Congreso Internacional Ambiental Manizales

"Tendencias en el tratamiento integral de aguas residuales"

Manizales, septiembre 18 - 21 de 2017

Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Sede Manizales

Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería

Manejo sustentable del agua
y los residuos sólidos para Cd México

Congreso Internacional Ambiental Manizales

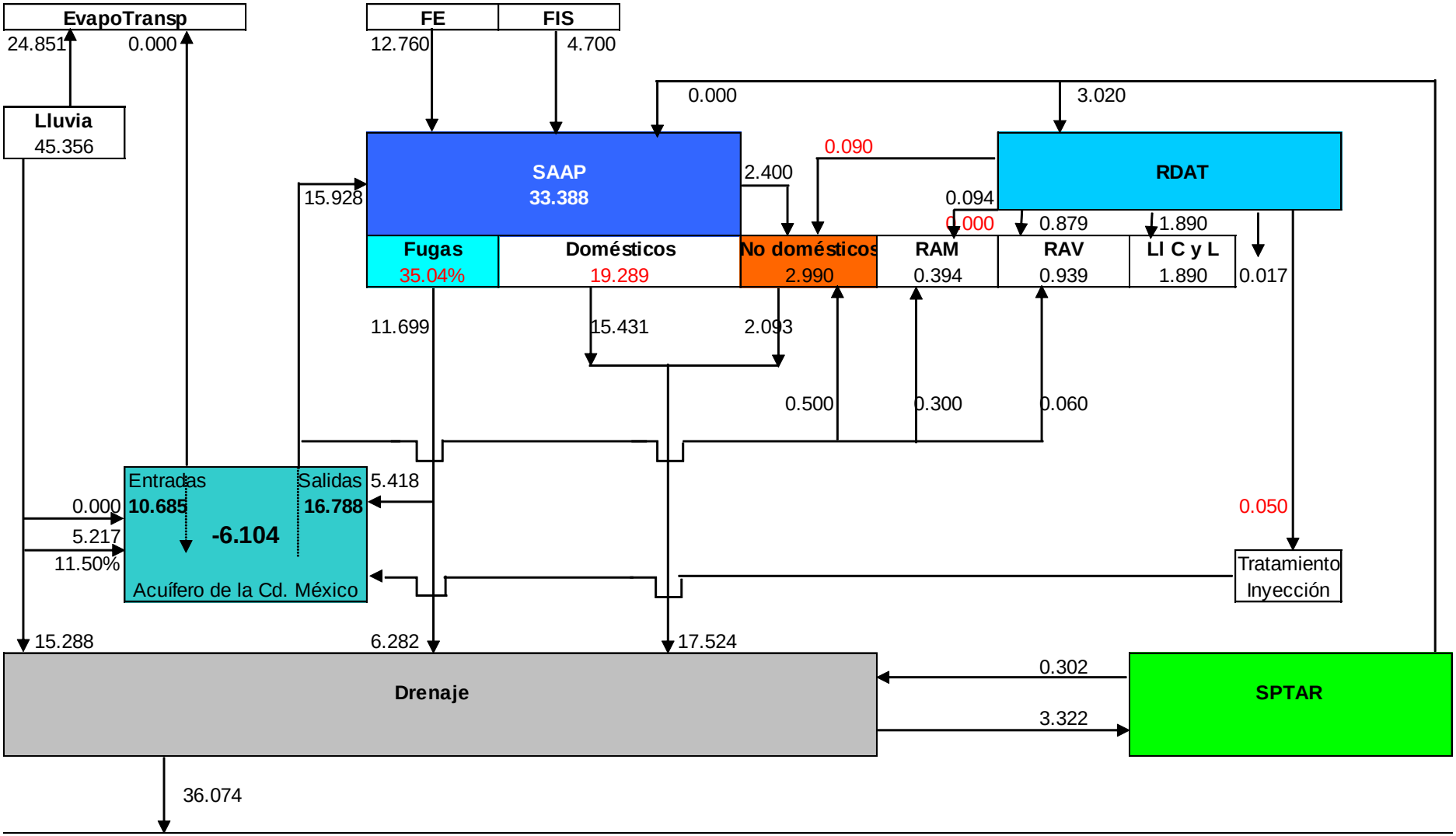
TENDENCIAS EN EL TRATAMIENTO INTEGRAL DE AR

Septiembre 18 - 21 de 2017

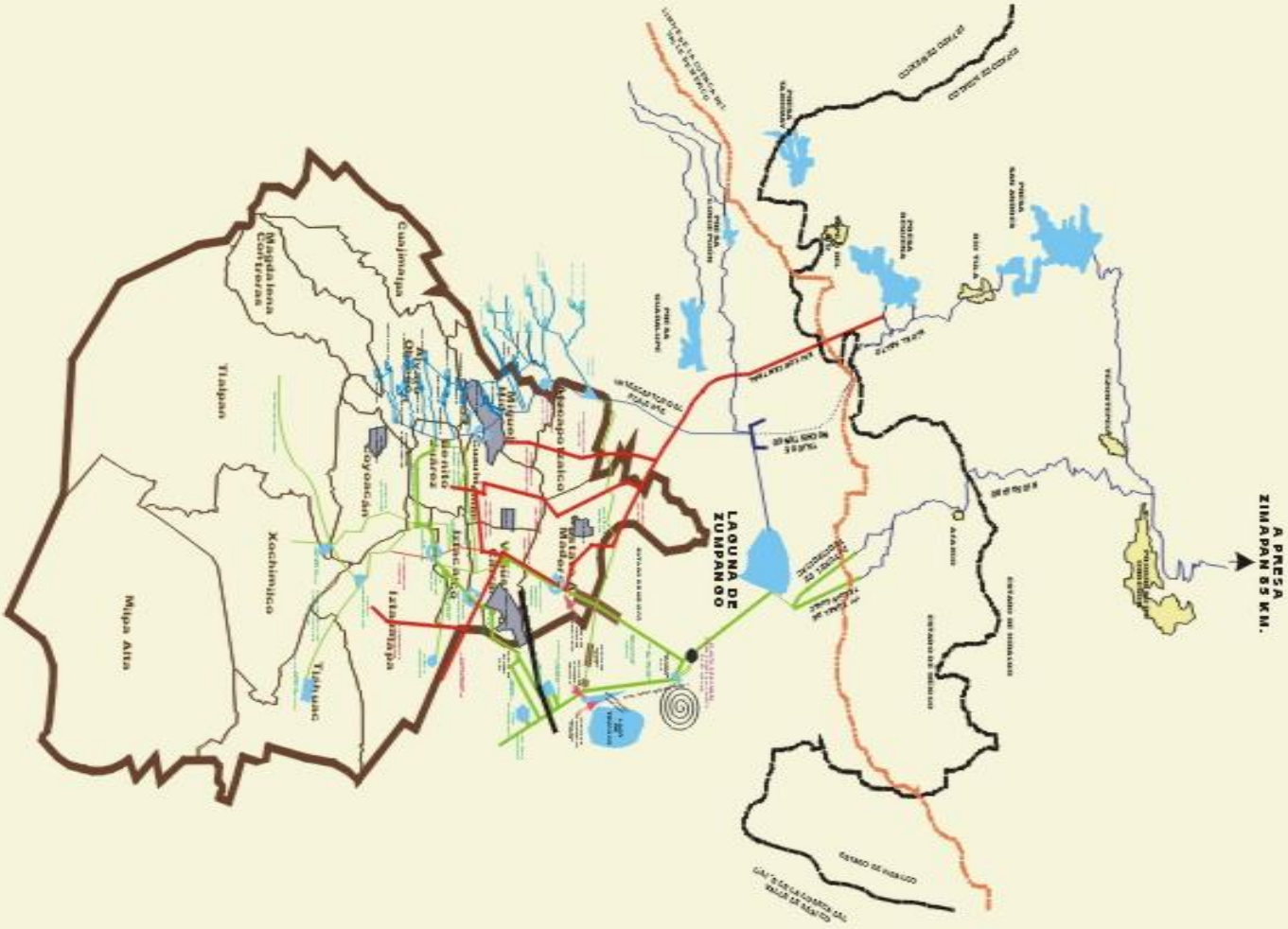
Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA Iztapalapa

Dr. Oscar Monroy Hermosillo
Departamento de Biotecnología

Balance de agua en el D.F.



Disposición de aguas residuales de la Cd México



Problemas relacionados con el agua

- La demanda de agua continuará incrementándose.
- La sobreexplotación del acuífero conduce a:
  - Subsidencia de la ciudad
  - Contaminación del acuífero
- Inequitativa distribución del agua
- Las fuentes externas están siendo restringidas
- Problemas de salud en los distritos de riego del Valle del Mezquital

Costos de manejo del agua

	L km	h m	F m^3/s	Eu kWh/m^3	C_b M$mn/a
Cutzamala-DF	150	1200	10	5	1,576
Desalojar DF	-	8	36.6	0.31	352
Cutzamala-DF	150	1200	6	5	946
Desalojar DF	-	8	6	0.31	59

Costos bombeo 2,933

Soluciones generales para evitar sobreexplotación acuífero:

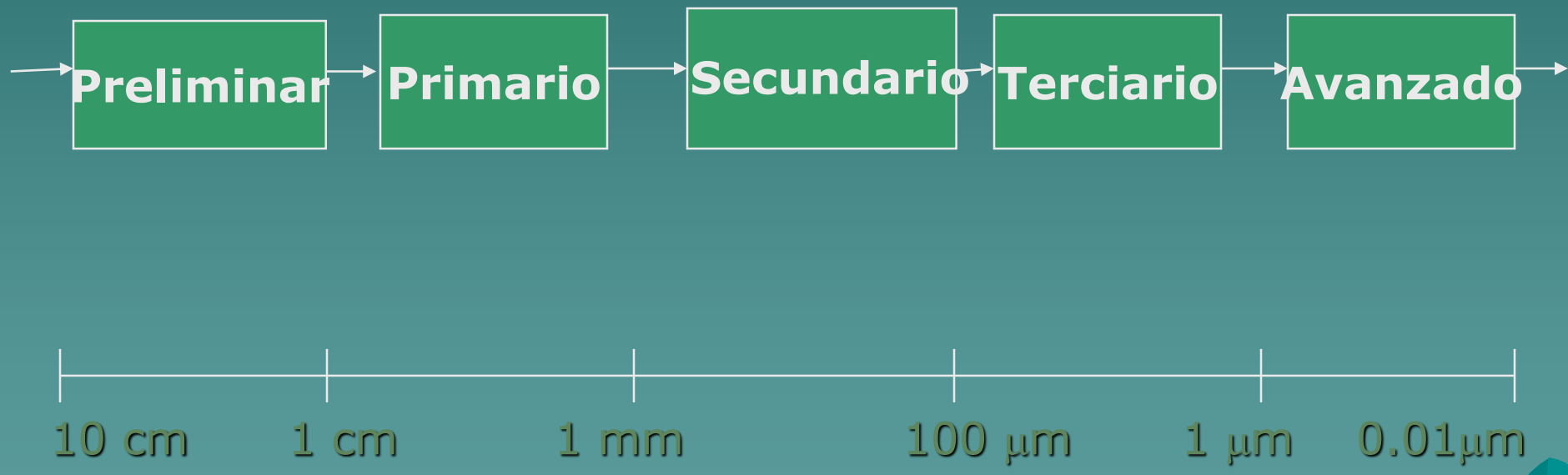
I. Aumentar la recarga:

1. **natural (aumentar área de recarga natural)**
2. artificial (captura, tratamiento, inyección y almacenamiento)

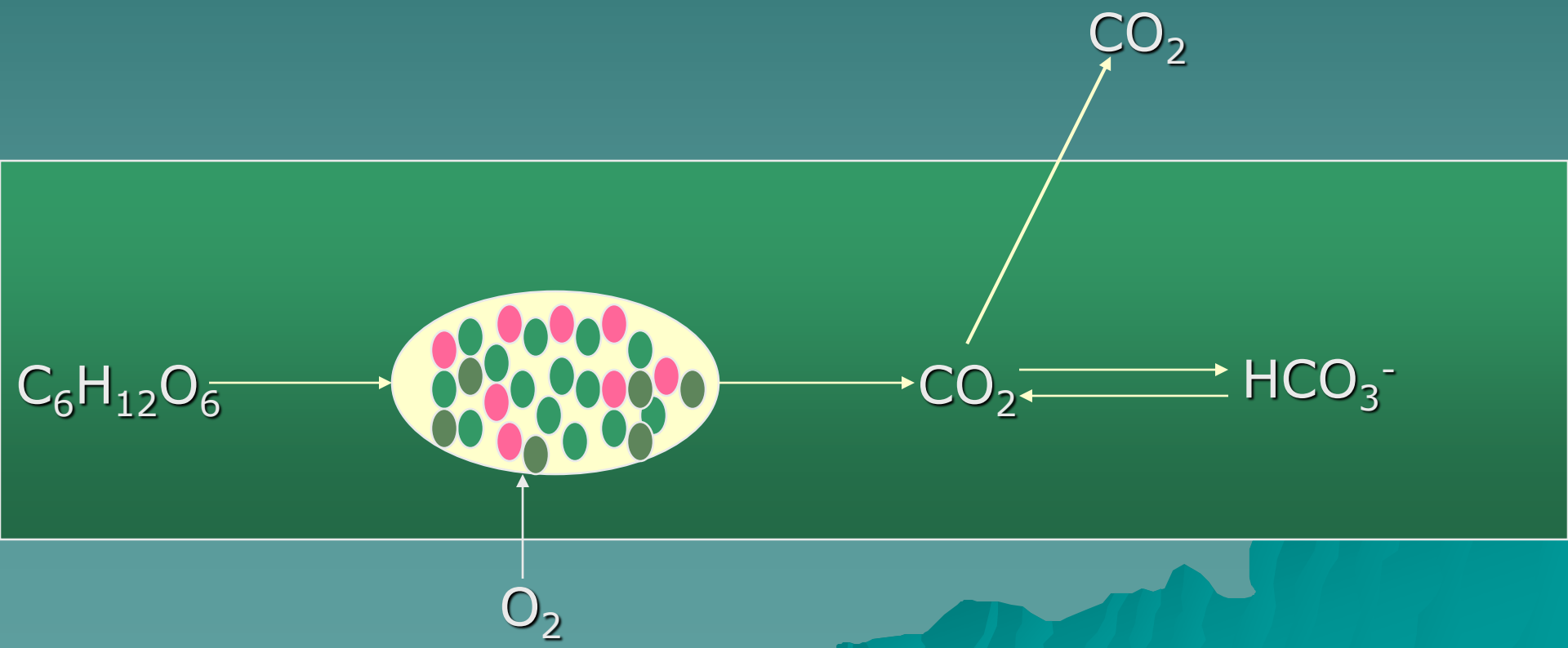
II. Reducir la extracción:

1. pérdidas en la red de agua potable
2. demanda industrial y doméstica (medición y cobro →uso eficiente, tratamiento y reuso)

