



MODELO MEXICANO DE BIOGAS

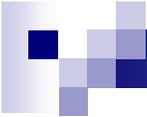


ANTECEDENTES



Antecedentes

- Durante el segundo proyecto de Residuos Sólidos (1995-2000), se puso en evidencia un incremento en la cobertura de disposición final en rellenos sanitarios, potenciales generadores de biogas.
- Estudio de prefactibilidad de Aprovechamiento de Biogás, como uso alternativo de energía
- México carecía de un modelo para la estimación de metano y se usa el modelo de EPA
- El estudio determinó la factibilidad en 6 Ciudades (Monterrey, Nuevo León, León Guanajuato, Tijuana, Baja California, Guadalajara, Jalisco, Ciudad Juárez, Chihuahua y Naucalpan.
- SEDESOL inició gestiones ante la Agencia de los E.U. para el Desarrollo Internacional para contar con un modelo mexicano que incluyera las constantes k (índice de generación de metano) y L_0 (generación potencial de metano).



¿Por que se tiene tanto interés en el Biogás?

- El Metano es un gas potente que atrapa el calor.
- Los Rellenos sanitarios son las fuentes antropogénicas de metano más grandes.
- Existen muchas opciones efectivas para generar energía, y reducir emisiones de metano a la vez.
- Existen proyectos que reducen la contaminación del aire local.
- Estos proyectos crean trabajo, ganancias y ahorros.



Biogás y Energía Verde

- Los Proyectos de Biogás-Energía están reconocidos como fuentes de energía renovable.
- Los Proyectos de Biogás-Energía generan las 24 hr/7días y están disponibles 95% del tiempo.
- Sirven como base renovable para muchos proyectos de energía verde.
- El Proyecto de Biogás-Energía es uno de los recursos disponibles renovables más competitivos.
- Proyectos de Biogás-Energía pueden ayudar en caso de que los precios de los combustibles fósiles se incrementen inesperadamente.

Tipos de Proyectos

Uso Directo del Biogás

- Los proyectos de uso directo cada vez son más populares
 - Calentadores - reemplazando gas natural, carbón, combustible derivados del petróleo
 - Combinación de Calor y Energía (CHP)
 - Térmico Directo (Secadoras, Hornos)
 - Inyección a gasoductos de Gas Natural
 - Btu Medio y Alto
 - Invernaderos
 - Evaporación de Lixiviado
 - Combustible Vehicular (NGL)
 - Estudios de Artistas
 - Acuicultura (cultivo de peces)



Invernadero en Burlington, NJ



Taller de Cerámica en
Sugar Grove, NC



Calentador en Ft. Wayne, IN



RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL DESARROLLO DEL MODELO MEXICANO DE BIOGAS



Recopilación de datos de los sitios de disposición final en México

Datos requeridos

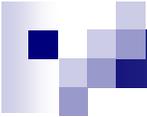
- Datos representativos de las diferentes regiones del país:**
 - Clima (precipitación tiene una gran influencia en la generación de biogás)**
 - Composición de residuos recibidos en los sitios de disposición final**
 - Para sitios con sistema de recolección de biogás, se necesitaron datos de flujo y contenido de metano del biogás**



Recopilación de datos de los sitios de disposición final en México

Datos recolectados

- **Clima y composición de residuos de 31 municipalidades localizadas en 4 diferentes regiones de México:**
 - **Region Central**
 - **Region del Sur**
 - **Region del Norte**
 - **Region Norte Fronteriza**



Recopilación de datos de los sitios de disposición final en México

Resumen de Datos

- **14 Areas en la Región Centro:**
 - - Precipitación anual: 53 – 205 cm
 - - Temperatura promedio: 12 – 25 °C
 - Se generan de 8 – 11,677 Ton/día de residuos

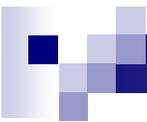
- **11 Areas en la Región Fronteriza Norte:**
 - - Precipitación anual: 10 – 104 cm
 - - Temperatura promedio: 16 – 24 °C
 - - Se generan de 3 – 458 Ton/día de residuos



Recopilación de datos de los sitios de disposición final en México

Características de los Residuos* Resumen de Datos

- **Degradación Rápida** (comida, residuos verdes, animales muertos, lodos, pañales, etc.) = 47.5%
 - **Degradación Mediana** (papel) = 19.6%
 - **Degradación Baja** (madera, textiles, piel) = 5.8%
 - **Inorgánicos** (plásticos, vidrio, metales, construcción y demolición) = 27.0%
- *Composición de residuos promedio ponderada de 31 ciudades ubicadas en todo México.**



Recopilación de datos de los sitios de disposición final en México

Datos de Flujo de Biogás de 2 Rellenos Sanitarios con Sistema de Recolección

- Prados de la Montaña en la Ciudad de México**
- SIMEPRODESO en Monterrey, N. L.**



