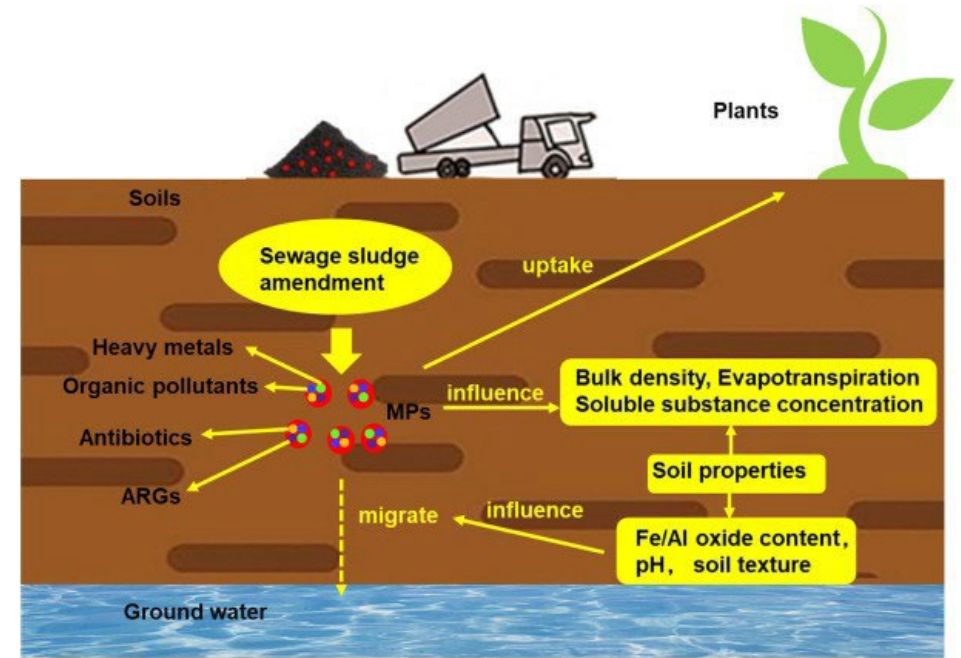
Contaminación orgánica

Necesidad de tratamiento

Disposición de los lodos brutos en el medio ambiente



Efectos



Objetivos del tratamiento de lodos



Reducción del volumen y masa



Desinfección



Eliminación de compuestos tóxicos



Posible recuperación de recursos



Disposición segura



Tipos de tratamiento

❖ Tratamiento físico

Sedimentación, lechos de secado

❖ Tratamiento biológico

Digestión anaeróbica, co-compostaje, compostaje con lombrices, digestión por larvas de mosca negra, entierro en zanjas profundas

❖ Tratamiento mecánico

Deshidratación mecánica

❖ Tratamiento químico

Adición de cal, adición de amoníaco, celda electroquímica, coagulación/floculación

