



## Methane to Markets

### Lección 1 – Introducción a la Capacitación en Operaciones en Rellenos Sanitarios



## Visión General del Curso

- **Lección 1 – Introducción**
- **Lección 2 – Fundamentos sobre Rellenos Sanitarios y Biogás**
  - Propósitos de los Rellenos Sanitarios
  - Recubrimiento inferior de los Rellenos Sanitarios
  - Coberturas finales de los Rellenos Sanitarios
  - Biogás o gas de relleno sanitario
- **Lección 3 – Operaciones en los Rellenos Sanitarios**
  - 3a – Administración del Frente de Trabajo
  - 3b – Equipo
  - 3c – Materiales de cobertura
  - 3e – Inspección de los residuos
  - 3f – Control de basura

## Visión General del Curso (continuación)

---

- **Lección 4 – Incendios en los rellenos sanitarios**
- **Lección 5 – Componentes del Sistema de Captura de Biogás**
- **Lección 6 – Seguridad y Salud Ocupacional**

3

## Objetivos del Curso

---

- Observar las operaciones actuales del relleno sanitario y hacer recomendaciones practicas para mejorar las operaciones
- Mejorar la recuperación de biogás futura del relleno sanitario para el desarrollo del proyecto
- Educar a los operadores sobre las practicas modernas en rellenos sanitarios

4

## Tabla de Conversiones

---

### DISTANCIA

- 1 centímetro = 0.3937 pulgadas
- 12 pulgada = 1 pie
- 1 pulgada = 2.54 centímetros
- 1 pie = 0.3048 metros
- 3 pies = 1 yardas
- 1760 pies = 1 millas
- 5280 pies = 1 millas
- 1 yarda = 0.9144 metros
- 1 metro = 3.28083 pies
- 1 kilómetro = 3281 pies
- 1 kilómetro = 0.6214 millas

### TEMPERATURA

$$F = (C * 9/5) + 32$$
$$C = (F - 32) * 5/9$$



## Methane to Markets

---

### *Lección 2: Fundamentos sobre los Rellenos Sanitarios y Biogás*



## El Relleno Sanitario

---

- Relleno Sanitario es un método de disposición de residuos sólidos en la tierra que no causa molestias ni peligros para la salud humana o el medio ambiente.

## Fundamentos sobre los Rellenos Sanitarios

---

- Protección de la Salud Humana y del Medio Ambiente
  - Mejor calidad del aire
  - Protección del agua subterránea
- Operaciones que afectan la generación del biogás
  - Compactación
  - Cobertura diaria
  - Control de los lixiviados

3

## Relleno Sanitario Moderno

---



4

## Recubrimientos Inferiores

---

- Los recubrimientos proporcionan contención de contaminantes.
- Disminuye la contaminación de las aguas subterráneas.
- Disminuye la migración de biogás.

5

## Recubrimientos de Arcilla

---

- Son fáciles de instalar.
- Usualmente se pueden conseguir fácilmente
- Generalmente de 60 cm de grueso.
- Compactado con capas de 15 cm.
- Tratar de lograr un permeabilidad de menos de  $10^{-6}$  cm/sec.

6

## Recubrimiento de Arcilla en un Relleno Sanitario

---



7

## Revestimientos Compuestos

---

- Utiliza el revestimiento de arcilla como la capa base.
- Adiciona una geo-membrana sobre la arcilla.
- Proporciona mayor protección al ambiente.