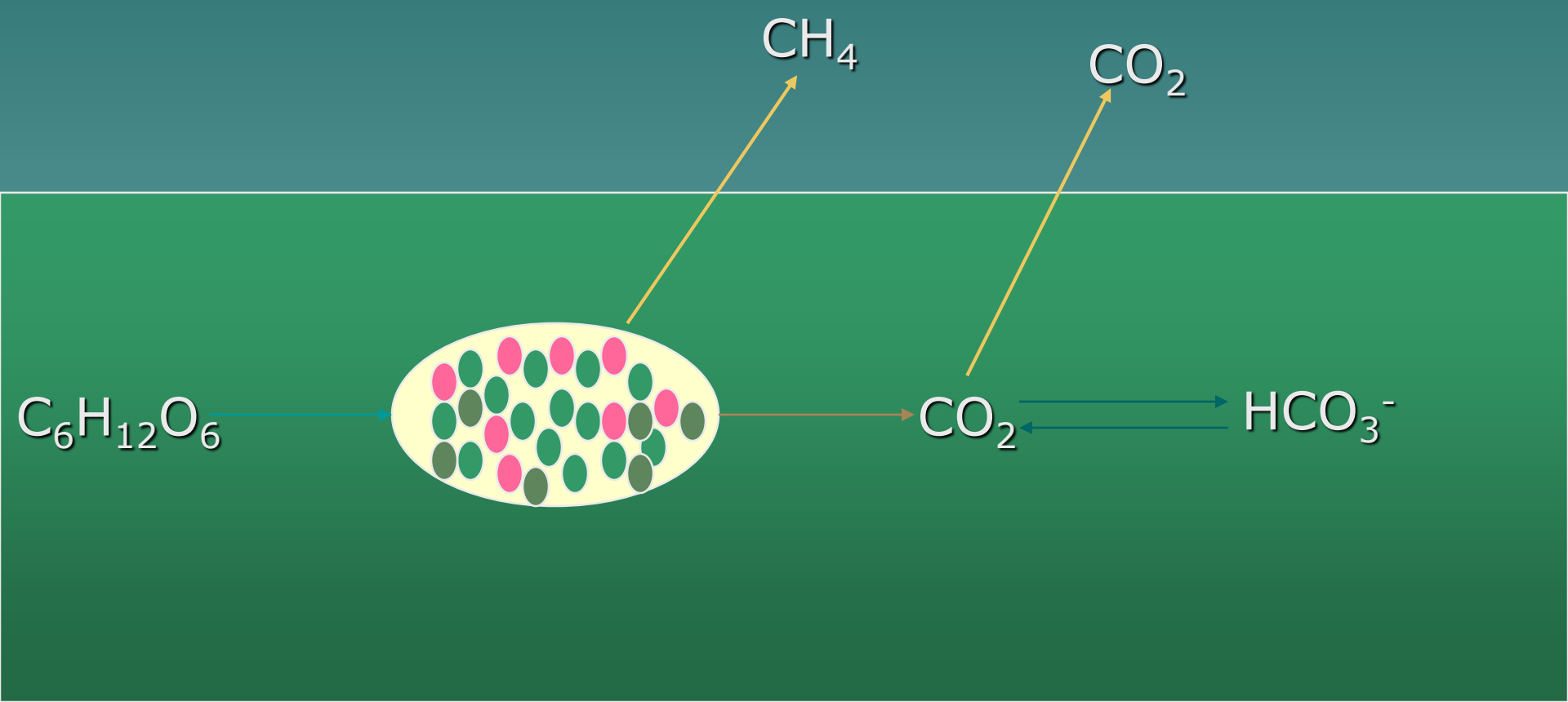
Tren de tratamiento de AR



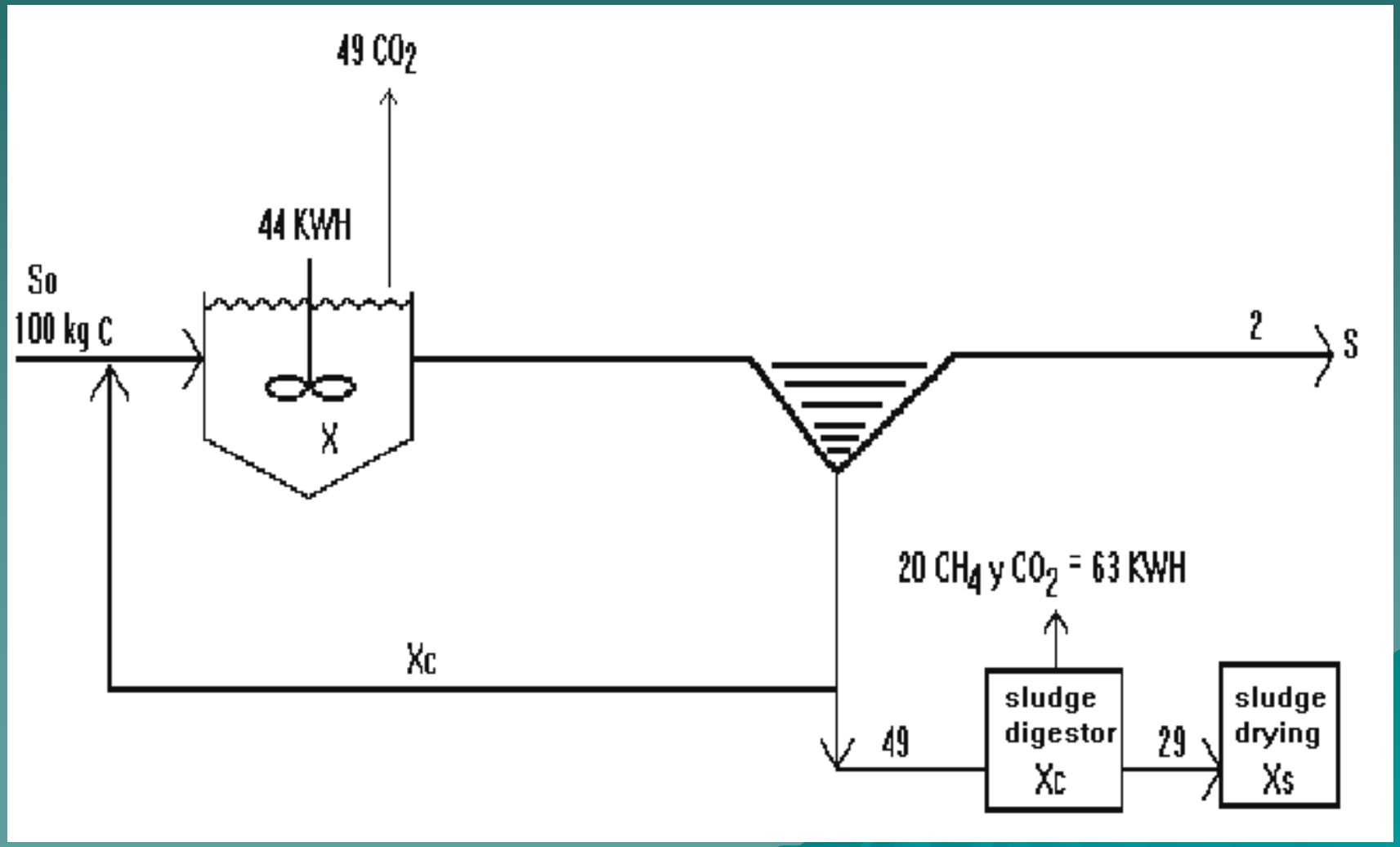
Tratamiento secundario biológico aerobio



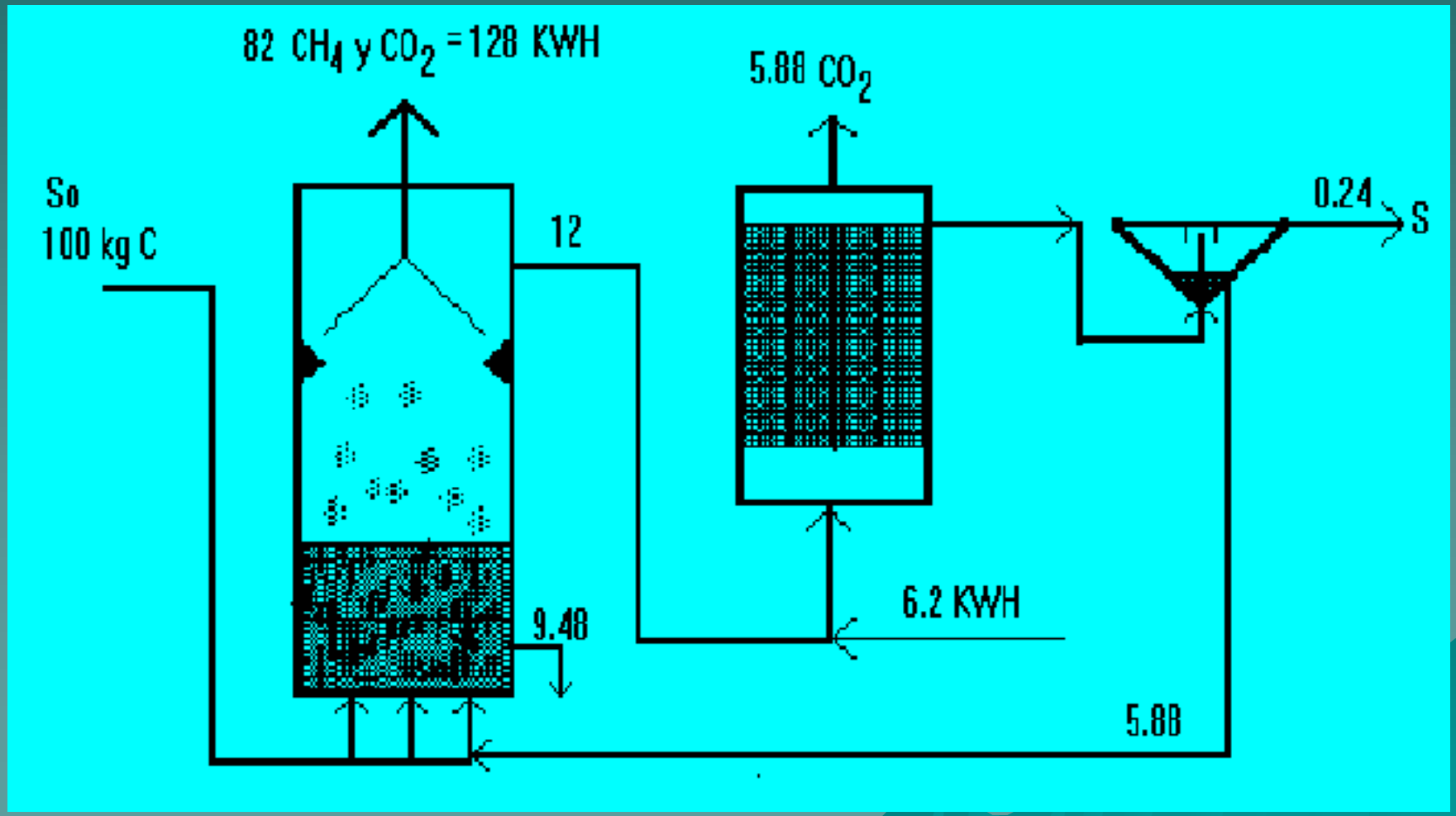
Tratamiento biológico anaerobio



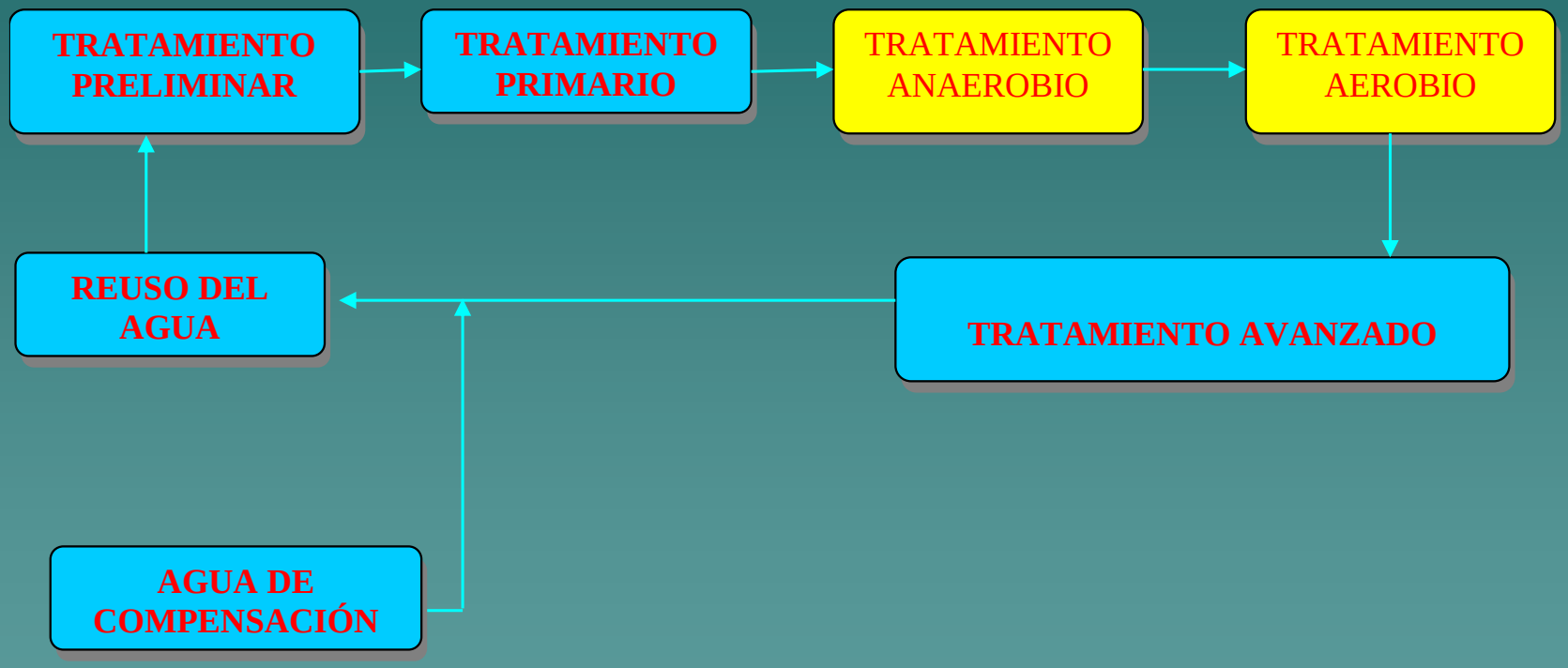
Proceso convencional aerobio - anaerobio



Tratamiento secundario moderno anaerobio - aerobio



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CICLO HIDROLÓGICO



Reducción del consumo

- Ahorro doméstico
- Ahorro y reuso industrial
- Ahorro y reuso municipal
  - Segregación de efluentes domésticos e industriales

Tratamiento descentralizado y segregado de residuos domésticos:

a. agua residual
b. basura orgánica

Diseño del tratamiento biológico

ECUACIÓN DE DISEÑO

$$r_s = \mu_{max}(S/(Ks+S)*X/Y) = k_{max}(S/Ks+S)*X$$

$$V := \frac{F\cdot(Ks + S)\cdot(So - S)}{kmax\cdot S\cdot X}$$

1. Carga de alimentación al microorganismo F/M $= \mu_{max}/Y = k_{max}$ (g DQO/g SSV.d)

2. $k_{max} = k \exp(-Ea/RT)$
3. X = conc de microorganismos (g/L)

Diseño tratamiento biológico

Temperatura opt 36°C

$\mu = 0.75 \exp[0.15(T-30)] - 0.14 \exp[0.3(T-30)]$

$\mu = Yk - b \quad => \quad k = (\mu + b)/Y$

T°C	μ (d^{-1})
38	0.94
28	0.47
18	0.12

Generación AR domésticas

FUENTE	México (L/hab.d)	Europa (L/hab.d)
WC	20	11.4 (5)
Regadera	25	52.3
Lavamanos	13.2	5.3
Lavadora	20	17.2
Cocina	22.5	13.8
Lavado pisos	22	10
TOTAL	**122.7**	**110.00**
	SACMex	Sneek, Holanda