❖ Tratamiento térmico

Secado térmico, pasteurización térmica, hidrolisis térmico

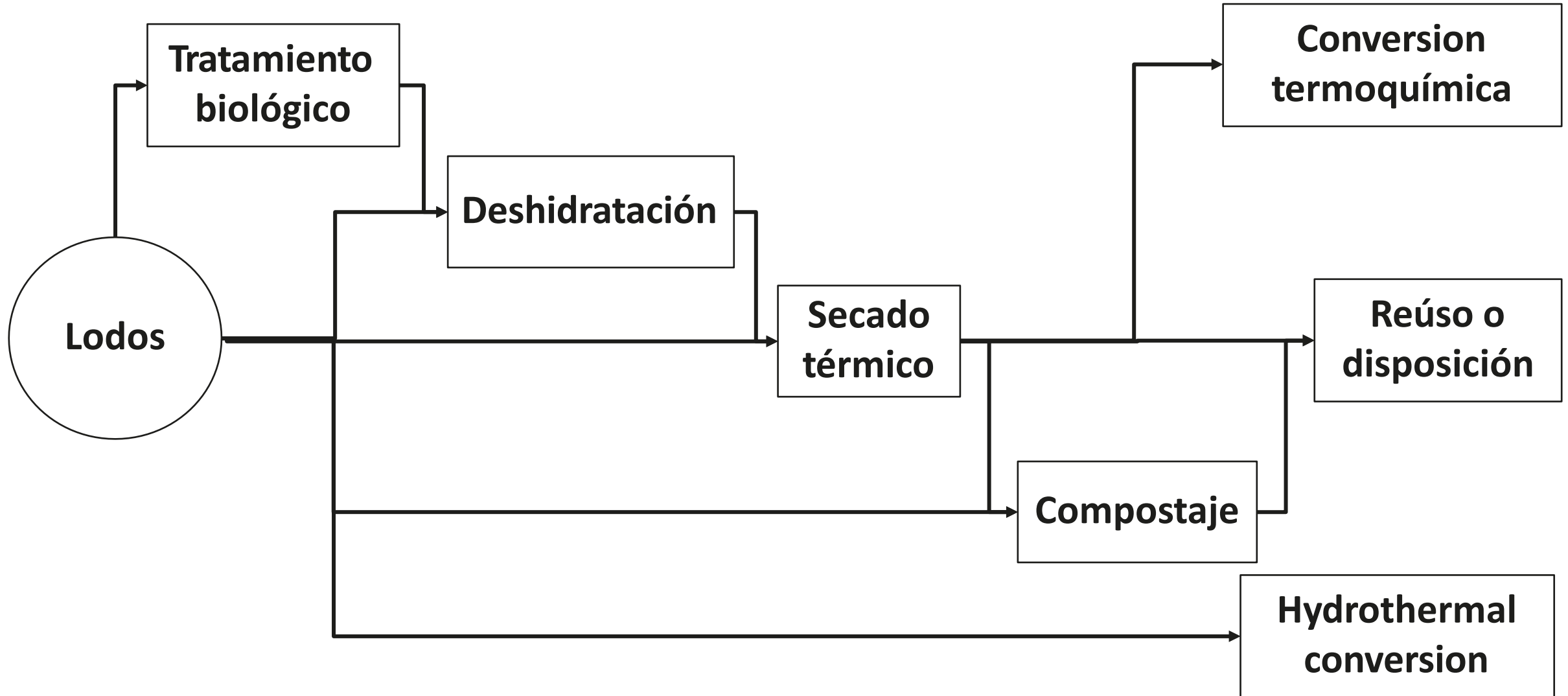
❖ Tratamiento termoquímico

Pirolisis, incineración

❖ Tratamiento hidrotermal

Carbonización hidrotermal, licuefacción hidrotermal, oxidación subcrítica, oxidación supercrítica

Diagrama de flujo de tratamiento



Selección de tecnologías

Criterio 1: disposición final o tipo de reuso

Criterio 2: características de los lodos que deben ser adaptadas a la tecnología

Criterio 3: asequibilidad económica para cubrir los gastos de la tecnología (capital, operación y mantenimiento)

Criterio 4: disponibilidad local de recursos materiales (herramientas, piezas de la tecnología)

Criterio 5: capacitación local para operara y reparar la tecnología

Modelado matemático

Desarrollo y diseño de tecnología

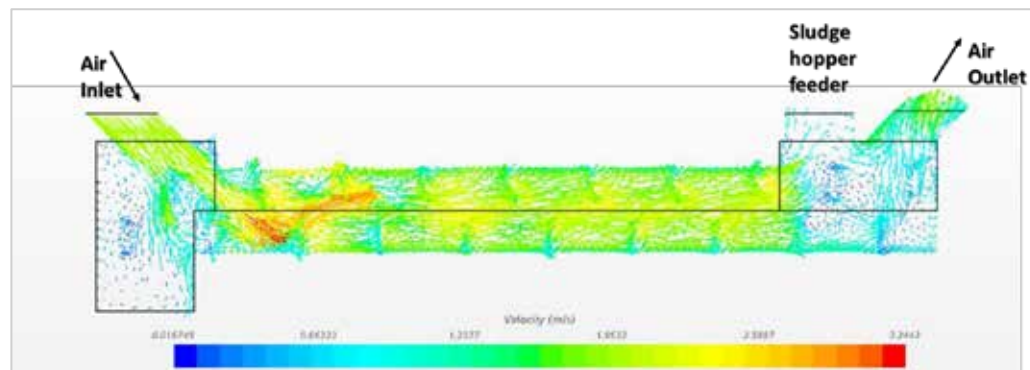
Ecuaciones fundamentales o modelos matemáticos

$$D_{AB} \left[\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial z^2} \right] + r_A = \frac{\partial c_A}{\partial t}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_v = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

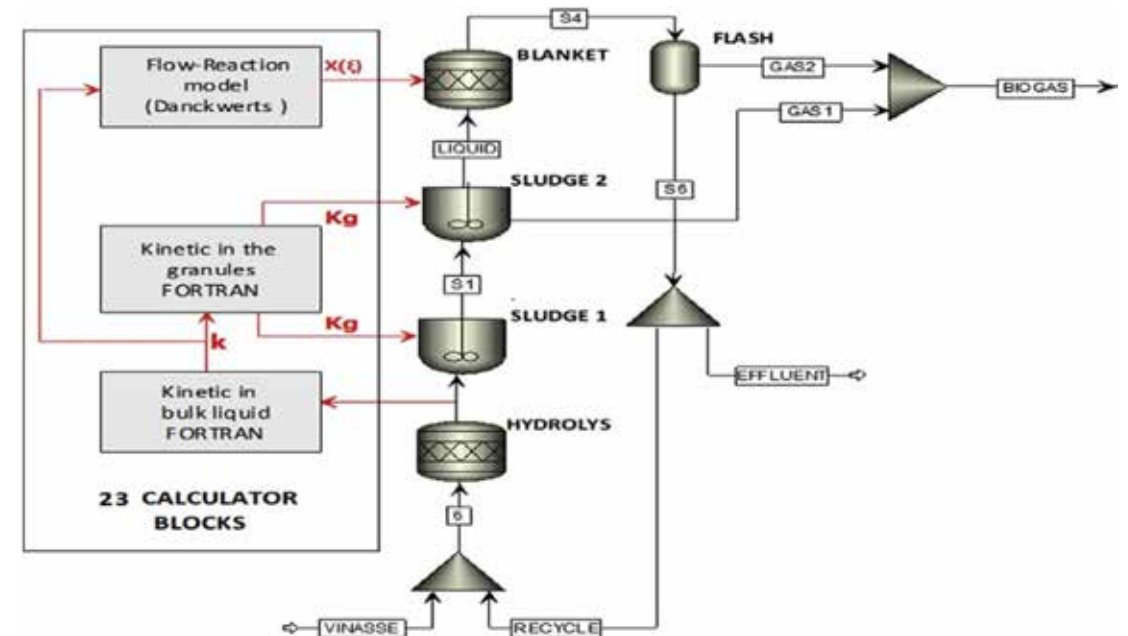
$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\nabla p + \rho \vec{g} + \mu \nabla^2 \vec{V}$$