MODELO MEXICANO DE BIOGAS VISION GENERAL

$$Q = 2kLoM(e^{-kt})$$

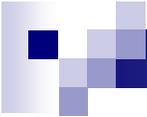
donde Q es la generación en metros cúbicos por año

k= índice de generación de metano (1/año)

Lo = Generación potencial de metano en metros
cúbicos/tonelada

M es la masa de Residuos Sólidos (ton)

t es la edad de los residuos dispuestos en el año (años)



MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

Desarrollo de los valores de “L₀”

- En un principio se tomó el valor estimado por la U.S. EPA $L_0 = 100 \text{ m}^3/\text{Ton}$ para residuos en los Estados Unidos
- Para obtener el valor L_0 para México, se realizó un ajuste, tomando en cuenta las diferencias entre el contenido orgánico y humedad en los residuos de México y Estados Unidos.

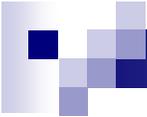


MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

El valor de “ L_0 ” de E.U. vs México

- Paso 1: Ajuste por diferencias entre E.U. y México en el porcentaje orgánico de los residuos dispuestos
 - El promedio en E.U. es aproximadamente 68%.
 - Los datos en México muestran que el promedio es aproximadamente 73%.
 - El L_0 de México necesita ser incrementado 7% debido a las diferencias en contenido orgánico el valor resultante es **107 m³/Ton**



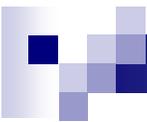
MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

El valor de “ L_0 ” de E.U. vs México

- **Paso 2: Ajuste por diferencias en contenido de humedad, ya que el agua es inerte (y se incluye en los índices de disposición):**
 - En E.U.: aproximadamente 80% sólidos/20% de humedad
 - En México: aproximadamente 63% sólidos /37% humedad*
 - El L_0 de México necesita ser disminuido 22 % para considerar el contenido de humedad en los residuos, el valor resultante es 84 m³/Ton

* Basado en datos de composición de residuos y contenidos de humedad típicos



MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

El valor de “ L_0 ” de E.U. vs México

- **Paso 3: Desarrollo de la relación L_0 vs. precipitación**
 - El L_0 de México de $84 \text{ m}^3/\text{Ton}$ se logra en rellenos sanitarios que tienen la humedad adecuada.
 - Según datos en E.U. se ha encontrado que el valor de L_0 no se alcanza en sitios donde la precipitación es menor a $400 - 500 \text{ mm/año}$.
 - Basado en estos datos, la disminución del valor de L_0 está cerca de $1 \text{ m}^3/\text{Ton}$ por mm de disminución en precipitación.

MODELO MEXICANO DE BIOGAS

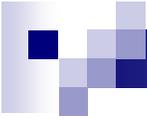
VISION GENERAL

El valor de “ L_0 ” de E.U. vs México

■ Paso 3 (continuación)

- Usando la disminución estimada de L_0 en E.U para establecer la relación precipitación vs. L_0 para México obtenemos:

Precipitación Annual (mm/año)	L_0 (metros cúbicos por Mg)
0 – 249	60
250 – 499	80
por lo menos 500	84

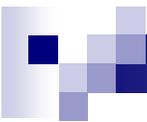


MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

Desarrollo del valor de “k”

- El valor de k también varía con la precipitación (humedad) y la composición de los residuos, pero de manera diferente a L_0 :
 - **Precipitación** – k se incrementa con precipitación >400-500 mm/año. Se estima que k sólo alcanza el máximo en condiciones muy húmedas.
 - **Composición de Residuos** – No es una relación lineal con respecto al contenido orgánico (seco). Para obtener índices de degradación total, se necesita evaluar el impacto de la mezcla de las diferentes fracciones en residuos orgánicos (degradación rápida, media y lenta).

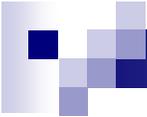


MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

Desarrollo del valor de "k"

- **Conclusión:** A diferencia de L_0 , el valor de k no puede ser estimado con una simple comparación de los residuos de México vs U.S.
- **Se necesita calibrar el modelo usando datos de rellenos sanitarios con datos actuales de recuperación. Se utilizaron datos de los rellenos sanitarios de Prados de la Montaña y SIMEPRODESO**
 - **Se corrió el modelo usando el valor L_0 (84 m³/Ton) de México.**
 - **Se ajustó la k hasta que la recuperación proyectada de biogás fuera igual a la recuperación actual**

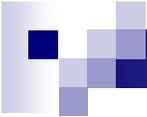


MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

Desarrollo del valor de "k"

- **Resultados de la calibración de k en el modelo:**
 - SIMEPRODESO (precipitación = 605 mm/año)
k = 0.072/año.
 - Prados de la Montana (precipitación = 705 mm/año) k = 0.059/año
 - Promedios: precipitación = 655 mm/año y 705mm/año
k = 0.0655/año.



MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

Desarrollo del valor de “k”

- **Establecer la relación precipitación vs k para México:**
 - De los resultados de la calibración de k, asignar una k de 0.065/año a sitios con precipitación anual entre 500 – 999 mm
 - Usando la relación observada en los E.U., se encontraron los valores de k correspondientes a la precipitación anual de 0 – 249 mm, 250 a 499 mm, y <1,000 mm



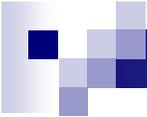
MODELO MEXICANO DE BIOGAS

VISION GENERAL

Desarrollo del valor de “k”

■ Resultados:

Precipitación Anual (mm/año)	k (por año)
0 – 249	0.04
250 – 499	0.05
500 – 999	0.065
por lo menos 1000	0.08



MODELO MEXICANO DE BIOGAS

Aplicación del Modelo

- **El Modelo requiere de la alimentación de los datos siguientes:**
 - Año de apertura del relleno sanitario
 - Indices de disposición por año
 - Los Indices de disposición deberán ser ajustados si estos incluyen gran cantidad de residuos atipicos.
 - Precipitación promedio anual
 - Al alimentar este valor, el modelo establecerá los valores de k y L_0 usando las relaciones antes mencionadas
 - Eficiencia del sistema de recolección



MODELO MEXICANO DE BIOGAS

Estimación de la Eficiencia del Sistema de Recolección

- “Típica” se ha determinado con base en observaciones de campo, que las eficiencias alcanzables en sitios mexicanos modernos son similares a las de E.U.
- La U.S. EPA estima que sitios en E.U. con un sistema bien diseñado tienen una eficiencia promedio de 75%.
- Se recomienda que se tome como base 75% y se ajuste de acuerdo con las condiciones del sitio. Para mayores detalles ver el Manual para el Usuario.



MODELO MEXICANO DE BIOGAS

MODELO MEXICANO DE BIOGAS

Hoja de alimentación

<u>MODELO MEXICANO DE BIOGAS</u>		
<u>PARAMETROS</u>		
PROYECCIONES DE GENERACION Y RECUPERACION DE BIOGAS		
NOMBRE DEL RELLENO SANITARIO, CIUDAD Y ESTADO		
Año de Apertura:	1991	
Precipitación Promedio Anual:	350	mm/año
Contenido de Metano en el Biogás:	50%	
Indice de Generación de Metano (k):	0.05	1/año
Generación Potencial de Metano (L ₀):	80	m ³ /ton
L ₀ equivalente en unidades inglesas:	2560	ft ³ /ton

MODELO MEXICANO DE BIOGAS

Hoja de alimentación (cont)

Año	<u>Toneladas</u> <u>Dispuestas</u> <u>(ton/año)</u>	<u>Toneladas</u> <u>Acumuladas</u> <u>(ton)</u>	<u>Eficiencia del</u> <u>Sistema de</u> <u>Recolección</u>	<u>Recuperación</u> <u>Actual</u> <u>(m3/hr)</u>
	1991	50,000	50,000	0%
1992	50,000	100,000	0%	
1993	50,000	150,000	0%	
1994	50,000	200,000	0%	
1995	50,000	250,000	0%	
1996	50,000	300,000	0%	
1997	50,000	350,000	0%	
1998	50,000	400,000	0%	
1999	50,000	450,000	0%	
2000	50,000	500,000	0%	
2001	50,000	550,000	60%	
2002	50,000	600,000	60%	
2003	50,000	650,000	60%	230
2004	50,000	700,000	60%	230
2005	50,000	750,000	60%	