Caracterización efluentes domésticos

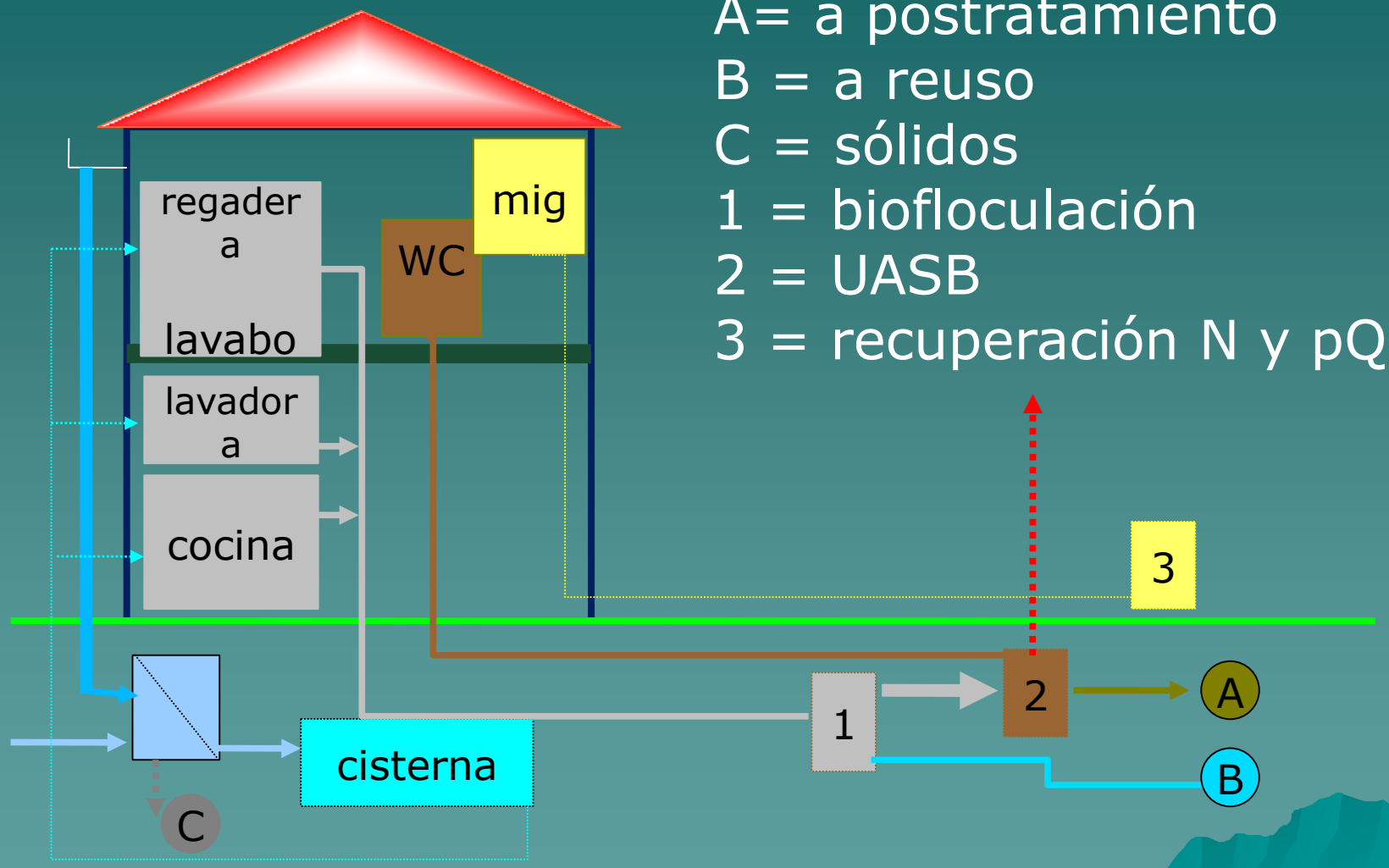
	Agua negra	Aguas grises	Orina
pH	8.8	8.4	4.4 - 8
DQO_T	9	0.724	9.6
DQO_{SS}	5.1	0.25	
DQO_{col}	1.3	0.2	
DQO_S	3.4	0.28	
AGV	1.5		0.04
C_HCO_3-	1.2		
N_T	1.9	26.3	7.4
N_NH_4	1.4	2.7	0.3
P_T	0.22	7.2	
P_S	0.09		
P_PO_4	0.08	2.36	1.2

Contaminantes persistentes
(0.006 a 45 µg/L)

PRODUCTO		DESTINO
Farmacéuticos		**AA**
	Antibióticos	
	Analgésicos	
	Antiinflamatorios	
	Psiquiatricas	
	β-bloqueadores	
	contraste de R-X	
Esteroides y hormonas		**AA**
Cuidado personal		**AG**
	Fragancias	
	Bloqueadores	
	Repelentes	
Antisépticos		**AG**
Surfactantes y metabolitos		**AG**
Retardantes de flama		**AG-AI**
Aditivos industriales		**AI**
Aditivos de gasolinas		**E U**

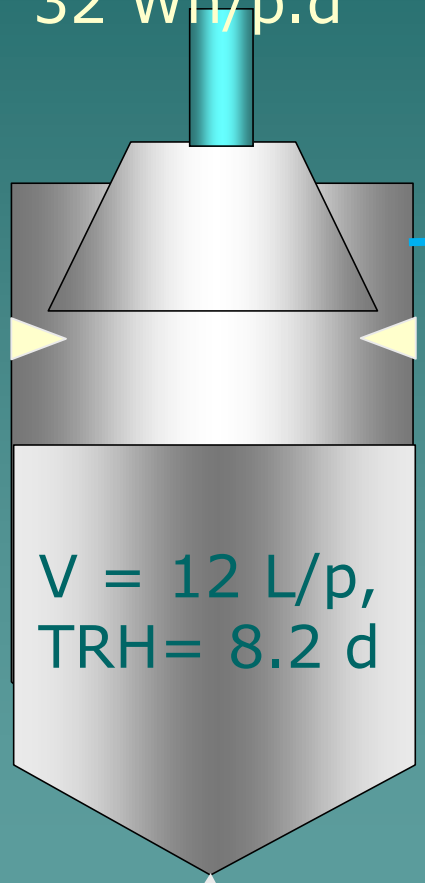
Separación en la fuente

A= a postratamiento
B = a reuso
C = sólidos
1 = biofloculación
2 = UASB
3 = recuperación N y pQ



Tratamiento aguas de WC por g

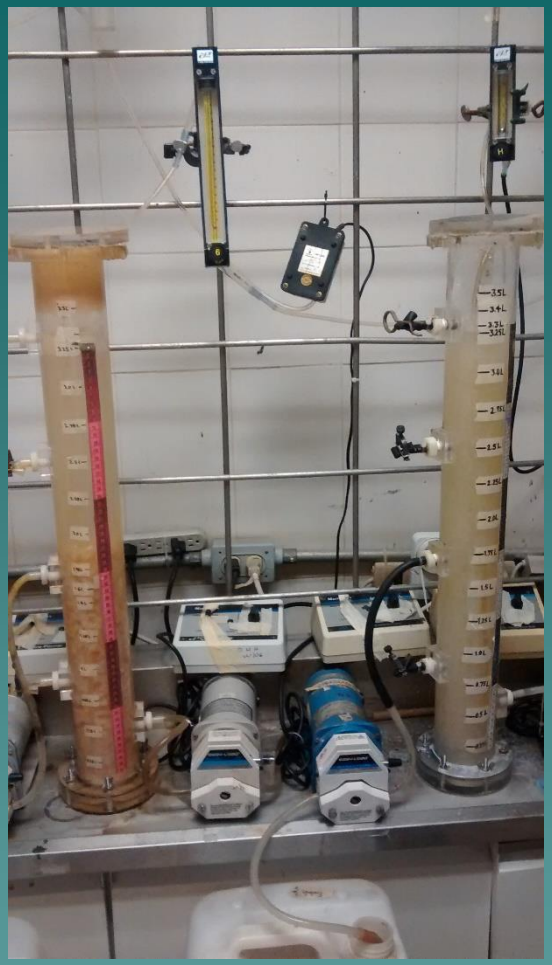
(1.2 L/p.d)