Simulación de la dinámica de fluidos y transferencia (programas como Fluent, Comsol o Solid Works)



Control de proceso

Simulación de procesos de bloques (programas como Aspen)



Lorenzo-Llanes, J., Pages-Diaz, J., Kalogirou, E., & Contino, F. (2020). Development and application in Aspen Plus of a process simulation model for the anaerobic digestion of vinasses in UASB reactors: Hydrodynamics and biochemical reactions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(2), 103540.

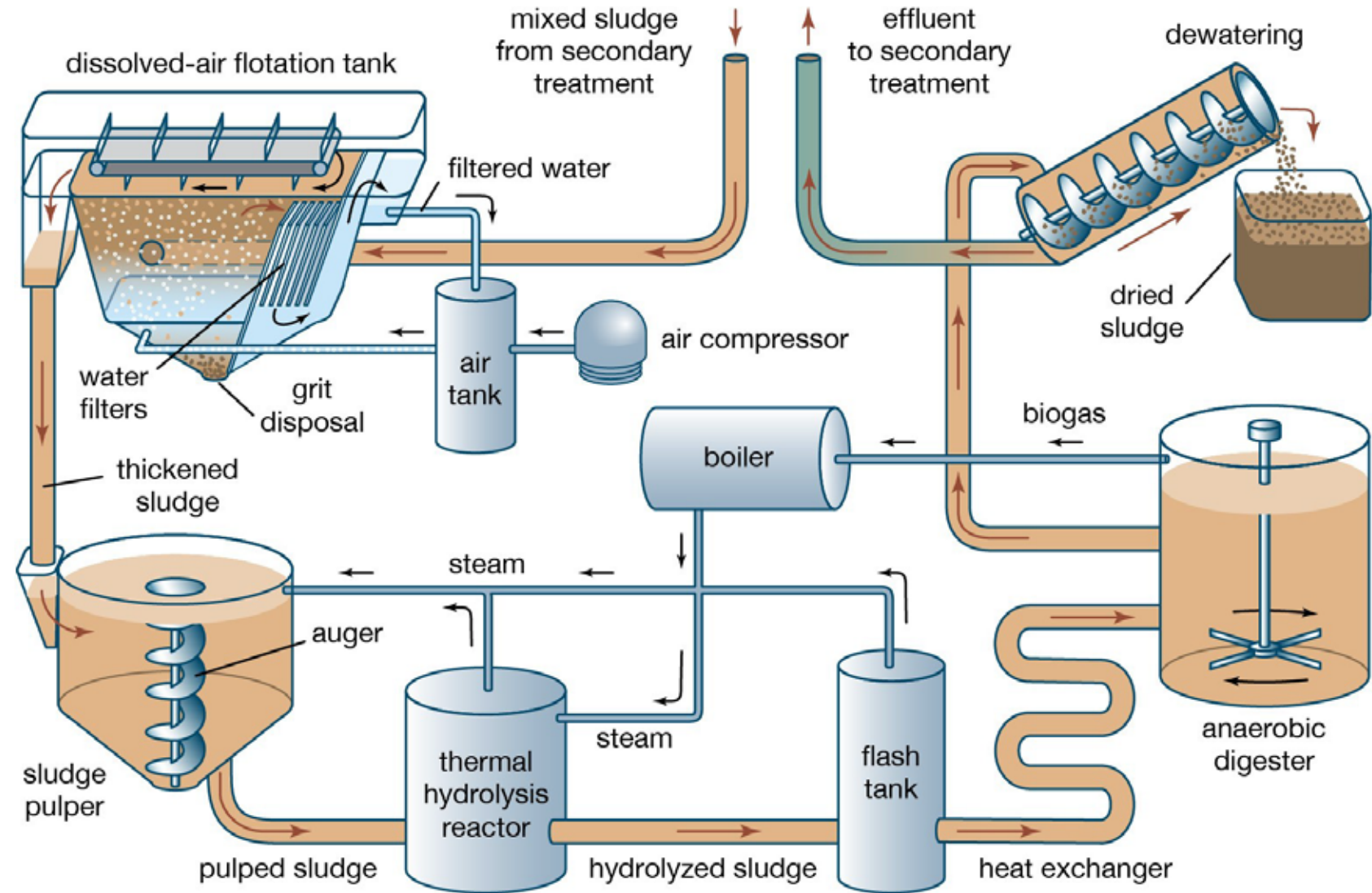
Ejemplo de planta de tratamiento de lodos fecales – Dakar, Senegal



