

# Viabilidad Económica en PTARs

Leodegario López  
May 29, 2019



# Viabilidad económica

## Diseño de una PTAR implica 9 etapas básicas

1. Estudios básicos
2. Ingeniería conceptual
3. Ingeniería básica
4. Financiamiento
5. Ingeniería de detalle
6. Construcción civil, montaje de equipos de procesos e instalaciones
7. Arranque del sistema de tratamiento
8. Operación y alcance de respuesta permanente del sistema
9. Operación permanente y Gestión Biológica

# Viabilidad Económica

## Generación de ganancias

- |                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. Costo por kW (\$/kWh)   | Recibos CFE / MEM                |
| 2. Ahorros en electricidad | Consumo específico de energía    |
| 3. Ahorros en combustibles | Cogeneración (kWht)              |
| 4. Tratamiento de residuos | Codigestión (Sustrato adicional) |

## Parámetros financieros

1. Capital privado
2. Apoyo o subvención
3. Préstamo bancario
4. Tasa de interés
5. Período de amortización
6. Tasa impositiva
7. % TIR Mín. (ej. 12%)

# Viabilidad Económica

## Generación de ganancias

### 1. Costo por kW (\$/kWh)

- Reportarlo de manera correcta el costo (histórico anual)
- Costos incorrectamente reportados de energía por kWh → Viabilidad ↓
- Nunca basarnos en la página de CFE
- No basarnos en otras PTAR, sino en el de cada planta en específico
- Diferencia de centavos por kWh determinan un proyecto (Ej. 1.9 a 2,20 \$/kWh)
- Modelos muy sensibles al costo de la electricidad

### 2. Ahorros en electricidad

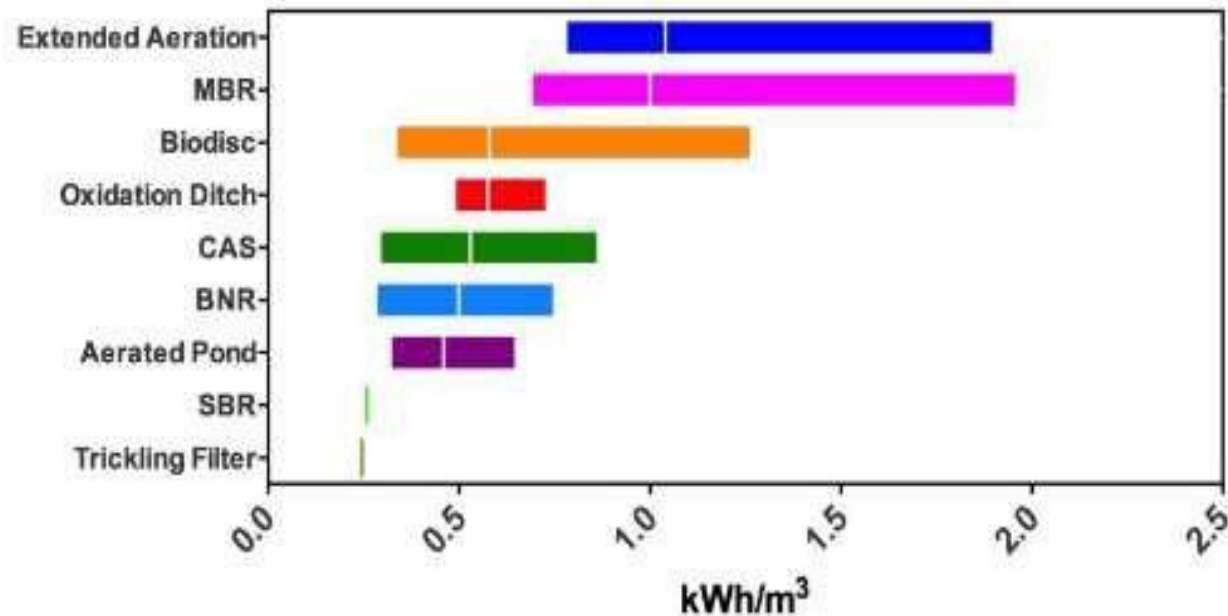
- Se considera al promedio anual del precio a que CFE cobra la energía (recibo) (Caso de sustituir menos del 100% de consumo eléctrico).
- Como excedente eléctrico se puede considerar al precio del nodo (CFE) ó
- Lo tome el Suministrador
- Generación distribuida