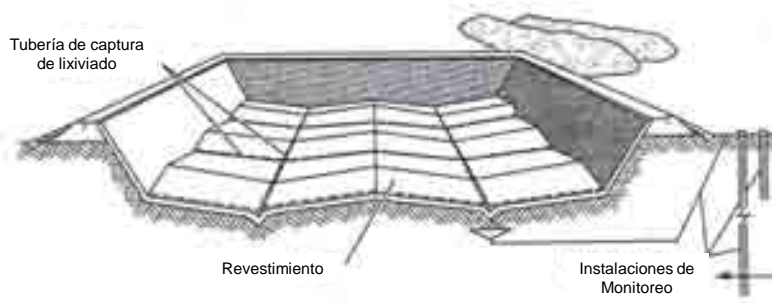
8

## Recubrimiento Compuesto en un Relleno Sanitario



9

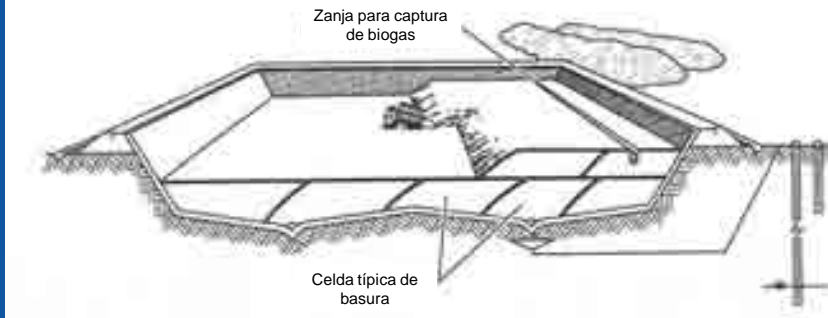
## Desarrollo de un Relleno Sanitario



10

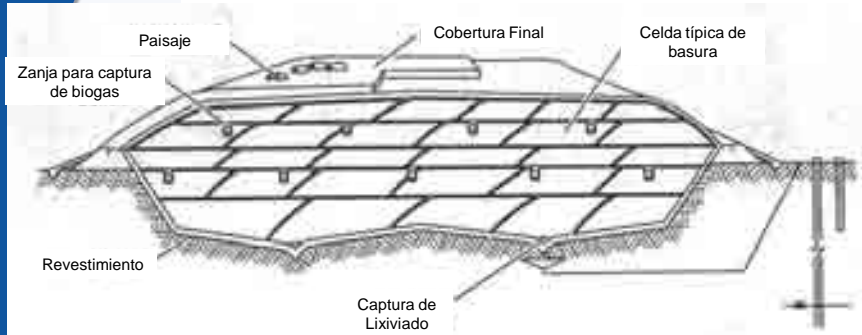


## Relleno Sanitario durante Operación



11

## Relleno Sanitario Terminado



12

## Cobertura Final

---

- Proporciona protección de la salud humana y del medio ambiente
- Proporciona barrera para la escurrimiento pluvial
- Proporciona protección contra incendios
- Reduce la infiltración de aguas de lluvia.
- Mejora la generación de biogás
- Mejora la capacidad de capturar el biogás
- Reduce los malos olores
- Proporciona control vectorial

13

## Componentes de la Cobertura Final

---

- Cobertura de Tierra Compactada
  - Material arcilloso con baja permeabilidad (60 cm.)
  - Capa de Suelo – tierra para sostener la vegetación (15 a 30 cm.)
- Geo-membrana
  - Se puede utilizar para reducir aun mas la infiltración.
  - Si se utiliza se debe colocar encima de la capa de arcilla.
  - Debe estar en contacto directo con la arcilla.

14

## Componentes de la Cobertura Final

---

- **Controles de Agua de Lluvia**
  - El objetivo principal es eliminar el agua de lluvia antes de que se convierta en lixiviado
  - Debe prevenir la erosión de la cubierta final
  - Bermas pueden utilizarse en cuestas empinadas
  - Escollera y gaviones puede ser utilizados en áreas de alta erosión
  - La cima del relleno sanitario debe tener pendiente para promover el escurrimiento (es decir, forma de cúpula)

15

## Mantenimiento de la Cobertura Final

---

- **Inspeccione mensualmente la cubierta**
  - Rellene la grietas con tierra
  - Repare la erosión
  - Corte la vegetación durante la temporada de crecimiento
  - Re-nivele zonas bajas para prevenir encharcamiento
  - Adicione una capa de tierra de 60 cm. de profundidad a las zonas donde se observe humo

16

## Biogás

---

- Se produce por la descomposición de los residuos sólidos
- La cantidad y composición dependen de las características de los residuos sólidos
- El aumento en la cantidad de materia orgánica equivale a un aumento en la generación de biogás
- Puede utilizarse para generar energía
- La producción de biogás se acaba cuando se termina la descomposición

17

## Biogás: Composición Típica

---

- Metano ( $\text{CH}_4$ )
  - 50% a 60%
- Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )
  - 40% a 50%
- Compuestos Orgánicos No-Metano (NMOCs)
  - Rastro
- Valor Calorífico
  - 500 Btu/ pies cúbico standard (scf)
- Contenido de Humedad
  - Saturado

18

## Metano (CH<sub>4</sub>)

---

- Incoloro
- Inodoro e Insípido
- Mas ligero que el aire
- Relativamente insoluble en agua
- Altamente explosivo
  - Limite Inferior de Explosividad = 5% en el aire
  - Limite Superior de Explosividad = 15% en el aire

19

## Biogás

---

- ¿Por qué metano es un gas de efecto invernadero?
  - El metano absorbe la radiación infrarroja terrestre (calor) que, de otro modo, escaparía al espacio (característica de GEI)
- El Metano es un GEI 20 veces mas potente por peso que el CO<sub>2</sub>
- En cualquier momento, el metano es mas abundante en la atmósfera ahora que en los últimos 400.000 años y 150% mas alto que en el año 1750.