Ejemplo de planta de tratamiento de lodos fecales – Kigali, Rwanda



Ejemplo de planta de tratamiento de lodos de tratamiento de agua



Aspectos económicos y financieros

Costos

- CAPEX: tecnología (producto), accesorios, material, instrumentación, instalación
- OPEX: operación, mantenimiento, limpieza
- Personal: administradores, albañiles, operadores, técnicos, ingenieros,

Entradas

- Recuperación de recursos → **ayuda al autofinanciamiento y sostenibilidad de la planta**



Manejo de la planta de tratamiento

Diferentes casos

- Planta de tratamiento operada por el gobierno local (financiamiento municipal y nacional; fondos extranjeros)
- Planta de tratamiento operada por una empresa privada o emprendedores (pago de la municipales por el servicio y subvenciones nacionales e internacionales)



Co-tratamiento de lodos fecales con lodos de tratamiento de aguas residuales

Co-tratamiento posible en función del tipo de tratamiento y características de los lodos

- Lodos de baño seco: alto contenido de sólidos(20-30%), muy alto nivel de materia inorgánica (>50%), nivel mediano de DQO (500-800 mg/g)
- Lodos de tanque séptico: diluido (<3% sólidos), alto nivel de materia inorgánica (30-50%), alto contenido en sólidos suspendidos (>30,000 mg/L), alto DQO (<10,000 mg/L), baja biodegradabilidad (DQO/DBO = 5:1 a 10:1)
- Lodos de tratamiento de agua: muy diluido (<1% sólidos), nivel mediano de DQO (500 – 2,500 mg/L), nivel medio de sólidos suspendidos (200-700 mg/L), biodegradable (DQO/DBO = 2:1)



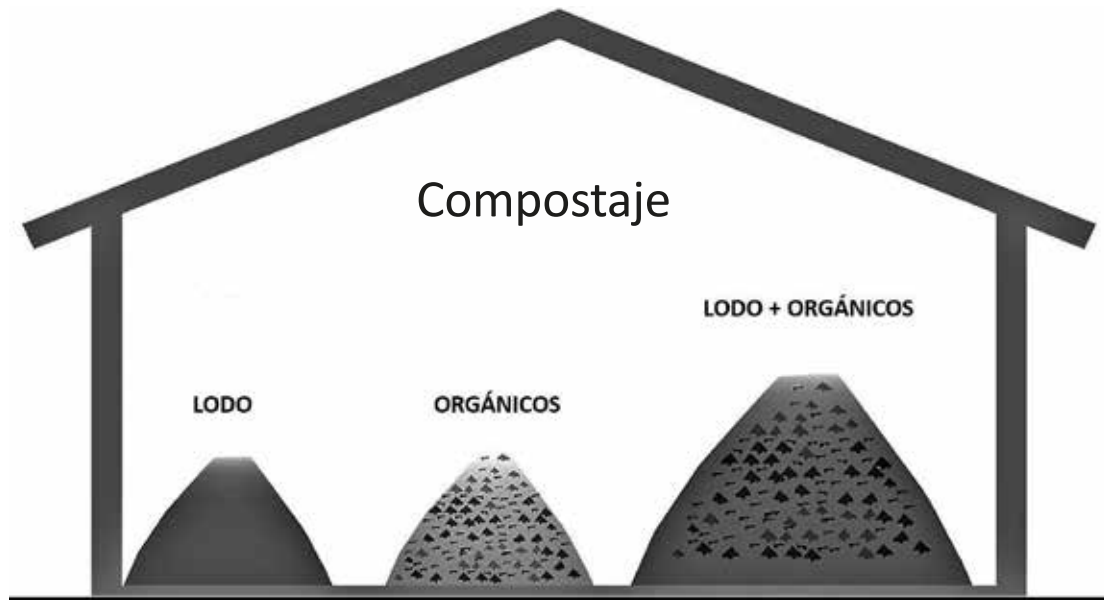
Co-tratamiento de lodos fecales con aguas residuales

No es buena idea!