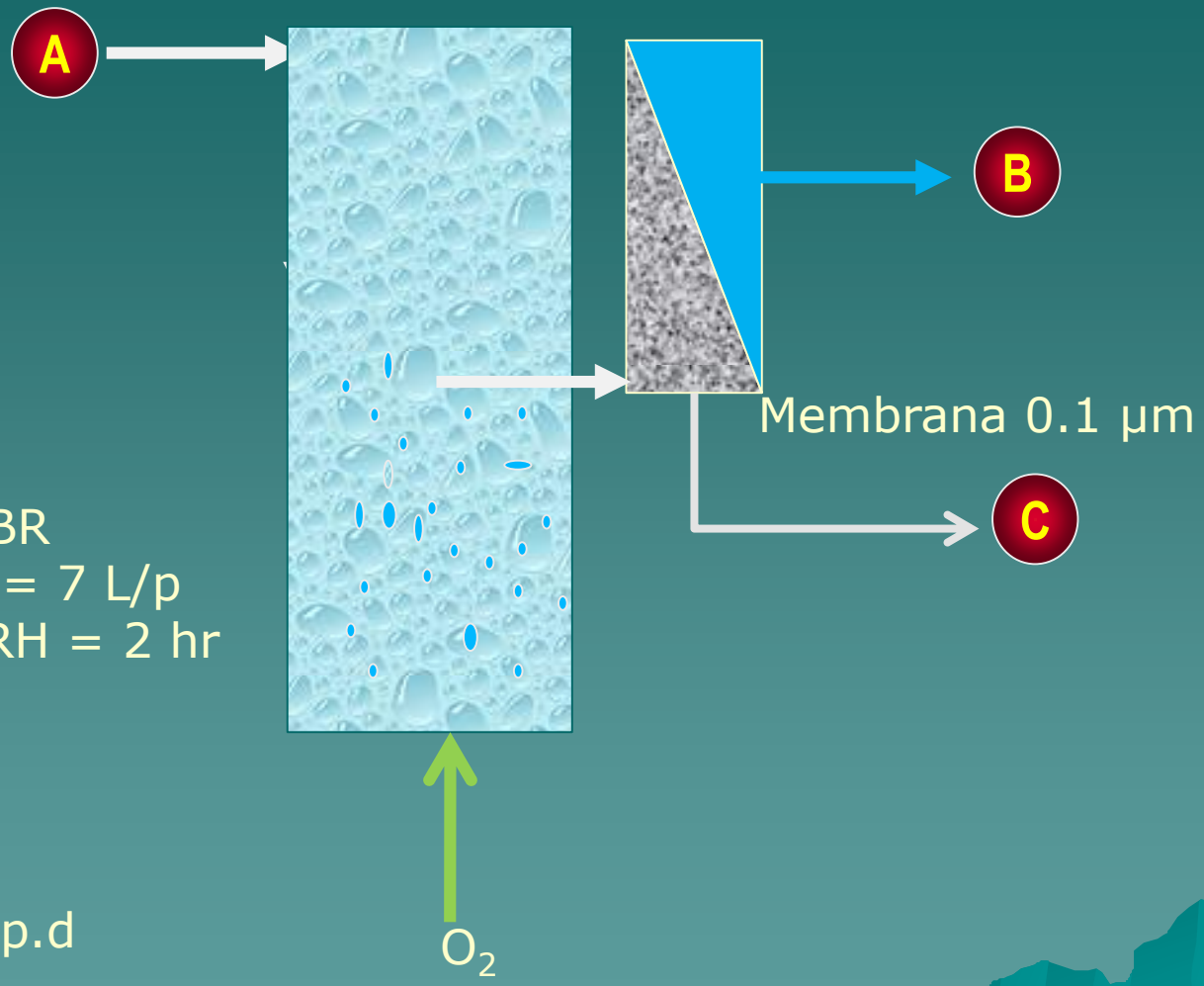


1.2 L/p.d

9.8 g DQO/L

Tratamiento de aguas grises





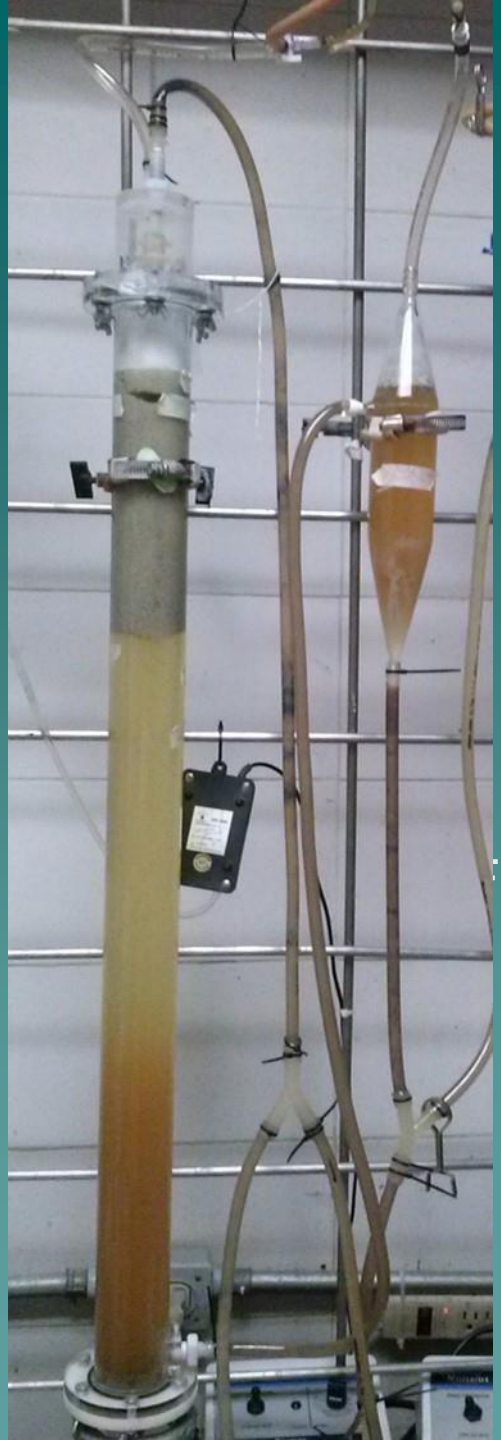
SBR
V = 7 L/p
TRH = 2 hr

A Agua gris 100 L/p.d

B AGT, 92 L/p.d, 166 mg/L

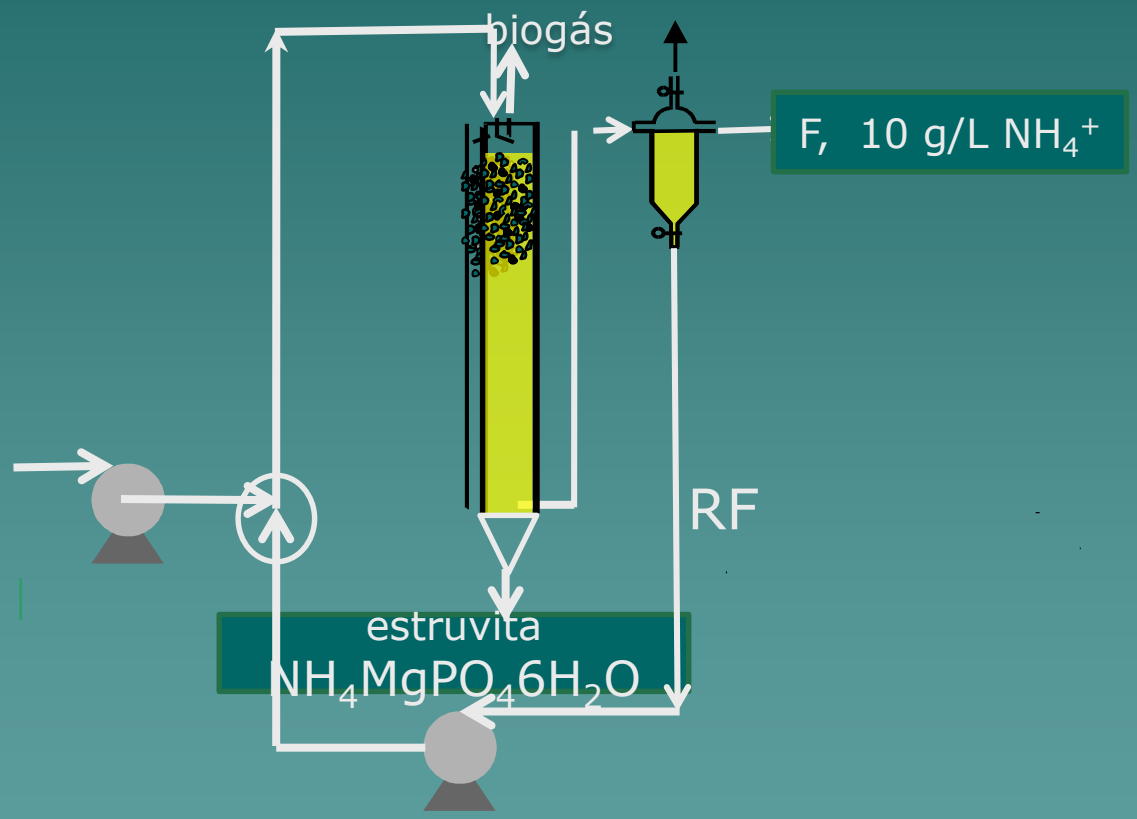
C UASB, 8 L/p.d, 7.29 g/L

U Rojas 2015

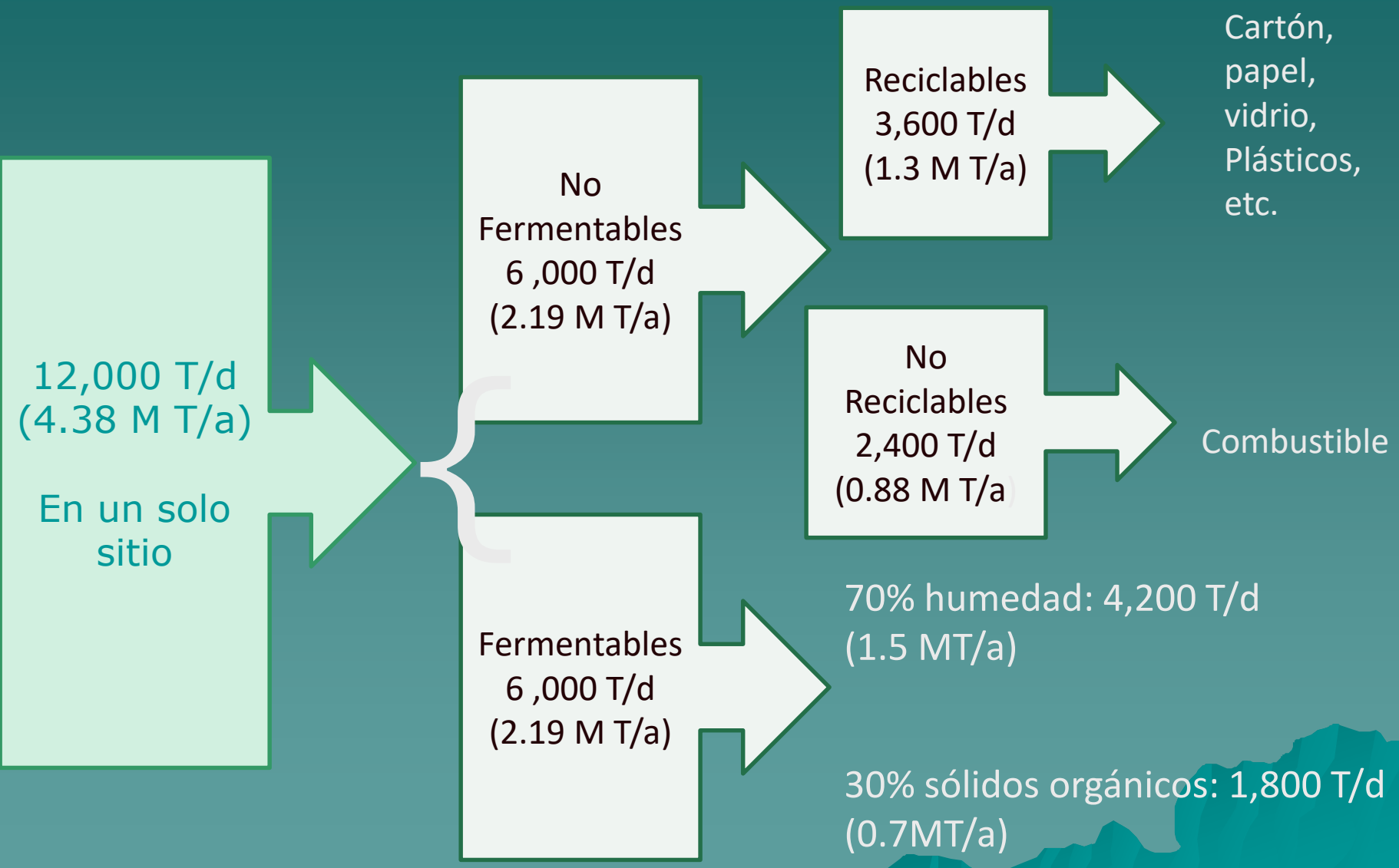


Tratamiento de aguas amarillas

Reactor lecho fluidizado inverso



Dimensiones de la basura. DF



Costo de manejo de la basura DF

Transporte de 4.38 M T/a:

1,200 camiones x 200 L/d x $13.16/L = $ 1,152 M/a

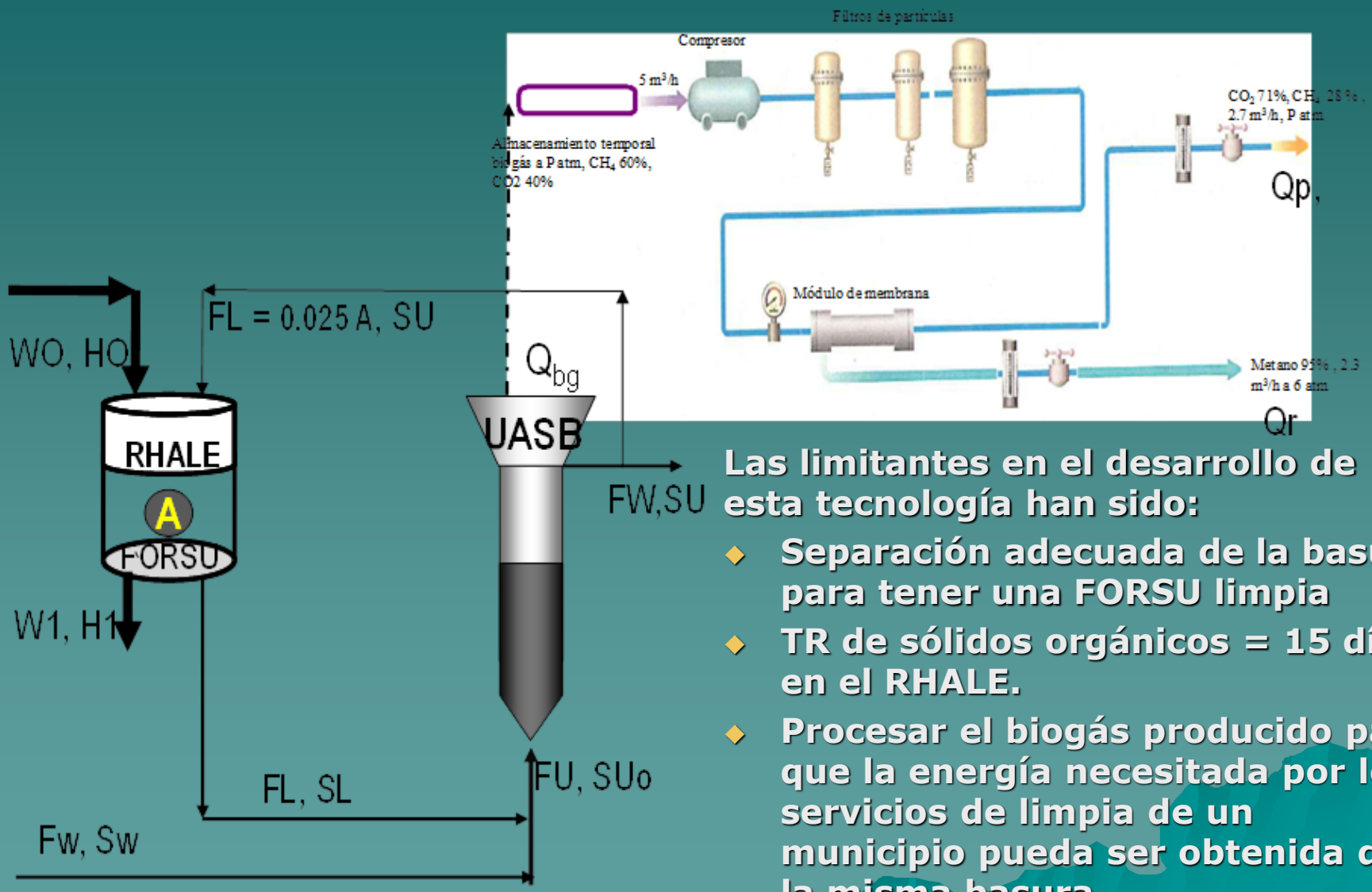
Entierro: $ 890 M/a

Costo total: $ 2,042 M/a

Costo por tonelada: $ 466

Costo diario: $ 5.6 M/día

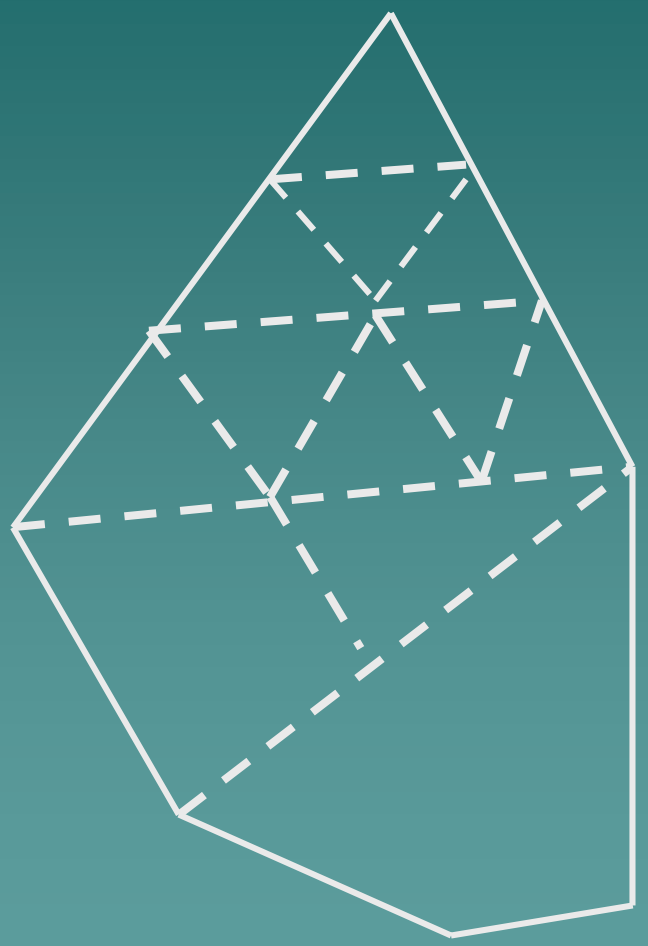
Diagrama conceptual de la obtención de metano a partir de la forsu



Las limitantes en el desarrollo de esta tecnología han sido:

- **Separación adecuada de la basura para tener una FORSU limpia**
- **TR de sólidos orgánicos = 15 días en el RHALE.**
- **Procesar el biogás producido para que la energía necesitada por los servicios de limpia de un municipio pueda ser obtenida de la misma basura.**

