



Methane to Markets

***Entrenamiento del Modelo Colombiano de Biogás
para Rellenos Sanitarios***

**Alex Stege
José Luis Dávila
SCS Engineers**

Medellín, Colombia
14 de Septiembre, 2010

Generación y Recuperación de Biogás para Rellenos Sanitarios

- Generación de Biogás =
recuperación + emisiones + oxidación +
 Δ almacenaje
- Recuperación de Biogás = generación x eficiencia de captura
- El modelo Colombiano de Biogas para Rellenos Sanitarios estima generación, recuperación y créditos de reducción de emisiones (CERs)
 - EL modelo no estima emisiones o oxidación
- El modelo estima CERs = recuperación – la recuperación línea base
 - Nota: Las metodologías actuales del MDL requieren un modelo de la IPCC para estimar CERs para los PDDs
 - ¿Cual es el uso a futuro del modelo Colombiano de biogas para los PDDs?

Landfill Gas Generation Equation

$$Q_{LFG} = \sum_{t=1} \sum_{j=0.1} 2 \cdot k \cdot L_0 \left[\frac{M_i}{10} \right] (e^{-kt_{ij}}) (MCF) (F)$$

Donde:

- Q_{LFG} = Generación del flujo de biogas máximo esperado (m³/año)
- $i = 1$ incremento del año
- $n = (\text{año de calculo}) - (\text{año inicial de aceptación de los residuos})$
- $j = 0.1$ incremento del año
- $k = \text{índice de generación de metano (1/ año)}$
- $L_0 = \text{capacidad de generación potencial de metano (m}^3\text{/Mg)}$
- $M_i = \text{La masa de residuos sólidos dispuestos en el año } i \text{ (Mg)}$
- $T_{ij} = \text{Edad de la masa de los residuos en el } j \text{ depositados en el año } i \text{ (años en decimal)}$
- $MCF = \text{Factor de corrección de metano}$
- $F = \text{Factor de ajuste por fuegos}$

Estimación de la Deposición de Residuos

- **El modelo utiliza toneladas anuales (Mg)**
 - Calcula la generación de biogás para cada año de disposición en incrementos de 0.1 por año
- **Información mínima de la disposición de residuos**
 - Año de apertura y cierre
 - Se requiere por lo menos 1 año de disposición
 - Índice de crecimiento estimado
- **Información adicional de la disposición de residuos**
 - Utilizar los tonelajes registrados en la bascula
 - Estimaciones de volumen requieren la densidad para su conversión
 - Residuos dispuestos en el sitio y capacidad del sitio
 - Escribir sobre los cálculos del modelo únicamente si se cuenta con información real para los respectivos años

Año	Disposición de Residuos Estimada (Toneladas Métricas)	Toneladas Métricas Acumuladas
2001	67,600	67,600
2002	68,280	135,880
2003	68,960	204,840
2004	69,650	274,490
2005	70,350	344,840
2006	71,050	415,890
2007	71,760	487,650
2008	72,480	560,130
2009	80,000	640,130
2010	80,800	720,930
2011	81,610	802,540
2012	82,430	884,970
2013	83,250	968,220
2014	84,080	1,052,300
2015	84,920	1,137,220
2016	85,770	1,222,990
2017	86,630	1,309,620
2018	87,500	1,397,120
2019	0	1,397,120

Caracterización de los Residuos

- **Alto % de residuos alimenticios = el índice de descomposición de los residuos varía conforme pasa el tiempo**
 - Requiere de cálculos por separado para los diferentes tipos de residuos orgánicos
 - El modelo suma los cálculos para estimar la generación total de biogás de todas las fracciones de los residuos
- **Grupos de Residuos Orgánico:**
 1. Descomposición rápida – residuo alimenticio, otros tipos de residuos orgánico, 20% de pañales
 2. Descomposición mediana – residuo de jardinería (residuos vegetal), papel del higiénico
 3. Descomposición media baja – papel y cartón, textiles
 4. Descomposición lenta – madera, plástico, piel, huesos, paja
- **El modelo asigna la caracterización de los residuos por departamento**
 - El usuario puede introducir información específica de la caracterización de los residuos
- **La caracterización de los residuos determina el los %s y valores de L_0 para cada tipo de residuo**