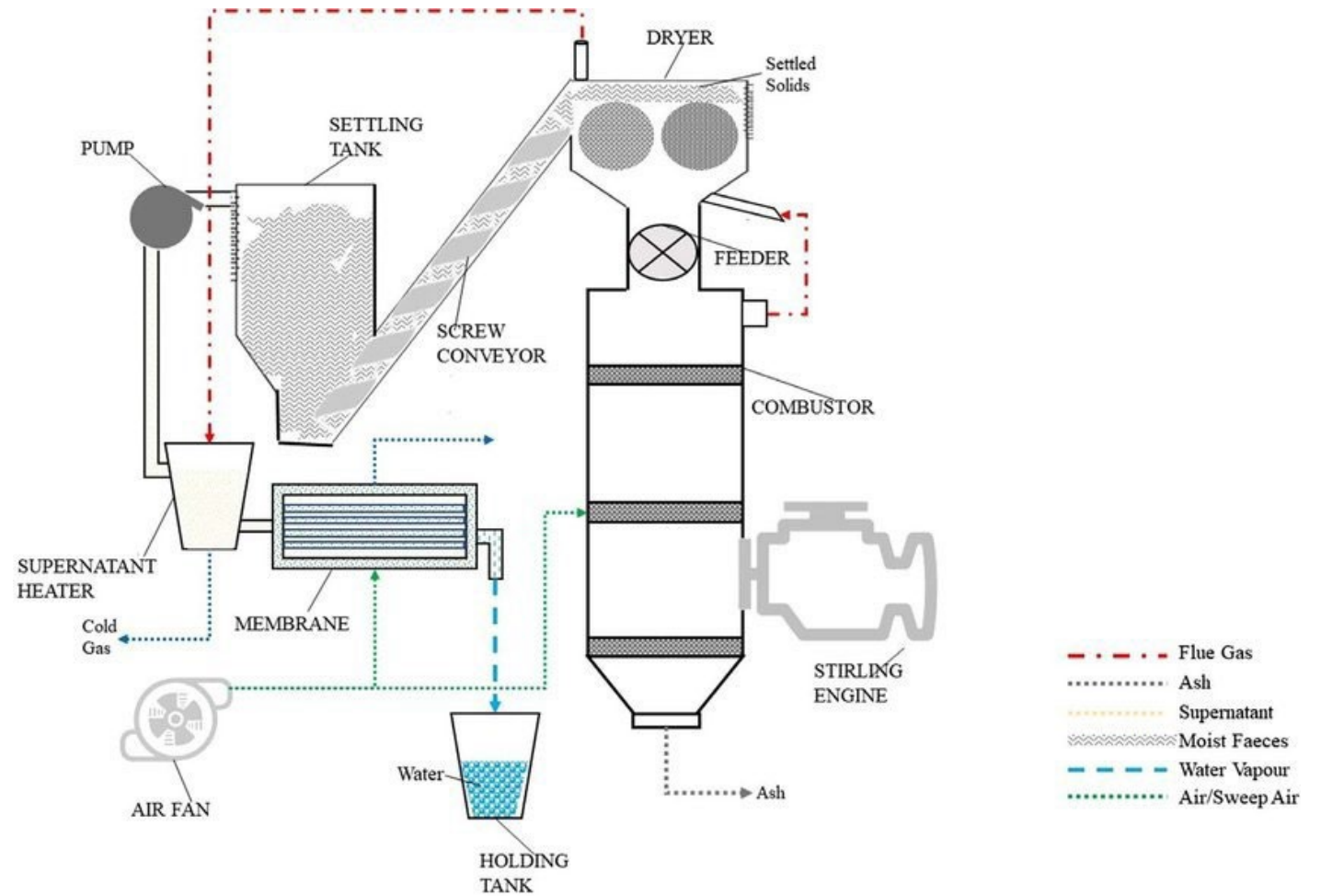
- Sobrecarga de sólidos, DQO, nitrógeno (lodos fecales mucho más concentrados)
- Separación incompleta de orgánicos, cese de nitrificación, sobrecarga de los tanques de sedimentación
- Aeración insuficiente en tanques aeróbicos
- Posible inhibición de procesos anaeróbicos por variaciones del pH y presencia de amoníaco
- Altas concentraciones de compuestos nitrogenados y sustancias orgánicas solubles no biodegradables, afectando calidad del efluente e impidiendo el cumplimiento de los estándares exigidos