# Viabilidad Económica

## Generación de ganancias

Consumo Específico de Energía (kWh/m<sup>3</sup>)

- Asegurarse que el Consumo Específico de Energía (CEE) sea correcto, ej.: revisar los casos en que los rangos están muy por debajo de lo reportado en literatura)



# Viabilidad Económica

## Generación de ganancias

3. Ahorros de Combustible (kWth)
  - Energía excedente del motor de cogeneración equivalente a la de generación eléctrica (ej. Energía total  $\sim$  50% potencia eléctrica, 50% potencia térmica)
  - Usar el excedente para ahorros en otros rubros:
    - Secado de lodos
    - Evaporación de fracción líquida del digestato (Digestor Anaerobio)
    - Demanda térmica del DA (Default)

Cogeneración : Para la CRE Cogeneración sólo cuenta como tal si se usa el calor para generar energía eléctrica. Por lo tanto no es necesario declarar como cogeneración un proyecto en dónde se use la energía térmica para procesos sin generación eléctrica adicional.

# Viabilidad Económica

## Generación de ganancias

4. Tratamiento de Residuos (kWth)
  - Aumento de generación eléctrica mediante uso de residuos orgánicos adicionales
  - Cobro por el tratamiento de residuos a industrias (Con una tasa atractiva de descuento ej. -20%)
  - Residuos orgánicos limpios (ej. industrias cercanas, supermercados (productos cáducos), mercados municipales).
  - En US existen **78 plantas** en operación con co-digestión exitosa (2018)

# Viabilidad Económica

## Parámetros Financieros

Dos opciones:

1. Inversión privada al 100%
2. Esquema público-privado (APP, PPI, Concesión, etc.)

Por esquema APP

- 20% Capital propio (Inversionista privado)
- De 1 a 50% de apoyo (Fondo ganado FONADIN)
- 30% a 80% banca privada (Fondos de capital para proyectos en ER, BEI, CAF, kfW, etc.)



# Viabilidad Económica

## Parámetros Financieros

Dos opciones:

1. Inversión privada al 100%
2. Esquema público-privado (APP, PPI, Concesión, etc.)

Por esquema APP

- 20% Capital propio (Inversionista privado)
- De 1 a 50% de apoyo (Fondo ganado FONADIN)
- 30% a 80% banca privada (Fondos de capital para proyectos en ER, BEI, CAF, kfW, etc.)

# Viabilidad Económica

## Parámetros Financieros

### Tasas de interés

1. Nominal en pesos un 10 a 12%
2. Tasa 0% en divisa extranjera → Riesgo cambiario!!
3. Préstamo en pesos mexicanos

### Por esquema APP

- 20% Capital propio (Inversionista privado)
- Hasta el 50% (1 a 50% de apoyo)
- 30% a 80% banca privada (Fondos de capital para proyectos en ER, BEI, CAF, kfW, etc.)
- Plurianualidad en el pago de servicio

# Viabilidad Económica

## CAPEX – Costos de inversión

1. Montos de inversión en infraestructura y equipos
  - Costos de materiales del reactor o bio-digestor
  - Costos de mano de obra
  - Equipo de proceso (Intercambiadores de calor, bombas, válvulas)
  - Motor de cogeneración / Turbina
  - Membrana de captura y almacenamiento / Campanas UASB
  - Sistema de control (SCADA, tableros, etc.)
  - Tuberías (acero al carbono, inoxidable, etc.)
  - Acondicionamiento y limpieza de biogás (Condensador, antorcha, etc.)
  - Equipos de agitación (jet mixers, eje con hélices, etc.)
  - Instalación eléctrica (Montaje de cables, conexiones, etc.)
  - Inversión total ( $\Sigma$  Montos de inversión)