Desconcentración de PTAR y CIRE

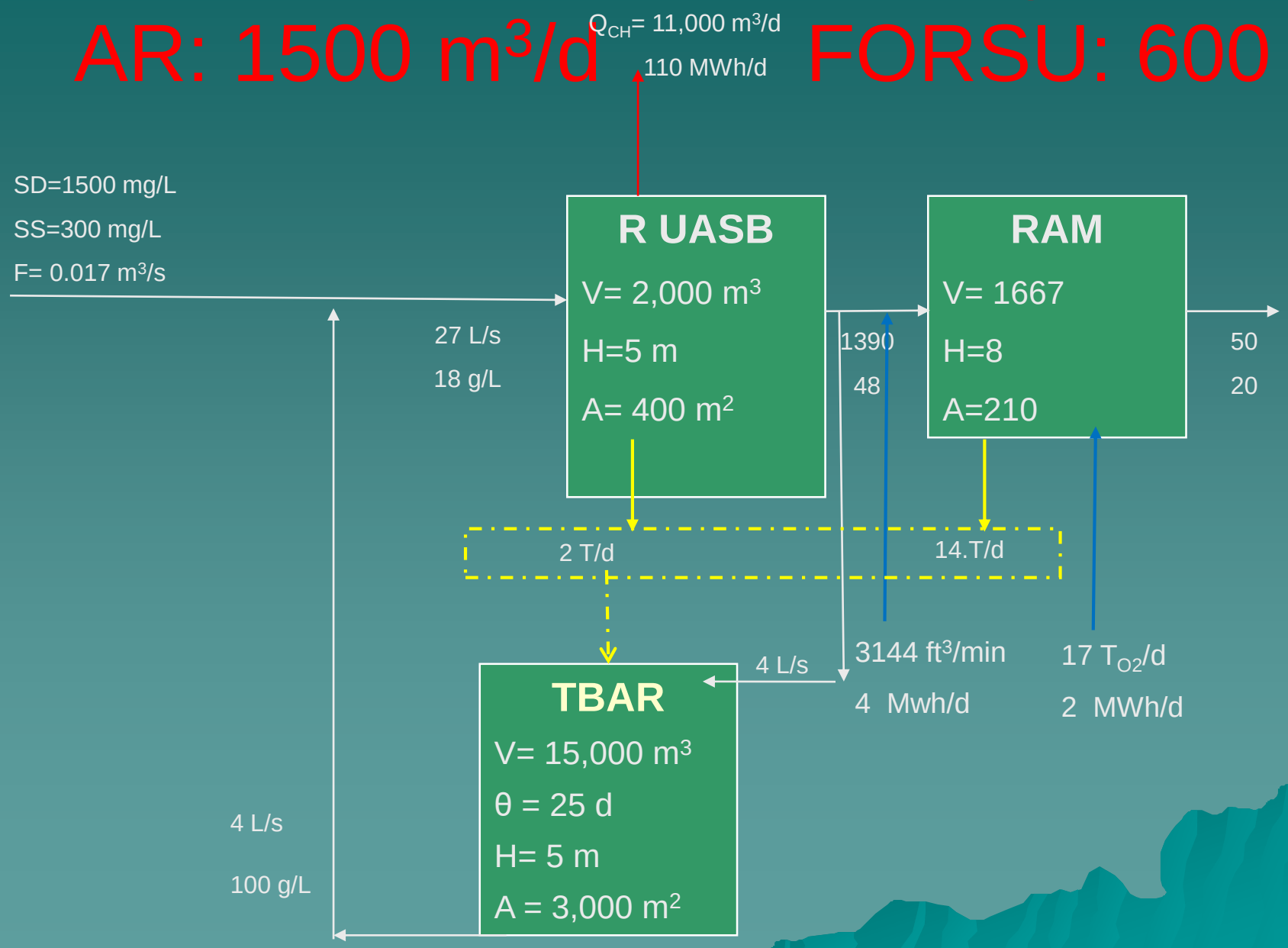


1 M hab * 0.5 kg forsu/hab.d = 500 T/d
1 M hab * 1.5 L /hab.d = 17 L/s

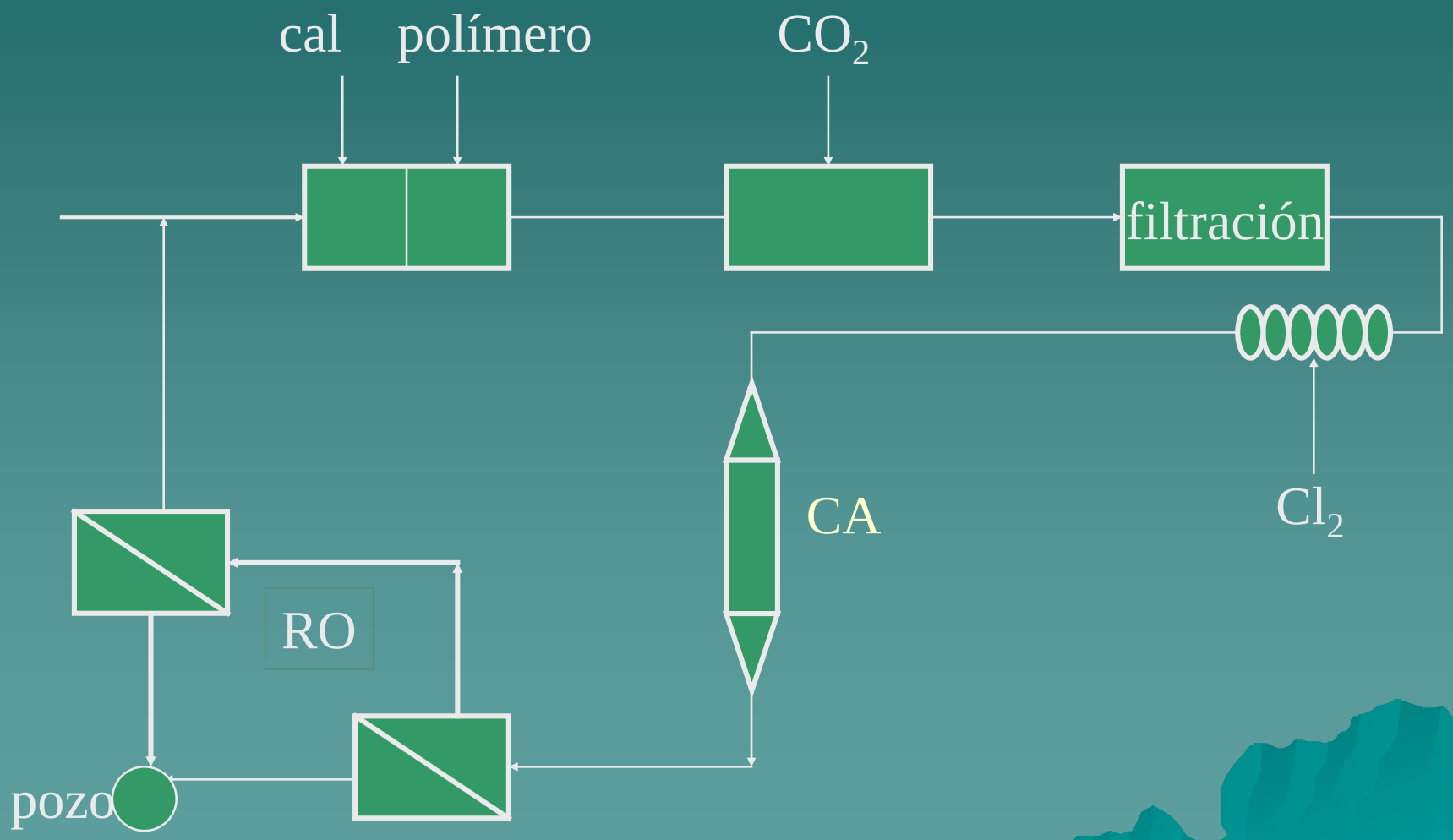
- Para minimizar costos operativos
  - menos viajes
  - menos drenaje
- Reducir superficie utilizada
- Procesos sustentables ante:
  - Alto costo energía
  - Aumento poblacional
  - Cambio climático

Tratamiento biológico

AR: 1500 m³/d FORSU: 600 T/d

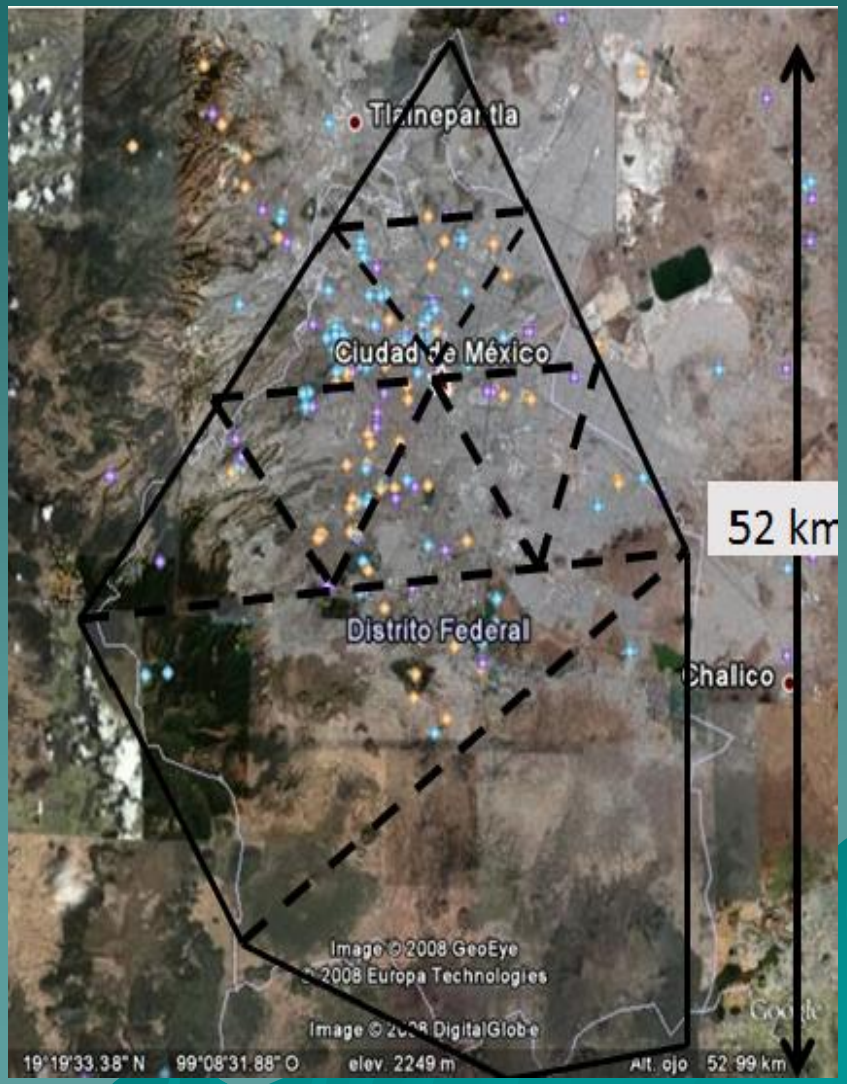


Tratamiento avanzado de AG para infiltración: ejemplo

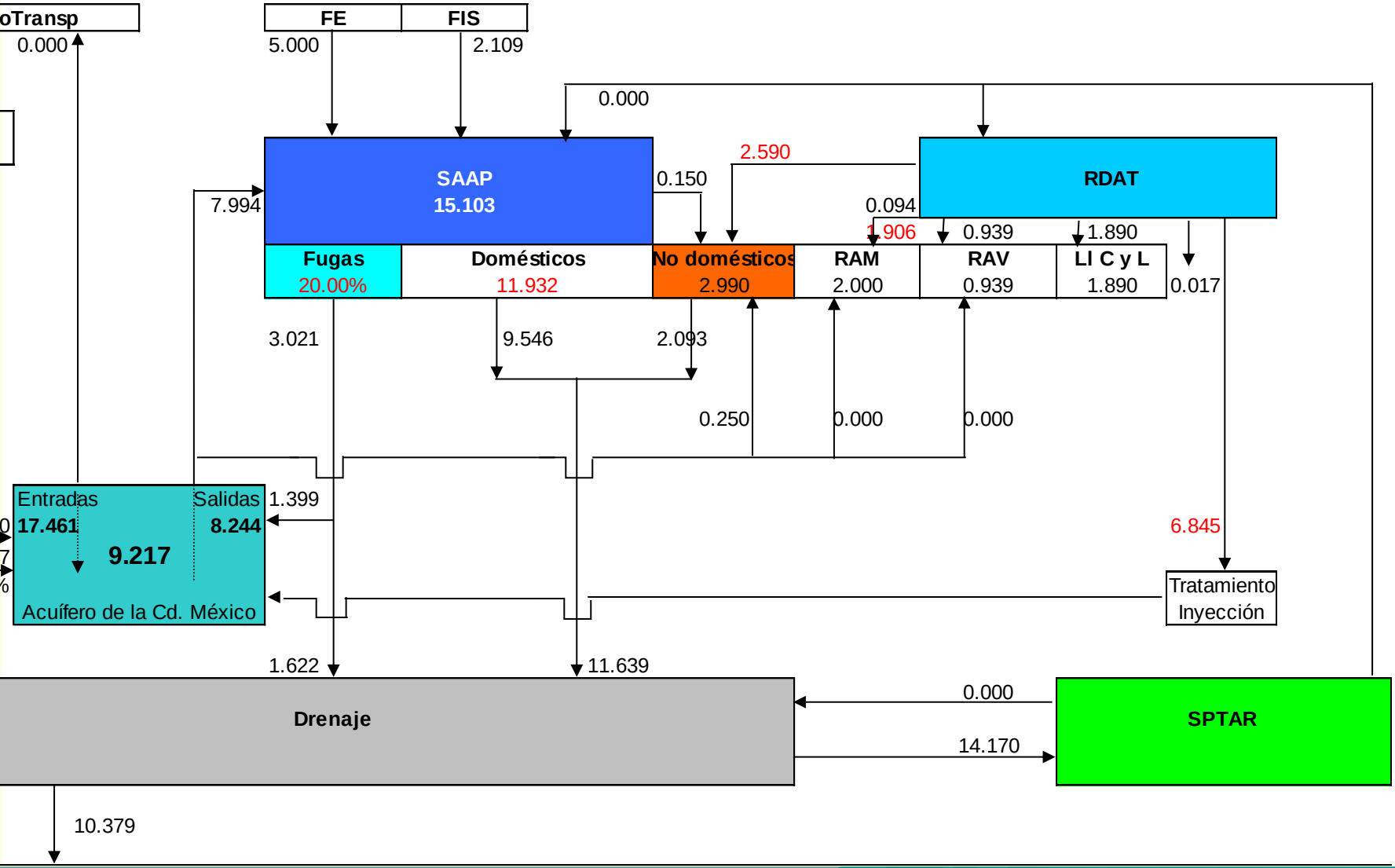


Cd. de México

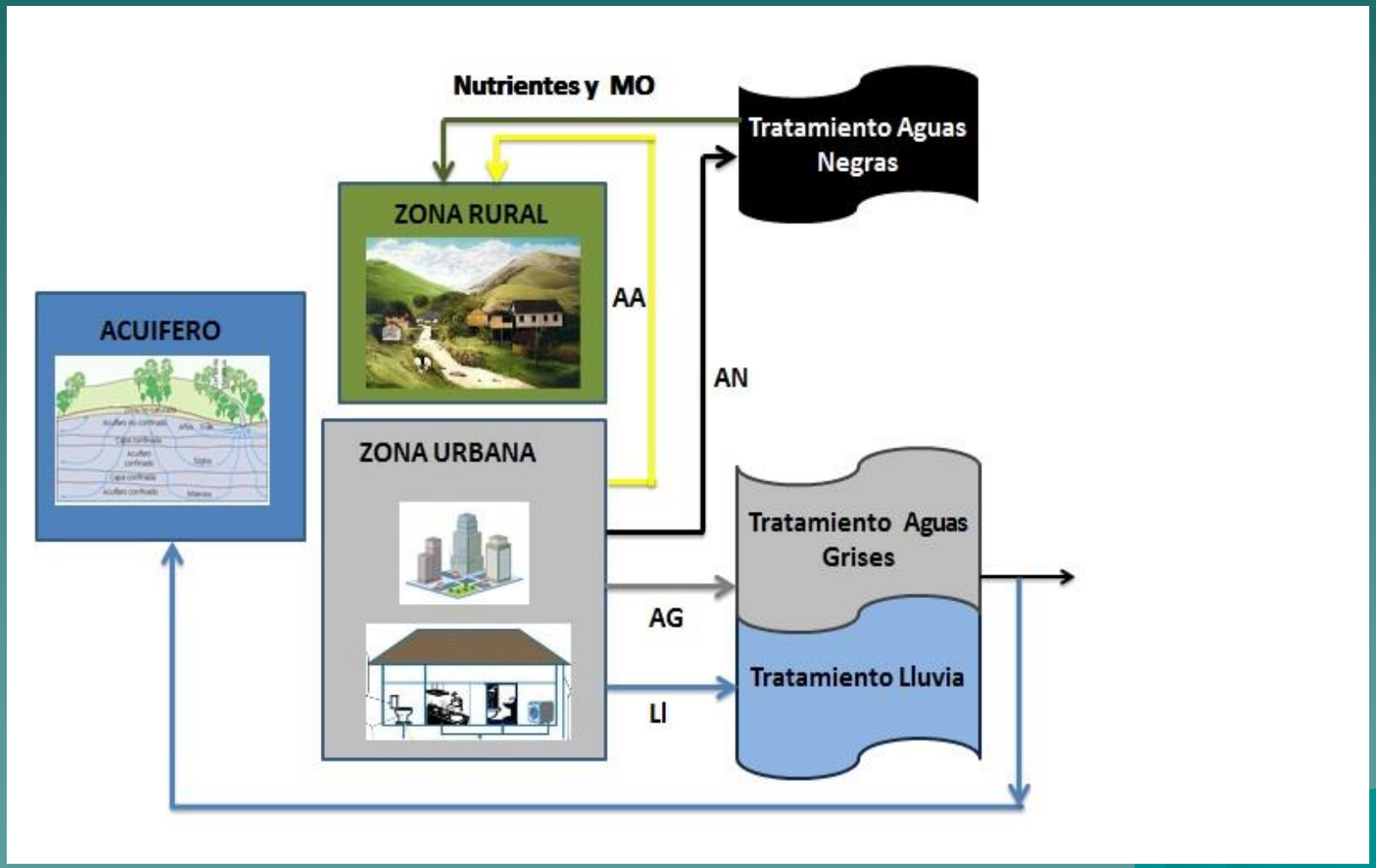
- 12 plantas para el servicio de hasta un millón de habitantes en polígonos de 115 km^2 y radios de solo 6 km
- 500 T FORSU/d (0.5 kg/hab.d) 1.5 L/hab.d y 1 m^3/s (86 L/hab.d)
- 10,550 m^3 CH_4/día (7535 kg/d eq. a 7000 L gasolina/día
- 50 T base seca de basura (250 T base húmeda) para su uso como fertilizante orgánico o como combustible.