Co-tratamiento con residuos sólidos

Co-tratamiento posible en función del tipo de tratamiento

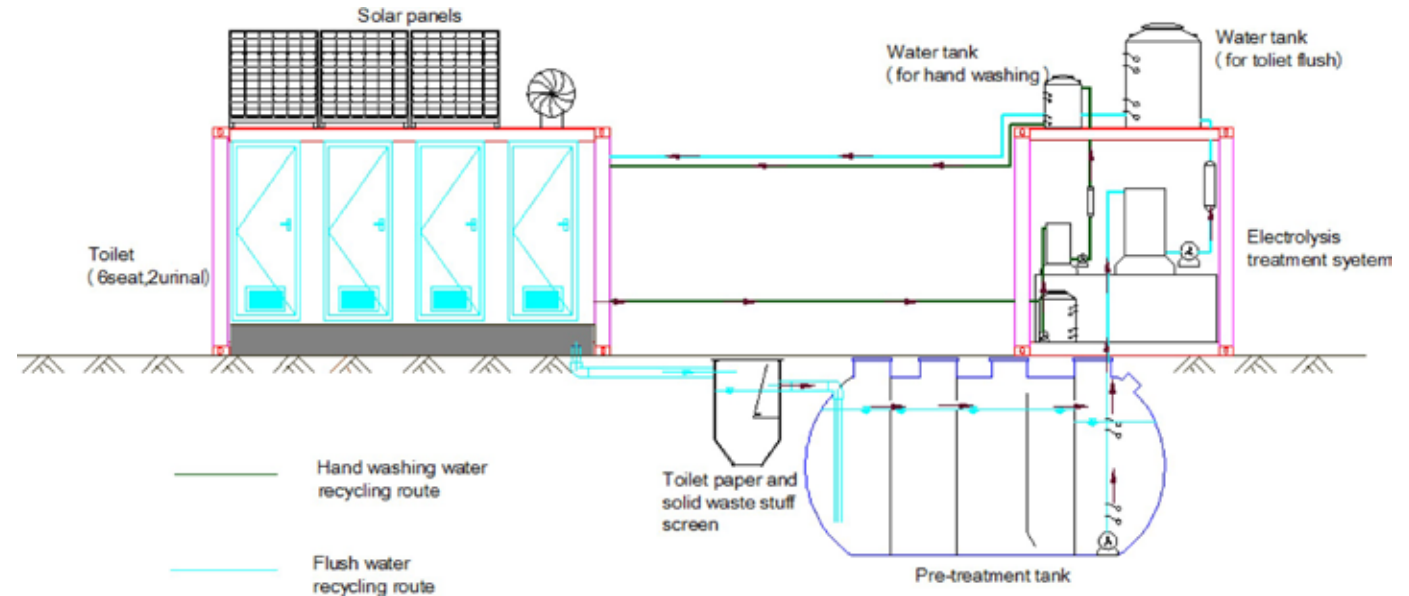
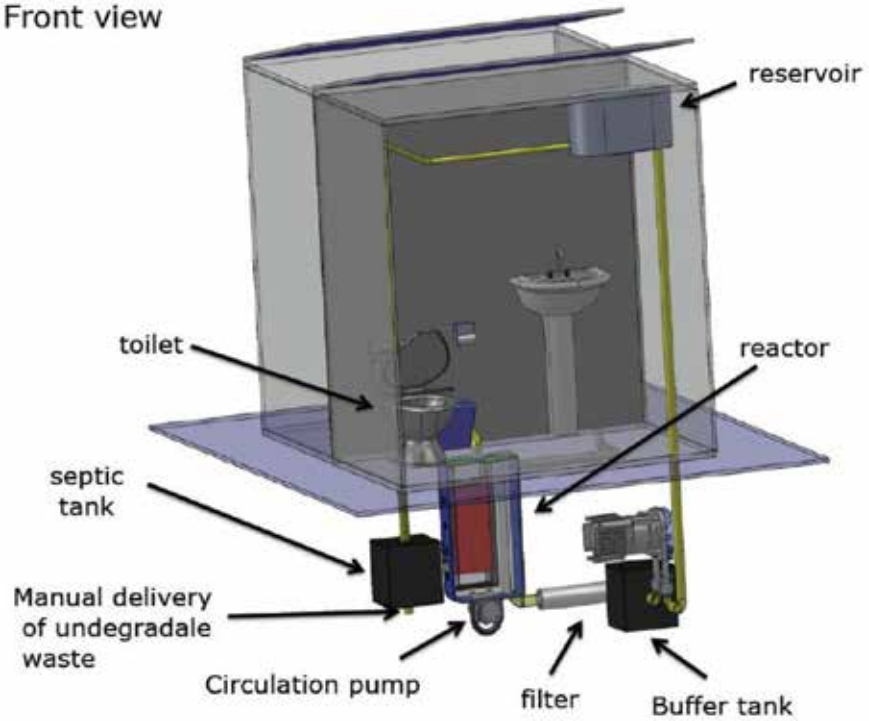