# Viabilidad Económica

## CAPEX – Costos de inversión

### 2. Montos de inversión en Ingeniería

- Ingeniería de detalle (Diseño y control de proceso, planos, etc.)
- Gestión de administración del proyecto (Construcción)
- Gestión biológica (Entrenamiento de personal y análisis)
- Pruebas de funcionalidad y estanqueidad
- Arranque de planta
- Inversión total en Ingeniería ( $\Sigma$  Montos de inversión)

### 3. Costos de contingencia ( 3 a 5%)

$$\Sigma : 1 + 2 + 3 = \text{CAPEX} \quad \rightarrow \quad \text{Costo promedio} = \frac{\text{CAPEX } (\$)}{\text{Cap.Instalada (kW)}}$$

# Viabilidad Económica

## OPEX – Costos de inversión

1. OPEX (Costos de operación y mantenimiento)
  - Costos fijos (Personal, Seguridad social, Overheads, etc.)
  - Costos variables
    - Seguros
    - Consumo eléctrico
    - Reparaciones y mantenimiento (Infraestructura, equipo, boiler, motor CHP, etc.)
    - Post-tratamiento de digestato
    - Retiro y envío a relleno sanitario
    - Análisis de laboratorio (Lodo y digestato)
    - Control de proceso (Polímero, aditivos, nutrientes, etc.)
    - Costos contingentes (3 a 5%)

Costos operativo totales ( $\Sigma$  COF + COV)

# Viabilidad Económica

## Análisis Económico

1. Análisis simple: Ganancias – Costos OPEX = Beneficio
2. Análisis operativo: Flujos de efectivo (Generalmente a 20 años)
3. Análisis financiero: Depreciación

- Activos (% depreciación)
- CAPEX, Equity
- CAPEX – Apoyo

### Deuda e interés

- Préstamo
- Amortización
- Pagos anuales e insolutos

### Flujos de Efectivo

- Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización (EBDITA)
- Flujos de caja de capital propio
- Valor presente de resultados anuales

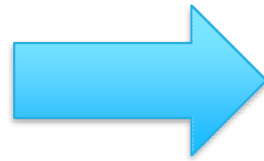
# Viabilidad Económica

## Análisis Económico

### Flujos de Efectivo

- Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaición y amortización (EBDITA)
- Flujos de caja de capital propio
- Valor presente de resultados anuales
- Flujo de caja acumulado

# Viabilidad económica





# Viabilidad económica

Q = 300 (l/s) + Co-digestión

Resumen de viabilidad económica		Escenario base
Parámetro	Unidad	Ahorro energía eléctrica
Potencial eléctrico total	kW	1,043
Potencial térmico (exportación)	kWt	892
CAPEX	US\$	\$ 2,758,061
OMEX	US\$/Año	\$ 367,868
Ingreso Neto Anual	US\$/Año	\$ 308,731
Retorno de inversión	Años	8.0
ROI (10 años)	%	18.4
<b>Fuente del Ingreso Total</b>		
Ahorro de electricidad	US\$	\$ 676,598.24
Ahorro en calor	US\$	\$ 0.00
<b>Resumen de Emisiones de GEI</b>		
Emisiones actuales por disposición en relleno sanitario	<i>tpyCO<sub>2e</sub></i>	8,609
Emisiones del tratamiento por DA y producción de electricidad	<i>tpyCO<sub>2e</sub></i>	1,465
Potencial de reducción de emisiones	<i>tpyCO<sub>2e</sub></i>	7,144

Fuente: Iniciativa Global de Metano, 2018

# Viabilidad económica

Q = 300 (l/s) + Co-digestión

Resumen de viabilidad económica		Escenario I	Escenario II
Parámetro	Unidad	Ahorro energía eléctrica	Ahorro de energía eléctrica y uso de calor
Potencial eléctrico total	kW	1,368	1,368
Potencial térmico (exportación)	kWt	1,040	1,040
CAPEX	US\$	\$ 3,791,458	\$ 4,785,583
OMEX	US\$/Año	\$ 510,721	\$ 608,117
Ingreso neto anual	US\$/Año	\$ 986,539	\$ 1,501,987
Retorno de inversión	Años	7.0	3.33
ROI (10 años)	%	17.0	38
Fuente del Ingreso Total			
Ahorro de electricidad	US\$	\$ 986,539	\$ 986,539
Ahorro en calor	US\$	\$ 0	\$ 515,448
Resumen de Emisiones de GEI			
Emisiones actuales en relleno sanitario	tpyCO <sub>2</sub> e	11,449	
Emisiones del tratamiento por DA	tpyCO <sub>2</sub> e	1,904	
Potencial de reducción de emisiones	tpyCO <sub>2</sub> e	9,545	