Balance de agua en D.F. después acciones



Integración agricultura-ciudad



¿Cómo financiar este esquema?

- **Manejo sustentable del agua**

	L km	h m	F m^3/s	Eu kWh/ m^3	C_x M$mn/ a
Cutzamala-DF	150	1200	5	5	788*
Desalojar DF	-	8	10	0.31	97*
Tratamiento p/inyección			7	4.6	1,015+
Trat p/riego			17	2	370++
					2,270

*Costos electricidad por bombeo, +25% y ++6% amort,

Conclusiones

- Hay mayor concentración de residuos en las ciudades que en el campo.
- Rentabilidad de plantas productoras de energía aumenta con el tamaño, 80 Tforsu/d = 1600 m^3 CH_4/d
- Intercambio ciudad campo en materia de nutrientes y materia orgánica
- Generación industrias y empleo con diversas tecnologías
  - producción artefactos domésticos
  - colectores de agua de lluvia
  - empresas ingeniería
    - membranas,
    - generadores electricidad,
    - sanitaria,
    - instrumentación y control

RECOLECCIÓN Y TRASPORTE DE LA FORSU

- Se ha utilizado basura orgánica proveniente de 2 fuentes

Plataforma y residuos de comida de la cafetería

Basura verde de la central de abastos procesada en la Planta de Composta del Bordo Poniente

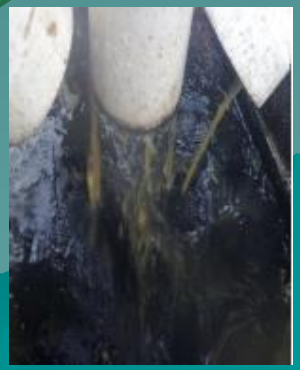
MOLIENDA , PESADO Y ALIMENTACION DE LA FORSU

OPERACIÓN DE LOS Rc HALE

Proceso de degradación de la FORSU lavando la basura para inducir la acidogénesis.

Sistema de agitación

Lixiviados

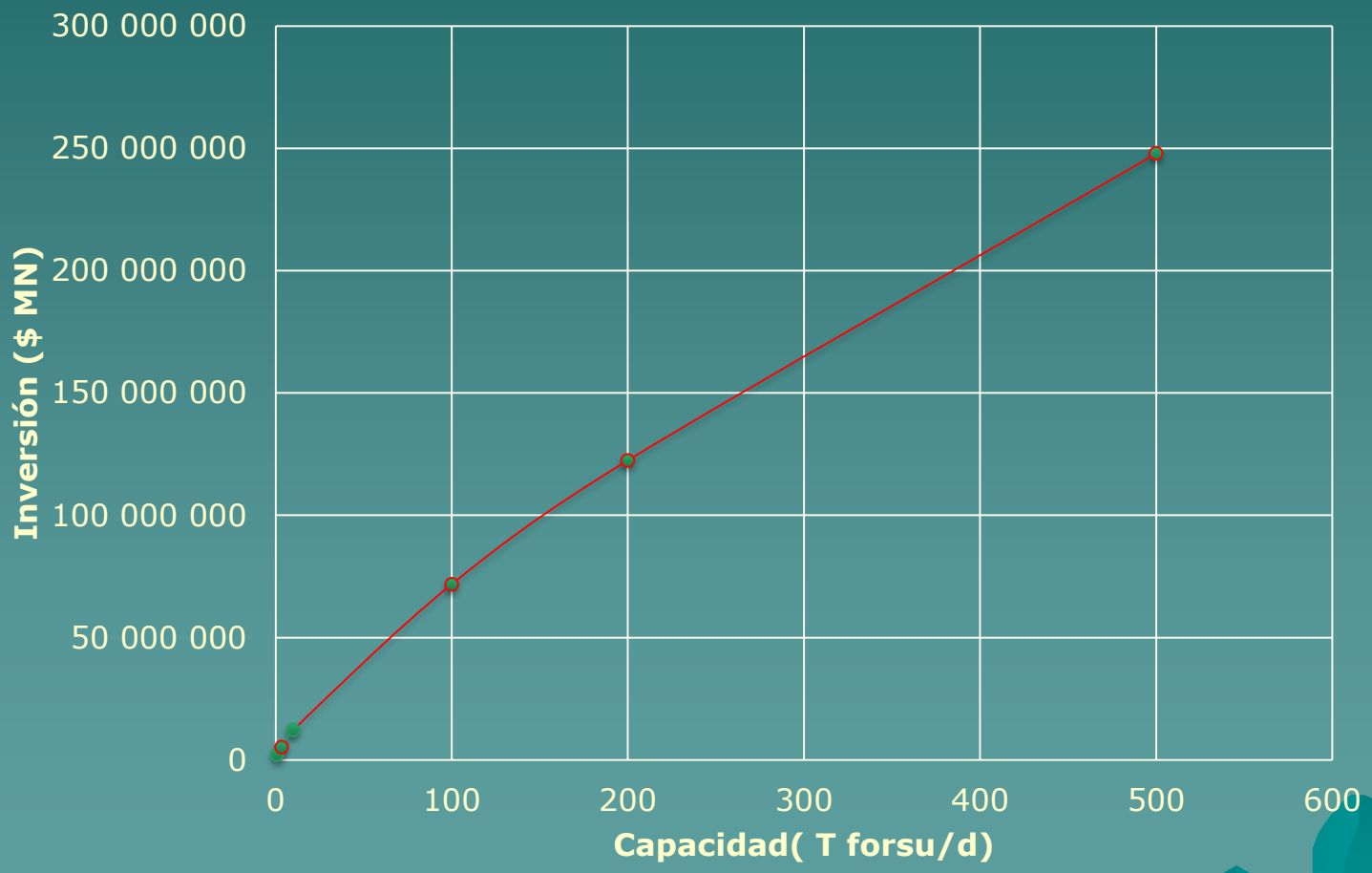


Prototipo del sistema de purificación por membranas

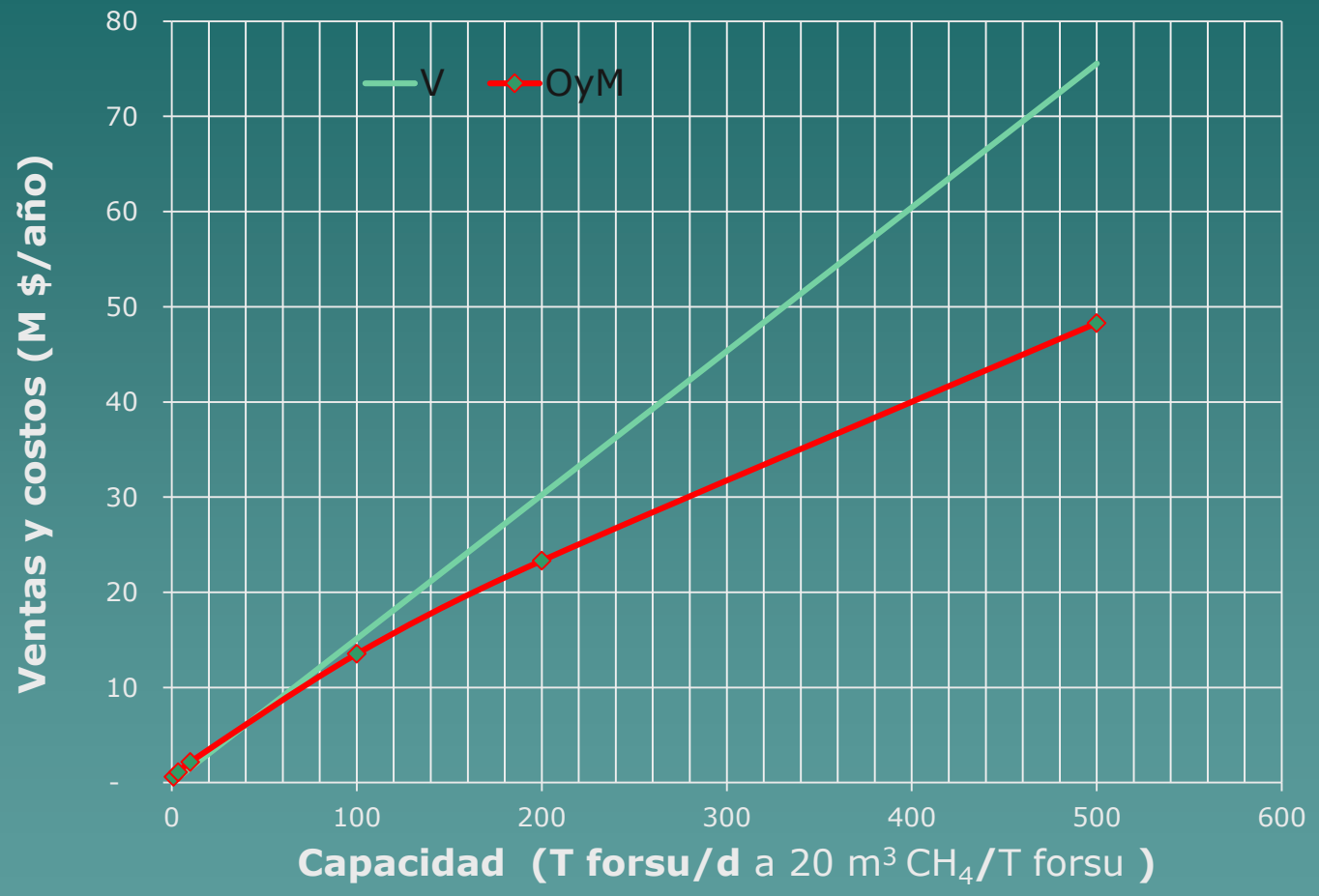
1. Una bolsa de almacenamiento de PE-HD para recibir el biogás generado en el reactor UASB
2. Filtros de pre-purificación:
   - a) un filtro de silica-gel para retirarle la humedad,
   - b) filtro de cloruro férrico para eliminar el ácido sulfhídrico,
   - c) filtros para eliminar partículas del polvo y vapores de grasas
3. Módulo de membranas tubulares de poliamida para la separación del metano a P, T y F. Calentamiento del biogas por medio de cinta metálica.
4. Un regulador de temperatura,
5. Manómetros
6. Rotámetros

Compresor metano a 200 atm

Inversión en función de la capacidad



Utilidades f(capacidad)



Pv = $ 13/kg

Participantes

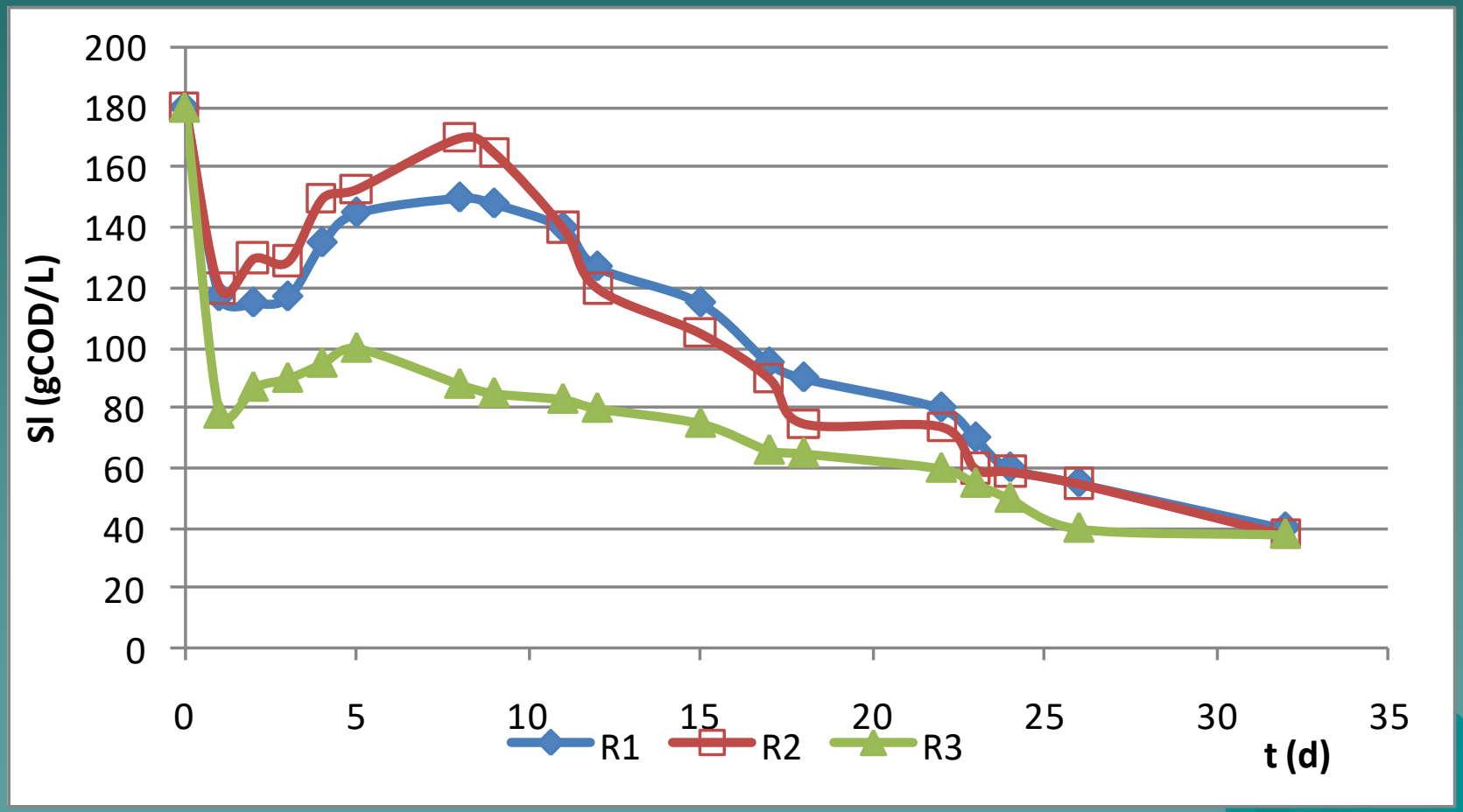
Dra. Isabel R. Pimentel, UTCd.Neza
Dra. Florina Ramírez Vives, UAM-I
Ing. Gonzalo Ortiz R. UAM-I
Ing. Alejandro Ferreira, UAM-I
Dra. Ma. Elena Hernández R., UAM-L
Lic. Arturo Viniegra , Biotonalli S.A.
M en B. Carlos Moreno
M. en C. Belem Espinosa Chávez
M. en Ing. Ulises Rojas Z
Dr. Rigoberto Plascencia Jatomea
Dr. Oscar A. Monroy Hermosillo

Fondo de SUSTENTABILIDAD ENERGETICA
SENER-CONACyT
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación DF

Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA Iztapalapa

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Lixiviados de la forsu en Ri HALE