Sistemas sanitarios innovativos - NanoMembrane



Sistemas sanitarios innovativos - EcoSan

Front view

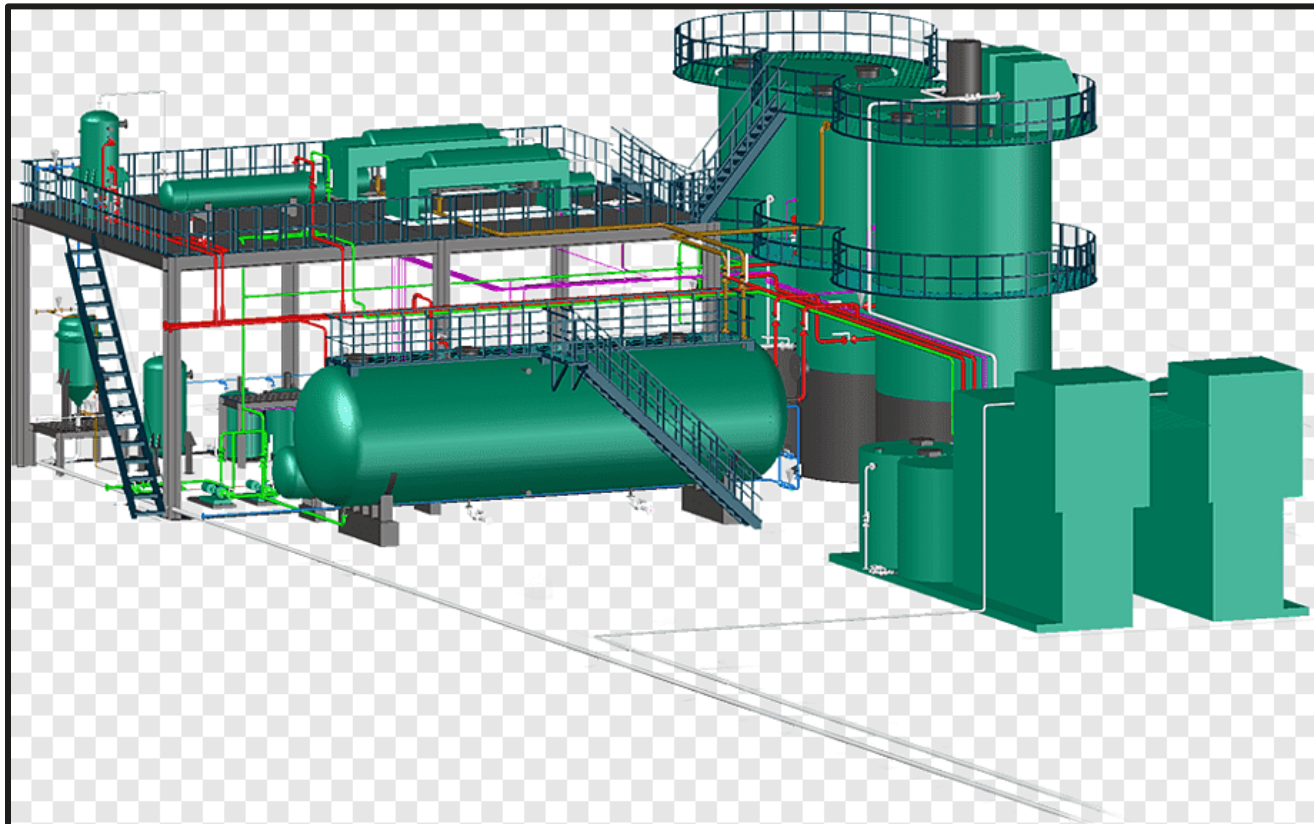


Caltech



Impacto ambiental

Efluentes de planta de tratamiento de lodos conformes a regulaciones locales y nacionales



Efluente gaseoso
(gas de escape)

Efluente líquido
(lixiviados)

Residuos sólidos

Olores y ruido



Importante:

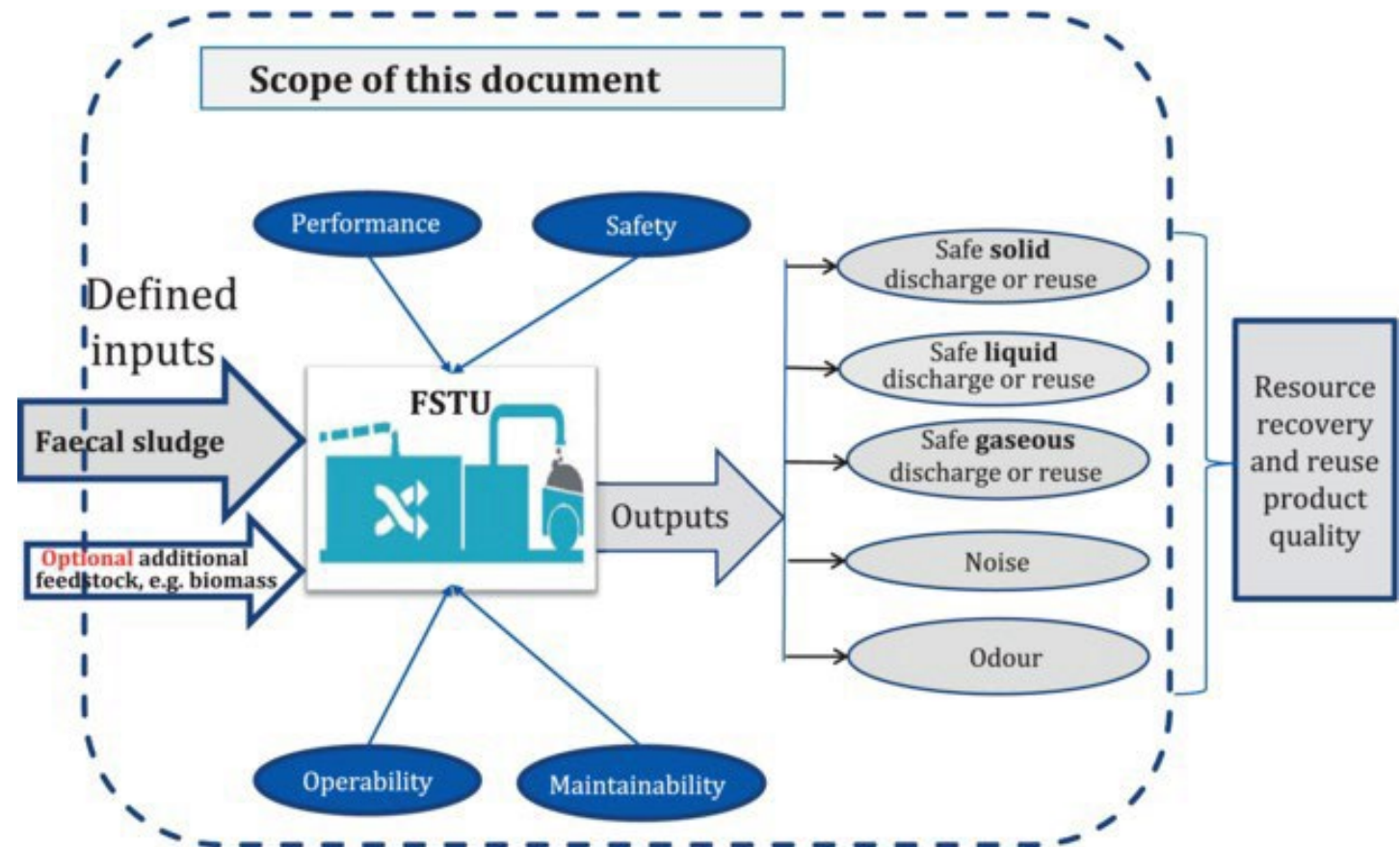
Hacer un análisis de riesgo y plan de mitigación (en el caso de explosiones, fugas...)