20



# Methane to Markets

## *Lección 3A: Administración del Frente de Trabajo*



## Administración del Frente de Trabajo



## Administración del Frente de Trabajo



- El trabajo en equipo consiste en tener buena comunicación y entendimiento del rol que cada persona desempeña en el relleno sanitario.

©

## Área de Trabajo Controlada

Los coordinadores deben dirigir el tráfico hacia la zona de la plataforma de depósito para la descarga de residuos.



## Área de Trabajo Controlada

La comunicación entre los operadores y los coordinadores es esencial para un funcionamiento seguro y sin problemas.



13

## Área de Trabajo Controlada



Limitar el tráfico en la zona de depósito para permitir que las operaciones de descarga sean eficientes y seguras.

14



## Área de Trabajo Controlada

Separe los residuos por tipos para su correcta colocación - “buenos” y “malos” residuos.



## Área de Trabajo Controlada

Residuos “Buenos”

- Homogénea
- Fácil de manejar
- Representa poca amenaza para el equipo



## Área de Trabajo Controlada

Residuos "Buenos"



- Llega en camiones de basura y remolques de transferencia
- Se coloca en la parte externa y mas cerca de la superficie de la celda

9

## Área de Trabajo Controlada

Residuos "Malos"

- Voluminosos
- Difíciles de nivelar
- Usualmente no compactan bien



10

## Área de Trabajo Controlada

Residuos "Malos"

- Viene en volquetas y/o en camiones de particulares
- Debe colocarse hacia la parte inferior de la disposición



11

## Acceso al Frente de Trabajo

No se puede descargar la basura si no se llega al frente de trabajo!



12

## Acceso al Frente de Trabajo



- Las carreteras de acceso tienen que ser para todo tipo de clima
- Buen drenaje es la clave

13

## Acceso al Frente de Trabajo

- Las plataformas de deposito deben ser accesibles durante condiciones de lluvia.
- Mantenga el empuje de basura a las celdas lo mas breve posible.
- Tenga un plan de contingencia.



14

## Frente de Trabajo

Todo empieza en el área de disposición!



15

## Frente de Trabajo



- Los desechos son vertidos en el área de deposito-son luego ser empujados al frente que está abierto
- La plataforma de deposito puede ser hecha de grava, asfalto triturado, concreto, arcilla o material de relleno

16



## Frente de Trabajo



- Mantenga los vehículos fuera del frente trabajo, reduciendo daños y aumentando el tiempo de descarga
- Construya para acomodar varios vehículos a la vez y desviar el agua fuera del frente de trabajo

17

## Frente de Trabajo

- Los desechos son empujados por un buldózer hacia el frente de trabajo-entre mas cerca mejor!
- Dos tipos básicos de construcción de celdas -- construir desde arriba o desde el fondo



18

## Frente de Trabajo



Construir desde la parte inferior permite capas verticales o con pendiente

19

## Frente de Trabajo Construir desde el Fondo

- Empuje los residuos de la parte inferior del talud y empújelos por hacia el frente de trabajo hasta la parte superior
- Proporciona una mayor compactación cuando se utiliza equipo tipo topador (de cadenas)



20

## Frente de Trabajo Construir desde el Fondo



- Mas fácil de mantener
- Se elimina el efecto de “cascada” de la basura
- El equipo debe trabajar mas arduamente
- Toda la basura debe ser empujada cuesta arriba

21

## Frente de Trabajo Construir desde el Fondo Capas con Pendiente

- No hay necesidad de juzgar el tamaño inicial del área de la celda.
- Celdas cuadradas con esquinas y uniformes son mas fáciles de construir.



22



## Frente de Trabajo

### Construir desde el Fondo

---



- Densidad pobre cuando se utiliza equipo tipo topador (de cadena)

23

## Construir desde el Fondo

---

- Es mas fácil para el compactador esparcir en capas uniformes
- Es difícil juzgar el tamaño inicial del área de la celda.