Generación de residuos en ciudades

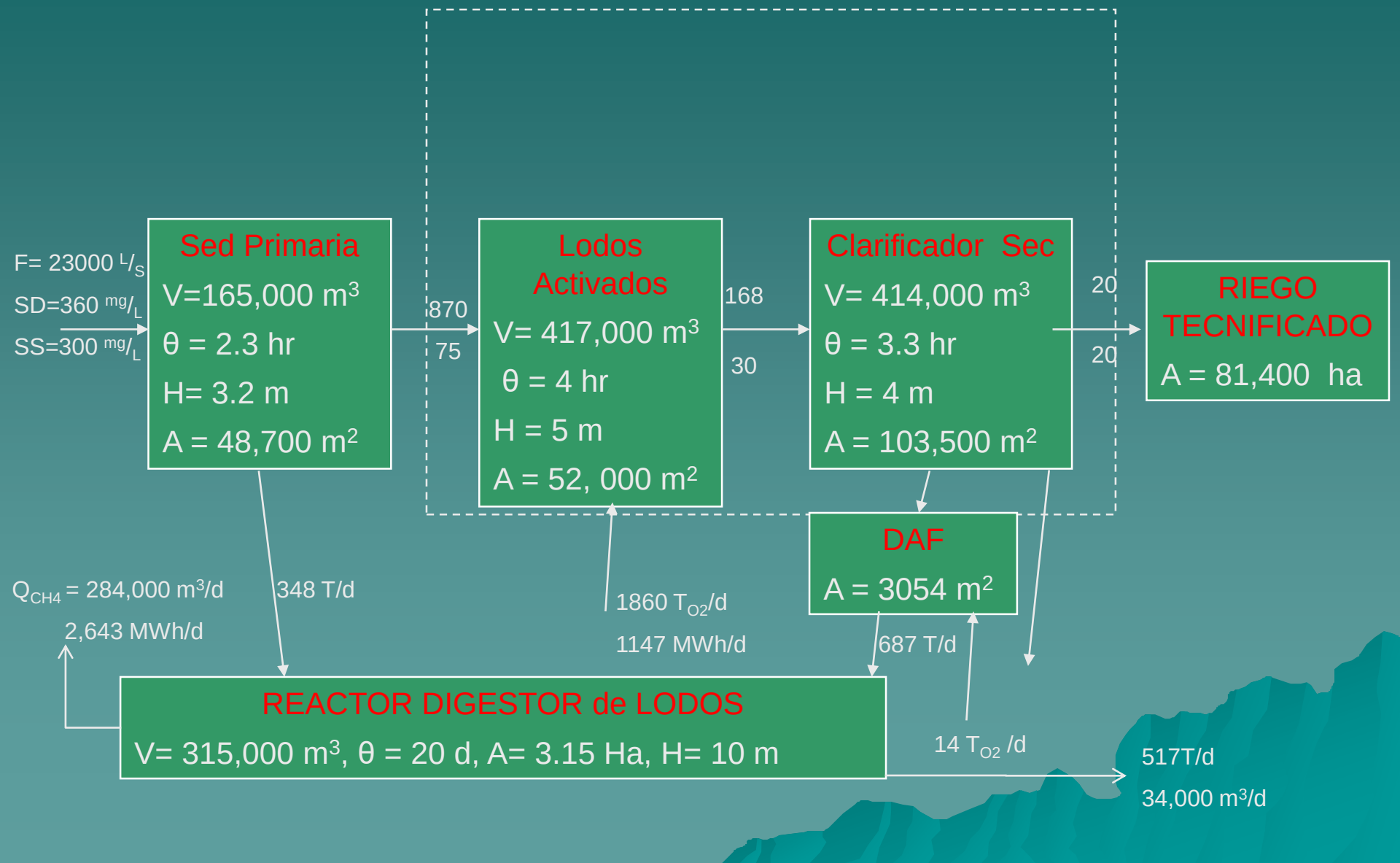
- forsu
  - 1 kg/hab.d
  - 50 % de contenido orgánico
- ar
  - 130 L/hab.d
  - 400 mg DQO/L = 52 g DQO/hab.d
  - 20 g N/hab.d

Generación de residuos en ZM de más de 1 M habitantes México

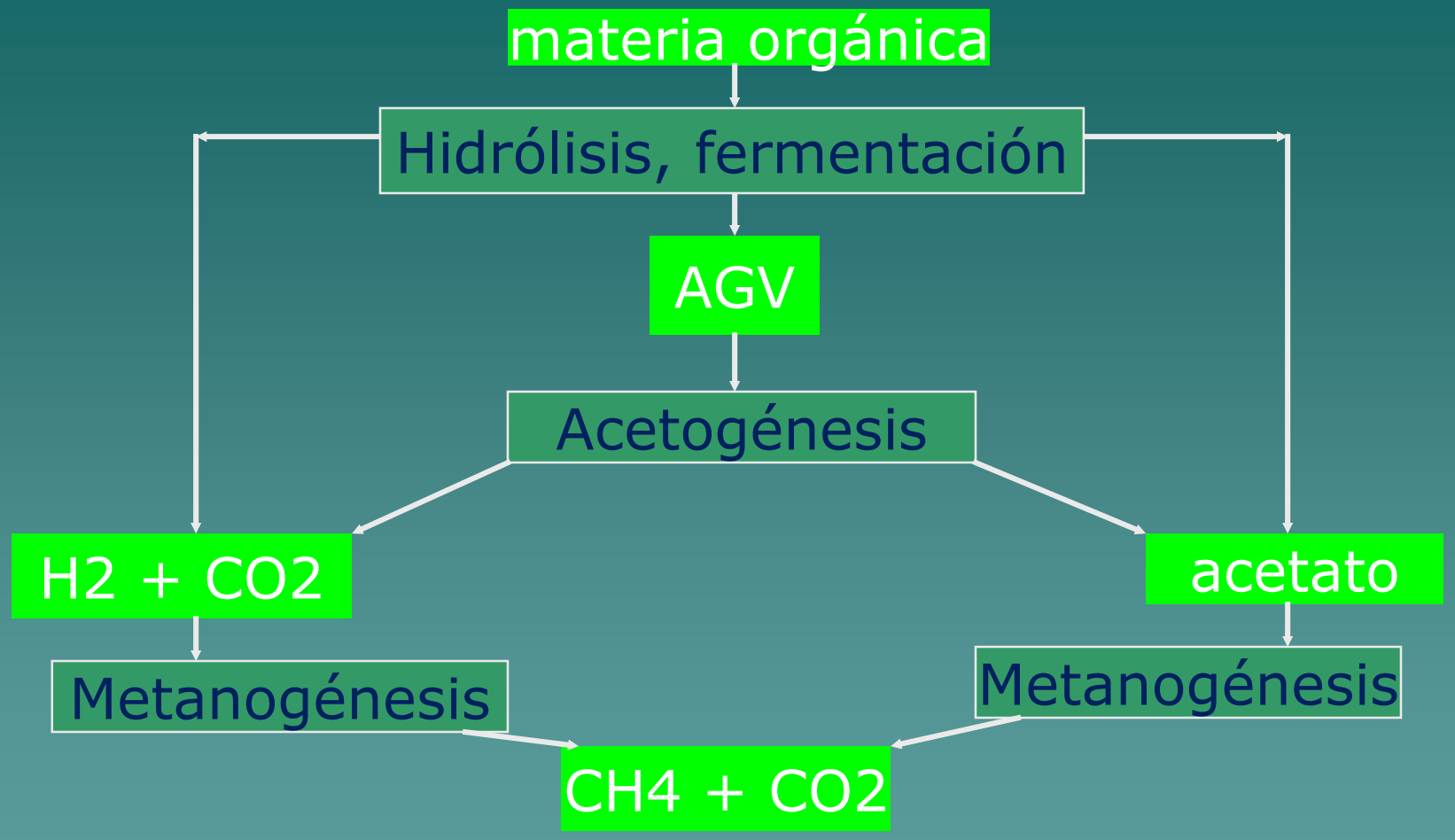
39 M hab

- forsu
  - 1 kg/hab.d = 39,000 T/día
  - 50 % de contenido orgánico
  - 20 M T forsu/d
- Aguas residuales
  - 50 a 130 L/hab.d = 4 M m^3/d = 45 m^3/s
  - 500 mg DQO/L => 2000 T DQO/d
  - 20 g N/hab.d =>780 T N/d=284,700 T/yr

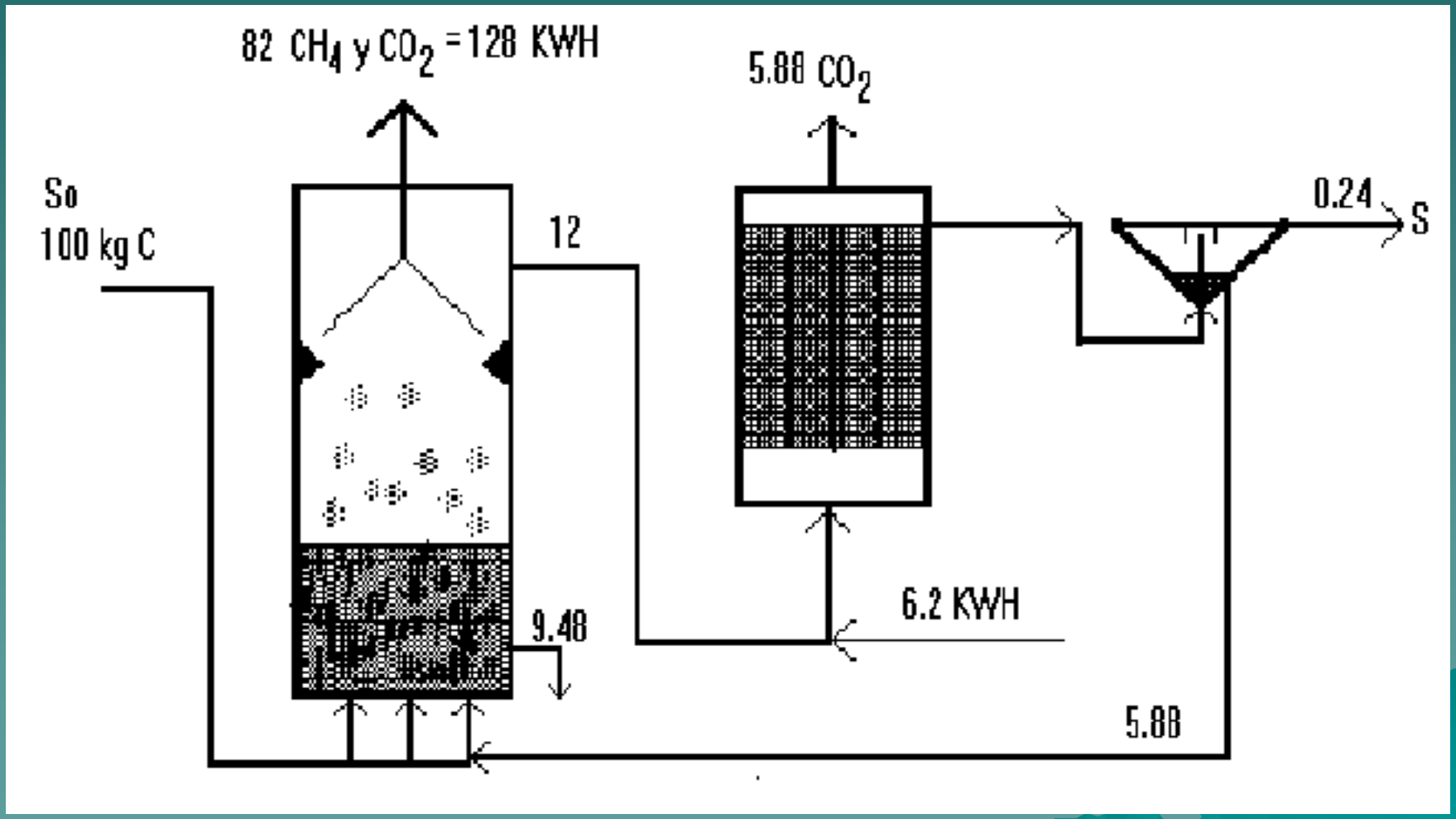
PTAR Atotonilco, Hgo. (23 m^3/s)