Estándares de calidad ISO

ISO 24521: predecessor (estándares de saneamiento descentralizado)

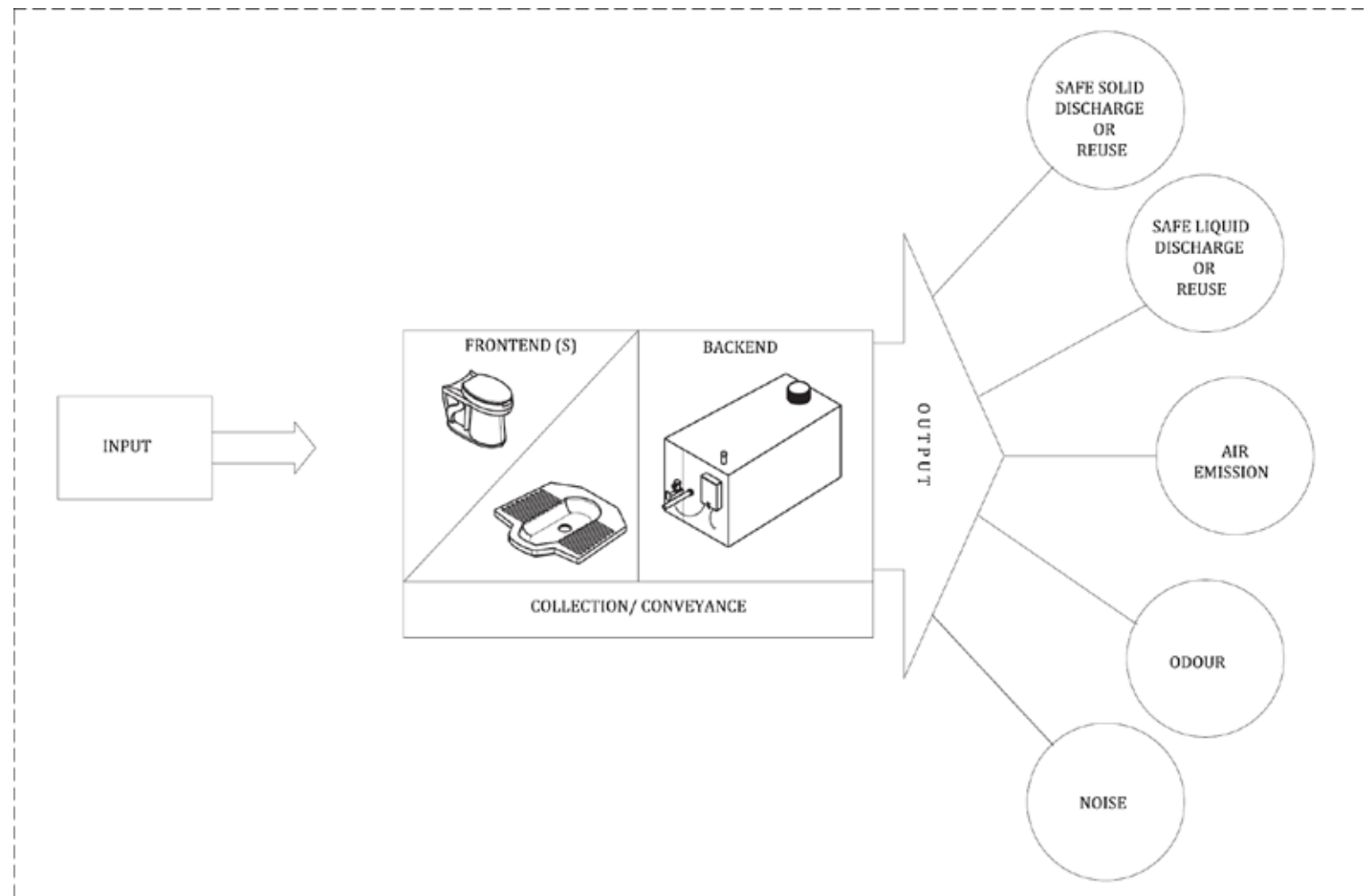
ISO 31800: Planta de tratamiento para lodos fecales (1,000 a 10,000 personas)

- Sistemas pre-fabricados
- Capaz de operar sin conexión al alcantarillado y red eléctrica
- Capaz de recuperar desechos
- Balance energético neutro o positivo



ISO 30500: Sistemas sanitarios con tratamiento del desecho

- Sistemas pre-fabricados
- Recolección, transporte y tratamiento completo de la excreta en el sistema
- Operación sin conexión al alcantarillado
- Capaz de recuperar desechos



Aceptación social

- ❖ Participación de la comunidad en la implementación de una nueva tecnología (diálogo inicial, autorización de los líderes locales, involucramiento de la gente de la comunidad, creación de capacidad, evitar crear expectativas)
- ❖ Aceptación del tipo de proceso
- ❖ Aceptación en la adopción del producto del tratamiento de los lodos



Gracias por su escucha!



Email: septiens@ukzn.ac.za