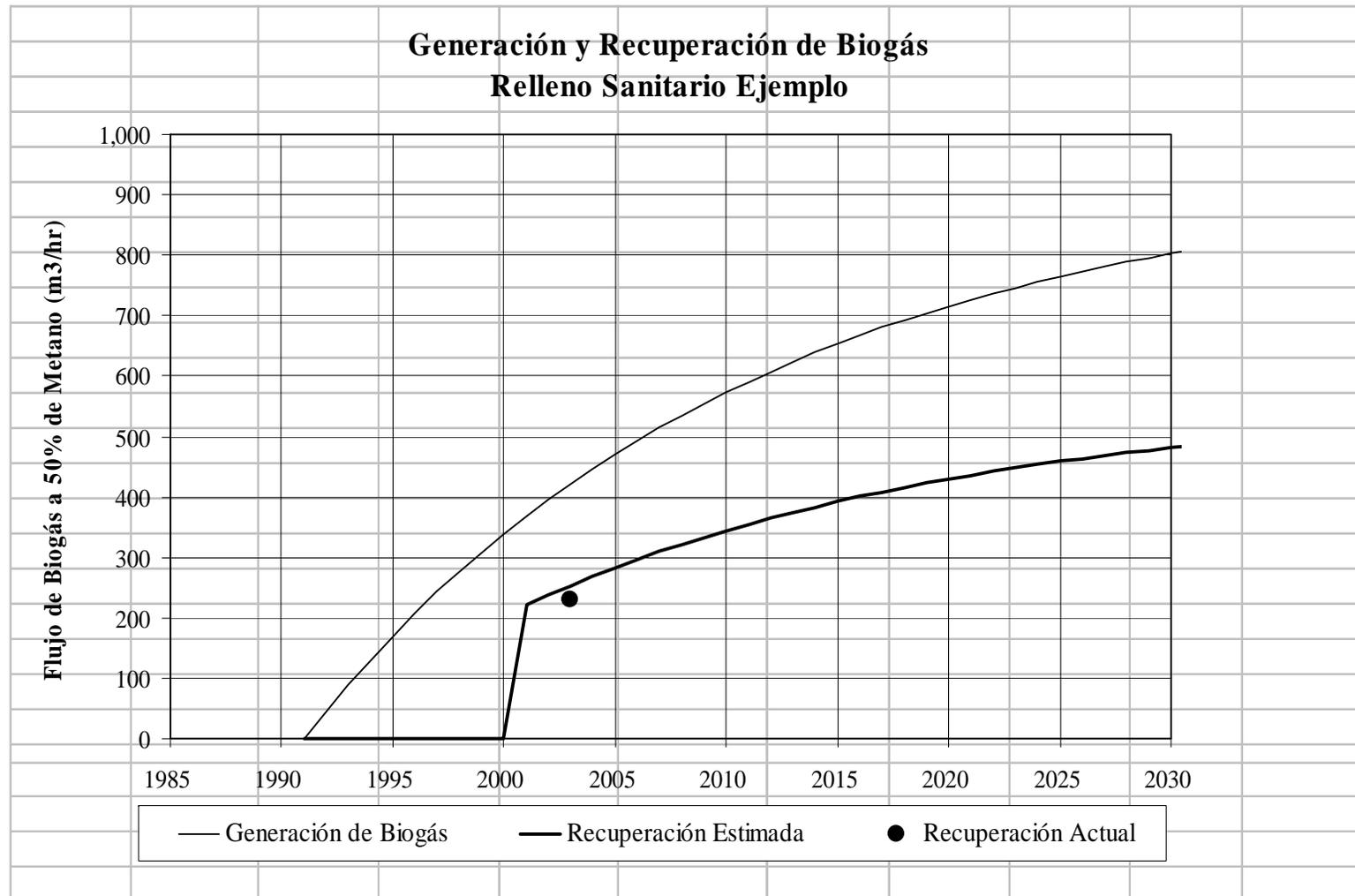
MODELO MEXICANO DE BIOGAS

Resultados-Tabla

Disposal Rate (Tonnes/yr)	Indice de Disposición (Ton/año)	Generación de Biogás			Eficiencia del Sistema de Recolección	Recuperación de Biogás del Sistema Existente/Planeado		
		(m ³ /min)	(m ³ /hr)	(G J/año)	(%)	(m ³ /min)	(m ³ /hr)	(G J/yr)
50,000	50,000	0.0	0	0	0%	0.0	0	0
50,000	100,000	1.0	62	9,753	0%	0.0	0	0
50,000	150,000	2.0	121	18,891	0%	0.0	0	0
50,000	200,000	2.9	175	27,455	0%	0.0	0	0
50,000	250,000	3.8	227	35,480	0%	0.0	0	0
50,000	300,000	4.6	275	43,000	0%	0.0	0	0
50,000	350,000	5.3	320	50,046	0%	0.0	0	0
50,000	400,000	6.0	362	56,649	0%	0.0	0	0
50,000	450,000	6.7	401	62,837	0%	0.0	0	0
50,000	500,000	7.3	438	68,635	0%	0.0	0	0
50,000	550,000	7.9	473	74,068	60%	4.7	284	44,441
50,000	600,000	8.4	506	79,159	60%	5.1	303	47,496
50,000	650,000	8.9	536	83,930	60%	5.4	322	50,358
50,000	700,000	9.4	565	88,401	60%	5.6	339	53,041
50,000	750,000	9.9	592	92,590	60%	5.9	355	55,554

MODELO MEXICANO DE BIOGAS

Resultados - Gráfica





GUSTAVO ROSILES CASTRO
Director de Infraestructura Urbana
Básica

=SEDESOL=

Cd. de México, D. F.

Tel: 5080-0940

Ext. 57103

grosiles@sedesol.gob.mx

GRACIAS POR SU ATENCION