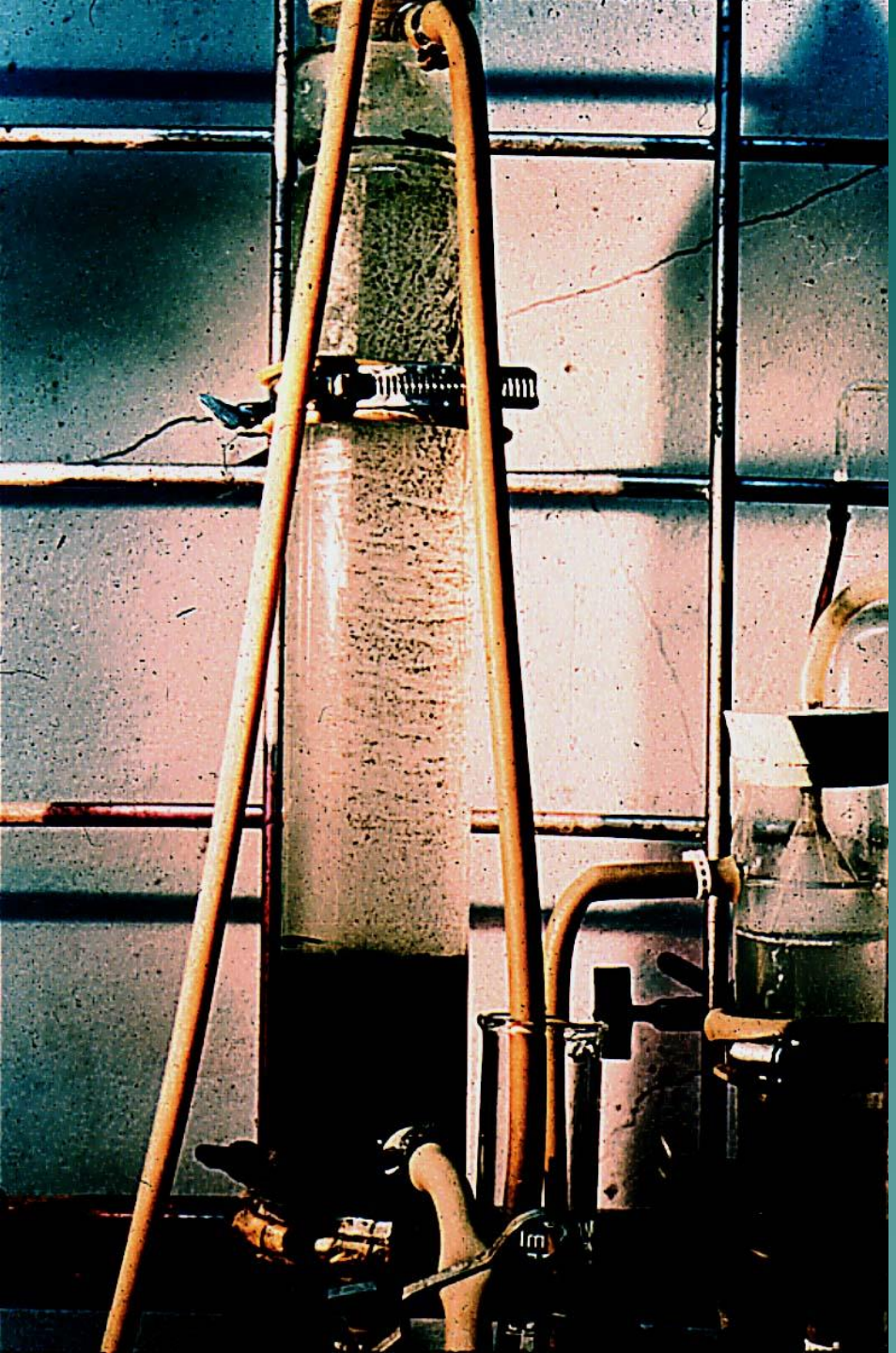


Digestión anaerobia



Proceso moderno tar: anaerobio - aerobio

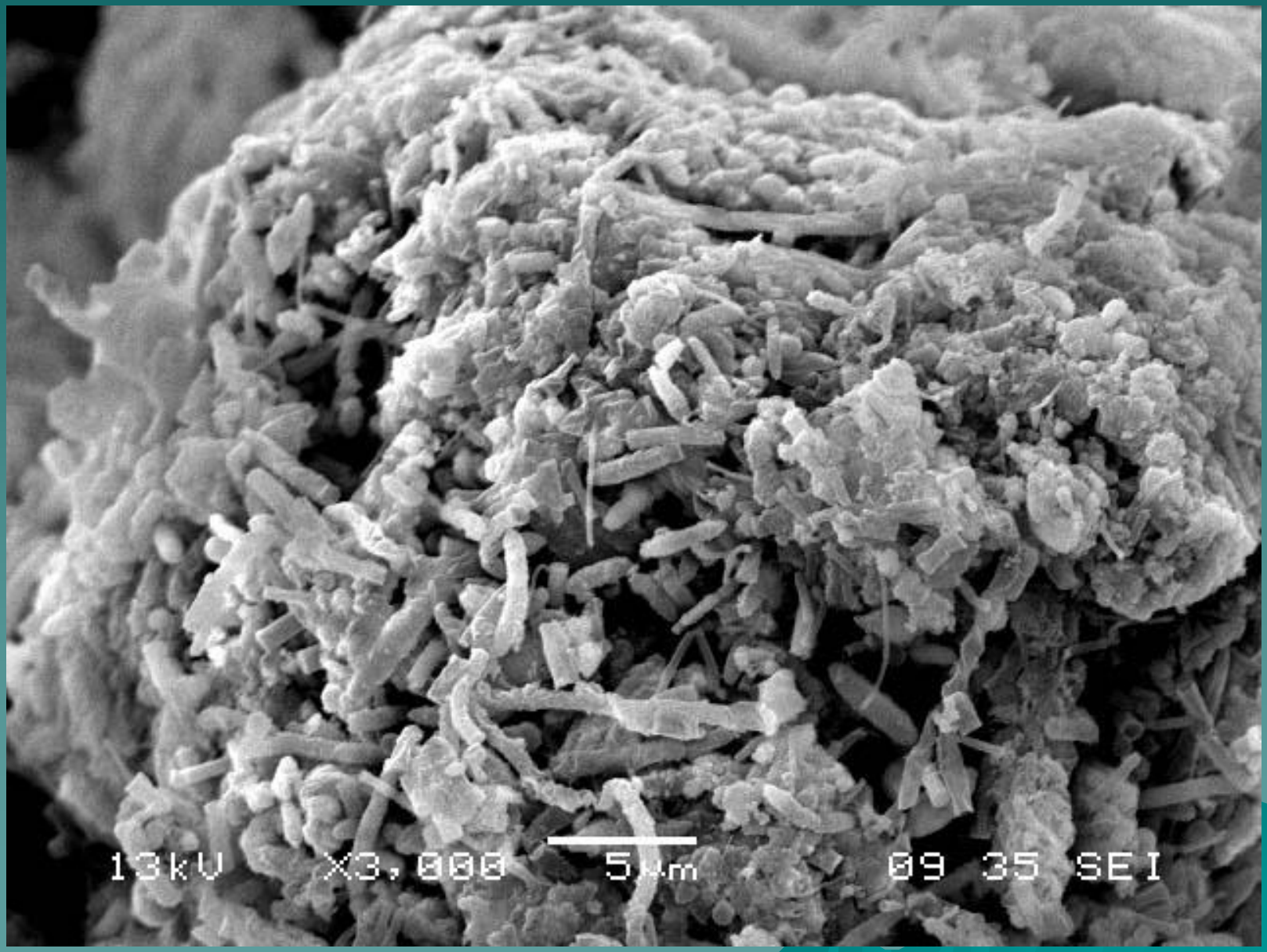




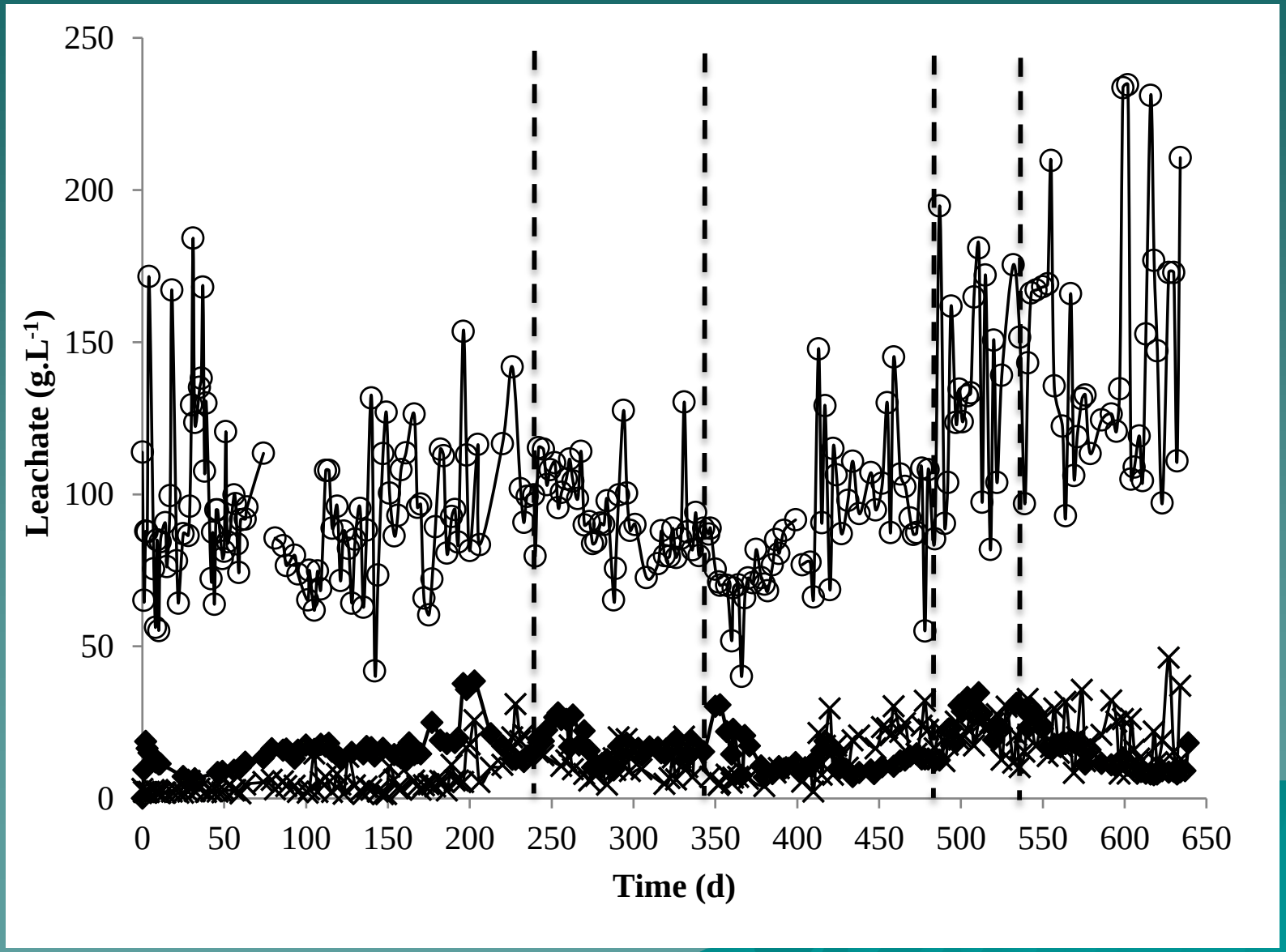
Reactor Anaerobio UASB

Lodo anaerobio granular

Comunidad granular de bacterias y archea



Lixiviados de la forsu en RcHALE



Digestión anaerobia de Lx y AR en R UASB

SLR $gVS \cdot L^{-1} \cdot d^{-1}$	**Lx** g COD/d	**ww** g COD/d	**OLR** $gCOD \cdot L_r^{-1} \cdot d^{-1}$	η_{COD} %	Q_{CH4} $L \cdot L_r^{-1} \cdot d^{-1}$	Y_{CH4} L_{ch4}/kg VSd
3.8	13	0.92	6.6	96%	2.10	228
4.4	20	2.3	9	95%	3.32	279
4.4*	17	2.3	7	95%	2.59	238
6**	26	2.3	9	89%	3.16	180
7**	19	0.92	13	96%	4.42	155

Manejo de agua para la sustentabilidad

Paradigma para el uso sustentable del agua:

La planeación del país se debe hacer por cuencas

1. Conservar y usar los recursos de la cuenca dentro de la cuenca.
   - Cada cuenca se desarrollará de acuerdo a sus recursos (no crecerá a expensas de otras ni será limitado su desarrollo por extracción de sus recursos). Puede haber intercambios entre cuencas pero no trasvases completos.
2. Garantizar el agua potable para usos y consumo humano directos o a través de alimentos procesados
   - Todas las otras actividades deberán basarse en el tratamiento y reuso de agua.

Incremento recarga natural

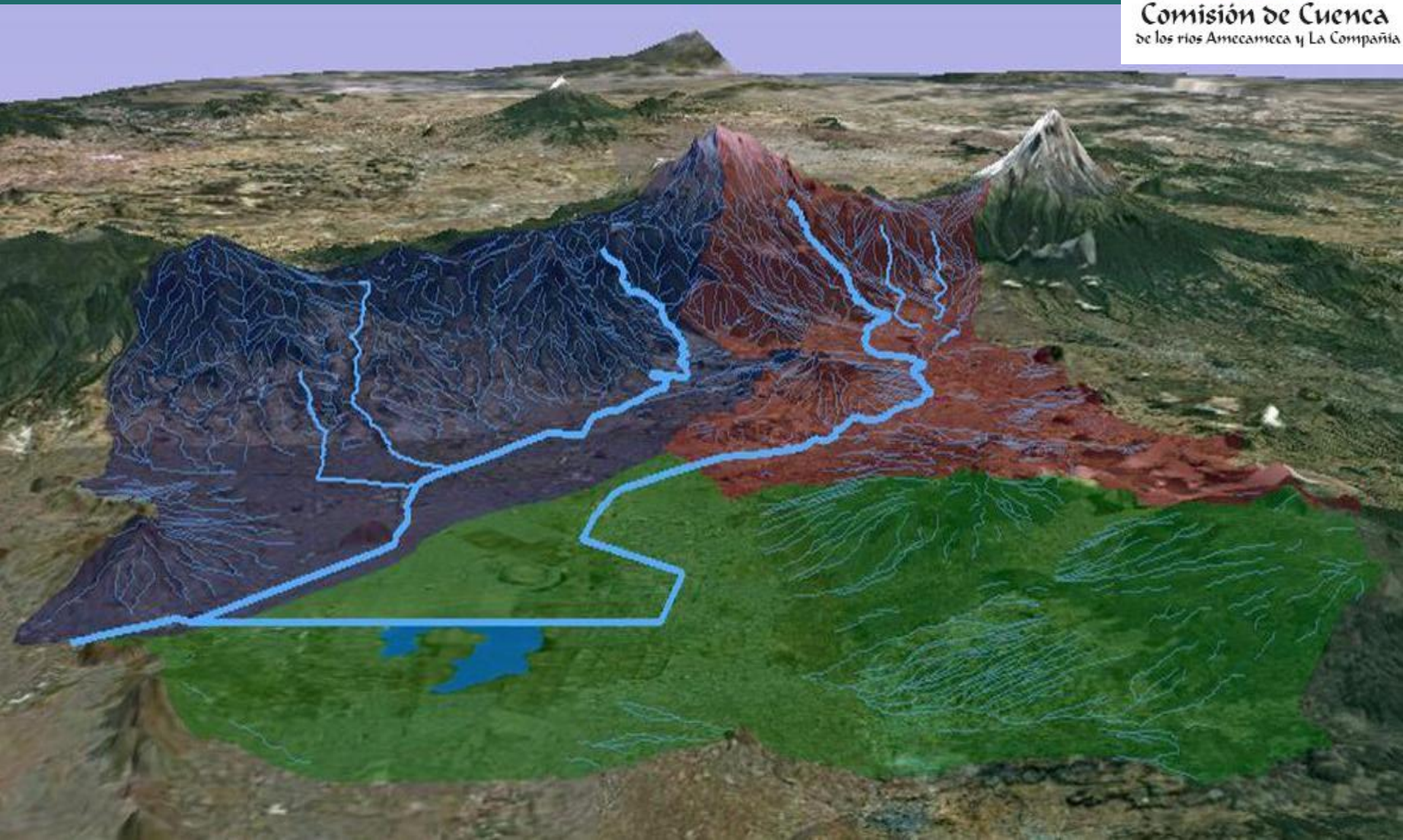
Recuperación de muchos de los 45 ríos que alimentan el Valle de México

Ejemplo:

Ríos Amecameca y la Compañía que aportan 2.7 m^3/s

Cuenca Ríos Amecameca, La Compañía y Tláhuac-Xico

Comisión de Cuenca
de los ríos Amecameca y La Compañía



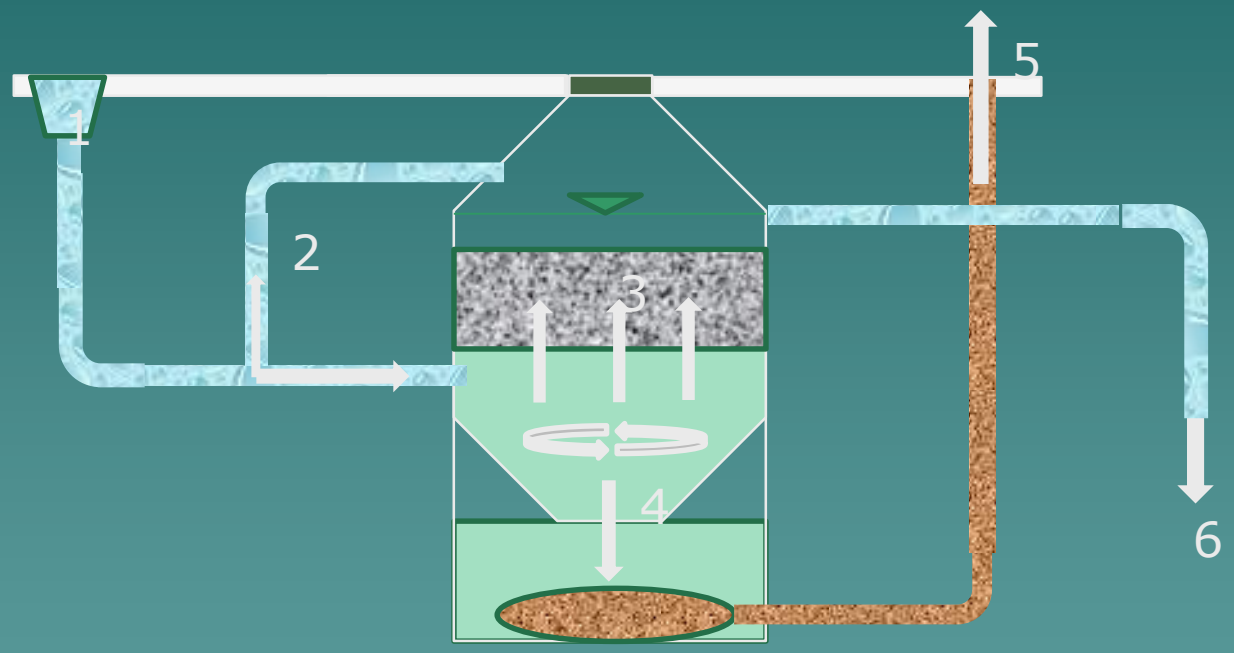
Artificial: infiltración urbana

filtración, absorción e intercambio ionico

Ishijama, Lago Biwa, Japón e Iztapalapa, Mex

Peter Wilderer, Pollution and purification of stormwater runoff (2009)

Pretratamiento en pozos de infiltración



3. filtración, adsorción e intercambio iónico