Fuente: Iniciativa Global de Metano, 2018

# Viabilidad económica

## Costos de inversión para reactores UASB

Dos criterios distintos para el cálculo de inversión (CAPEX):

- a. 100 a 120 (USD\*hab<sup>-1</sup>) plantas de tratamiento de tamaño mediano (15,000 a 20,000 hab.)
- b. Aprox. 20,000 a 25,000 (USD \* (l/s)<sup>-1</sup>) de influente.

Los costos no incluyen:

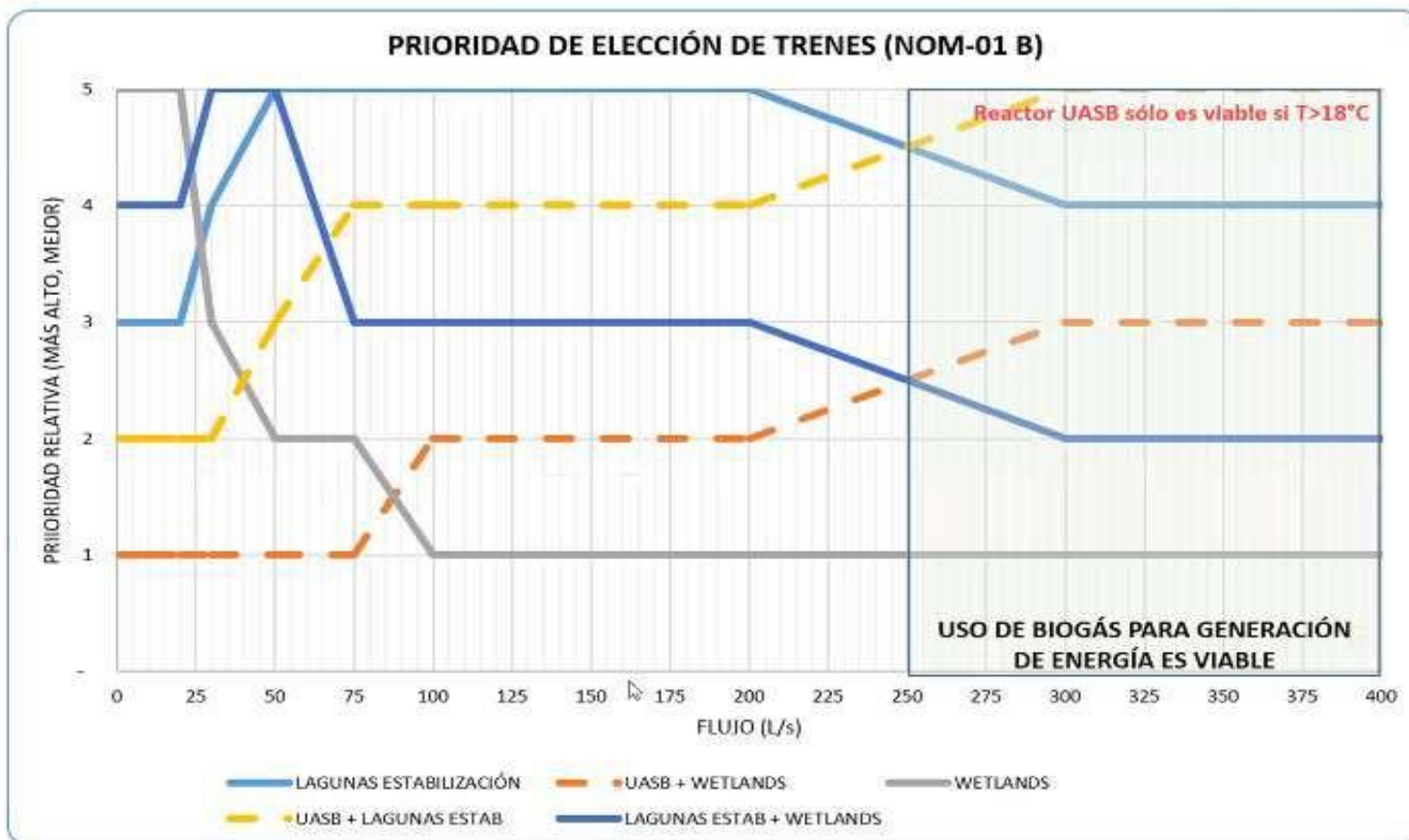
- 1) Terreno, licencias, seguros, o permisos, laboratorios, instalaciones para empleados, elementos de seguridad, equipos de laboratorios.
- 2) Costos de diseño, construcción y operación de las instalaciones del tren aerobio
- 3) Costos para bombear las aguas residuales crudas, efluente tratado
- 4) Costos de puesta en marcha
- 5) Costos de entrenamiento de operadores

Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX):

Fluctúan entre 1 a 1.5 (USD\*(hab\*año)) para plantas de tamaño medio

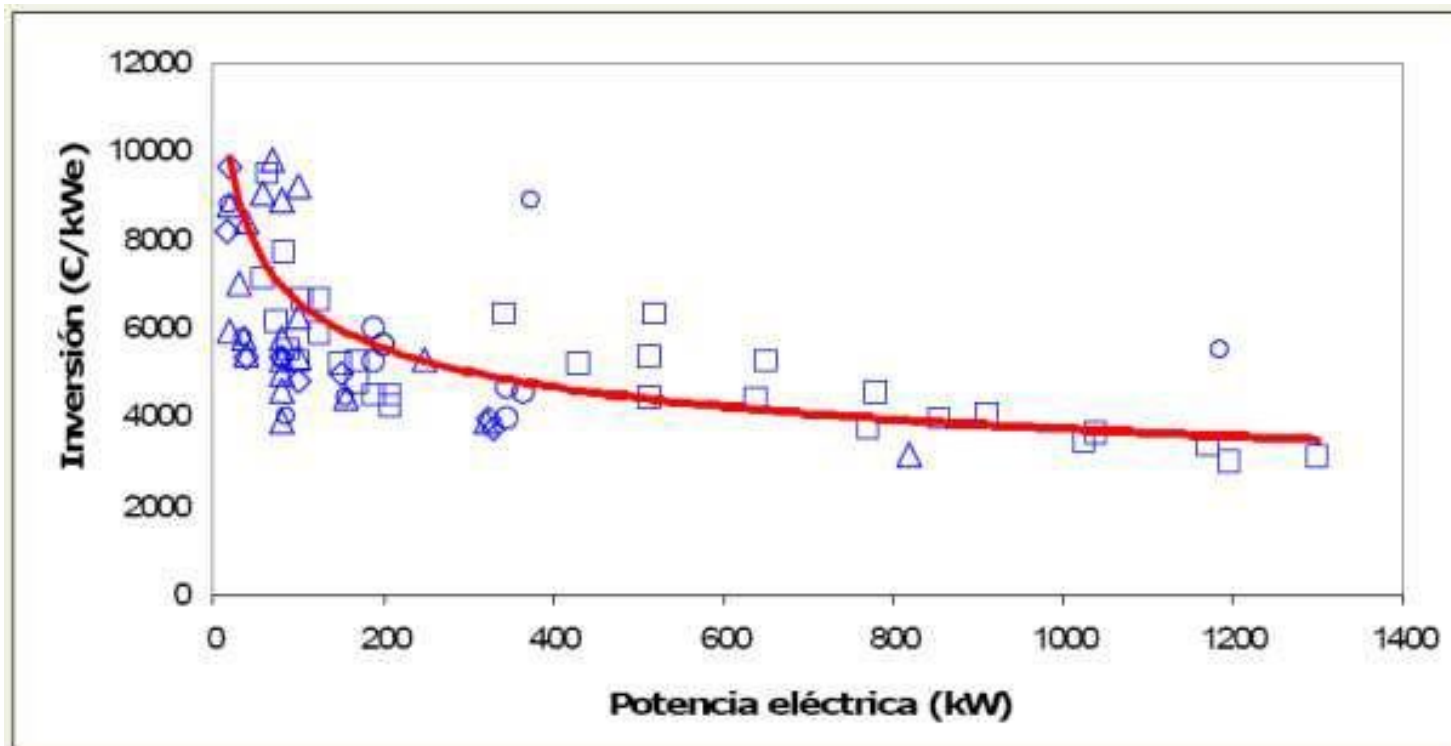
# Viabilidad económica

## NOM-001. DESCARGA A CUERPO RECEPTOR TIPO B. SIN LIMITACIÓN DE ÁREA



# Viabilidad económica

## Costos de inversión para biodigestores



# Viabilidad económica

## Tecnologías de combustión

Tecnología	Unidad	MCIA	Micro-Turbina	Turbina de gas	Stirling	Celdas de Combustible
Capacidad	(MW)	0.3 a 6	0.001 a 0.4	0.5 a 30	0.0250 a 0.055	0.1 a 3
Costo de Instalación	(USD/MW)	627,200	1,064,000	364,000	1,008,000	3,584,000
		1,080,800	1,512,000	812,000	1,792,000	4,480,000
Costo de O&M	(USD/MWh)	6.94	7.17	3.58	4.48	1.68
		17.92	13.44	8.96	7.17	13.78
Eficiencia (sobre PCI)	%	30 a 42	14 a 30	21 a 40	30	26 a 50

Fuente: Universidad de Zaragoza, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, CIRCE 2010

# Viabilidad económica

Carga orgánica de 200 a 5,000 (mgDBO<sub>5</sub>/l) Trat. Aerobio

## Supuestos de tratamiento Aeróbio

Parámetro	Unidad	Magnitud				
Carga del influente	(mgDBO <sub>5</sub> /l)	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1,000</b>	<b>2,500</b>	<b>5,000</b>
Vol. tanque de aereación	(m <sup>3</sup> )	833	2,120	4,164	10,599	21,198
Cap. de aereación	(hp)	40	100	200	500	1,000
Vol. digestor de lodos (aerobio)	(m <sup>3</sup> )	568	1,590	3,331	8,328	17,034
Aereación del digestor	(hp)	15	35	70	175	350

Fuente: "Aerobic vs Anaerobic Treatment" Eckenfelder *et al.*