Valores de k y Lo del Modelo

- **Calcular los valores de Lo para los 4 tipos de residuo orgánico**

(Lo esta en función del % de los residuos orgánicos degradables en la basura y varía por departamento basado en la mezcla de los residuos)

 1. Calcular los valores de L_0 para cada tipo de residuo (papel, etc.) según la metodología de la IPCC:
$$L_0 = \text{DOC} \times \text{DOC}_F \times F \times 16/12 \times 0.0007168 \times \text{MCF} \times F$$
 2. Calcular los valores de L_0 para cada grupo de residuos (descomposición rápida, etc.) y departamento basándose en el % del tipo de residuo de cada grupo (hacer ajustes a los residuos vegetales en base al contenido de humedad)
- **Estimar los valores de k para los 4 grupos y 5 regiones geográficas**

(k varia según el grupo de residuos basado en el índice de descomposición y varia según la precipitación)

 1. Asignar muy mojado (si la precipitación es >2000 mm/año) para los valores de k basados en la IPCC para climas mojados tropicales
 2. Asignar los valores de k para las otras regiones basándose en la declinación de la precipitación (no valores de k de la IPCC para otros climas)

Valores de k y L₀ para el Modelo Colombiano

Valores de k (1/año):

Categoría de Residuo	Clima				
	Muy Húmedo	Húmedo	Moderadamente Húmedo	Moderadamente Seco	Seco
1	0.400	0.340	0.260	0.180	0.100
2	0.170	0.150	0.120	0.090	0.050
3	0.070	0.060	0.048	0.360	0.020
4	0.035	0.030	0.024	0.180	0.010

Valores de L₀ (m³/Mg):

Categoría de Residuo	Rango de los valores de L ₀
1	70-71
2	93-134
3	135-186
4	200

Factor de Corrección de Metano y Factor de Ajuste por Incendios

- **MCF: Sitios poco profundos y/o sin control de la disposición de residuos, tendrán descomposición aerobia y menor generación de biogás**

Manejo del Sitio	Profundidad <5m	Profundidad >=5m
Sitios de disposición sin control	0.4	0.8
Rellenos Sanitario controlados	0.8	1.0
Rellenos Sanitarios Semi-Aerobia	0.4	0.5
Desconocido	0.4	0.8

- **Factor de Ajuste por Incendios: Incendio en los rellenos sanitarios consumen residuos y limitan la generación de biogás**
 - Ajuste a la baja en la generación de biogás para tomar en cuenta el % del relleno sanitario afectado y la gravedad del incendio

Ajustes para Determinar Eficiencia de Captura

Practicas de manejo del sitio:	Descontar un 15% si el sitio es/fue manejado sin control
Profundidad de los residuos:	Descuento progresivo si la profundidad es <10 m (5% por cada metro < 10m)
Cobertura del sistema de captura de la área de disposición:	Ajuste por factor de cobertura
Tipo y grado de recubrimiento con tierra:	Recubrimiento final = 90%; recubrimiento intermedio = 80%; recubrimiento diario = 75%; sin recubrimiento = 50%
Tipo y grado de recubrimiento inferior:	Descontar un 5% x el % de la área sin recubrimiento inferior
Compactación de los residuos:	Descontar un 3% si no hay compactación
Área enfocada de la extremidad:	Descontar un 5% si área enfocada de la extremidad
Lixiviado:	Descontar hasta un 30% dependiendo del clima y la frecuencia con que se acumula/escurre el lixiviado

Practica del Funcionamiento del Modelo

- **Relleno Sanitario #1: Relleno Sanitario Ficticio**
 - El modelo aplica los valores establecidos en base a las entradas mínimas
- **Relleno Sanitario #2: Relleno Sanitario El Guacal en Heliconias, Antioquia**
 - Datos anuales de tonelaje
 - Datos específicos de la caracterización de la basura
 - Antes de arrancar el sistema de captura ósea sin información de flujos de biogás
 - Eficiencia de captura asignada en base a las entradas del usuario
- **Relleno Sanitario #3: Relleno Sanitario Antanas, Pasto, Nariño**
 - Datos anuales de tonelaje tomados del PDD
 - Datos específicos de la caracterización de la basura
 - Información de flujos y visita al sitio para evaluar las condiciones del mismo
 - Comparación de la eficiencia de captura asignada a los flujos actuales y ajustar según sea necesario
 - Estimación de la explotación del sistema de captura