# Conclusiones

## Recomendaciones:

- Promover reactores o digestores de captura de metano en las 62 plantas con mayor capacidad en México
- Promover proyectos de generación eléctrica en dónde ya existan biodigestores o reactores anaerobios sub-utilizados
- Seleccionar las plantas con mejor potencial, a partir de 200 (l/s)

Si no es posible alcanzar este caudal:

- Promover la co-digestión en plantas  $Q < 200$  (l/s). (Y también aumentar la viabilidad económica en aquellas  $Q \geq 200$  (l/s)).
- La limitante NO ES TECNOLÓGICA, faltan esquemas de cooperación público-privado



# Conclusiones

## Recomendaciones:

### Dimensión política

- Trabajar con las autoridades federales los términos de los contratos en dónde se definan las condiciones en las que tanto el inversionista privado obtenga una ganancia aceptable así como el municipio
- Fomentar esquemas ganar-ganar en dónde el municipio además de pagar por un servicio a menor costo por el tratamiento de sus aguas residuales, obtenga un precio preferencial en la energía eléctrica
- Privilegiar grupos de trabajo para mejorar la COMUNICACIÓN
- Privilegiar el beneficio y la dimensión social

Monica Shimamura

Mark Oven

Rogelio Avendaño

Leodegario Lopez

GMI - Tetra Tech Inc.

[Shimamura.Monica@epa.gov](mailto:Shimamura.Monica@epa.gov)

[Mark.Oven@tetrattech.com](mailto:Mark.Oven@tetrattech.com)

[Rogelio.Averduzco@tetrattech.com](mailto:Rogelio.Averduzco@tetrattech.com)

[Leodegario.Lopez@gmail.com](mailto:Leodegario.Lopez@gmail.com)

**¡Gracias!**