24

## Frente de Trabajo



Construir desde la parte superior permite crear capas horizontales

25

## Frente de Trabajo Construir desde la Parte Superior

- Los residuos se pueden empujar cuesta abajo.
- Mucho mas fácil para los buldózeres, menor desgaste de las maquinas.



26

## Frente de Trabajo Construir desde la Parte Superior

- Se aumenta el potencial del efecto “cascada” de la basura
- Menos compactación cuando se utiliza equipo tipo topador (de cadena).



27

## Frente de Trabajo Construir desde la Parte Superior

- Es difícil hacer la nivelación comparado con la construcción desde el fondo
- Puede crear mas basura dispersa.



28

## Compactación de los Residuos



29

## Compactación de los Residuos

- El aspecto más importante de la operación de un relleno sanitario.
- Pendientes planas son mejores para la compactación (construir de la parte superior hacia abajo)



30

## Compactación de los Residuos



- Mas trabajo con menos esfuerzo.
- Mayor densidad

31

## Compactación de los Residuos

- Hay cuatro factores que afectan la compactación
  - Peso del equipo
  - Velocidad del equipo
  - Grosor de las capas
  - Diseño del equipo



32

## Compactación de los Residuos



- **Peso del Equipo**
  - Mas pesado es mejor, mayor será la carga.
  - Mas presión sobre el terreno es lo ideal.
  - Si el equipo de compactación tiene ruedas, la compactación será afectada por el diseño de los dientes, el diámetro de la rueda, y el ancho de la rueda.

33

## Compactación de los Residuos Diseño del Equipo



- **Equipo tipo topador (con cadenas) ejerce poca presión en el terreno.**

34

## Compactación de los Residuos Diseño del Equipo



- Mejor si se utiliza para empujar cuesta arriba
- El centro de masa se transferirá a la parte superior de la maquina
- Disminuye la superficie de las pistas

35

## Compactación de los Residuos Velocidad del Equipo

- Entre mas rápido pase el equipo, mayor es la compactación
- ¡¡Mayor velocidad no significa inseguro y mal hecho!!



36



## Compactación de los Residuos Velocidad del Equipo



Escenario martillo y caja: Entre mas rápido se oscile el martillo, mayor es la compactación.

37

## Compactación de los Residuos Grosor de las Capas



- Mas gruesa no siempre es mejor
- Capas delgadas de basura se compactan mas fácilmente
- Grosor de 30 cm. a 60 cm. es lo ideal

38



## ¿Preguntas?

---



**Methane to Markets**

---

*Lección 3b: Equipo y Mantenimiento*

## Tipos de Equipos Bulldozeres



- Diseñado para empujar
- Multifunción
  - funciona en la tierra/basura
  - mantiene los caminos/sitio
  - Esparce el material de cobertura

41

## Tipos de Equipos Compactadores



- Diseñado para compactar
- Ruedas grandes, anchas y con puntas
- Ejerce mas presión sobre la tierra debido al diseño de la rueda.
- Puede esparcir los residuos con una pequeña hoja para nivelar en la parte de adelante.

42

## Tipos de Equipos Cargador



- Mover/cargar grandes cargas.
- Llantas de caucho o cadenas.
- Papel limitado en el frente de trabajo debido a lo limitado de sus funciones.

43

## Mantenimiento del Equipo



44

## Mantenimiento del Equipo



- Buen mantenimiento preventivo es fundamental.
- Controles diarios de Seguridad deben incluir:
  - Verificar que los niveles de los líquidos, como el aceite, anticongelante, líquido hidráulico. Deben estar llenos.
  - Todos los controles funcionen correctamente.
  - Las llantas, ruedas o cadenas deben estar limpias y funcionando correctamente.

45

## Mantenimiento del Equipo



- Examine y engrase todos los puntos de pivote.
- Las alarmas de reversa deben funcionar.
- Mantenga las vías y las ruedas libres de desechos.
- Limpie la maquina al final del día.

46



## Methane to Markets

---

***Lección 3c: Materiales de Cobertura – Cubierta Diaria y Cubierta Alterna***



### ***Materiales de Cobertura***

---



13

## Cubierta Diaria

### Propósitos

- Material típico de cobertura - tierra
- Reduce los olores
- Proporciona control de plagas y roedores
- Controla los residuos sueltos
- Reduce el riesgo de incendio
- Los recuperadores de basura y recicladores
  - Controla el acceso
  - Aumenta la seguridad



49

## Cubierta Diaria

### Colocación

- Cualquier material de tierra adecuado para cubrir
- La fuente debe estar cerca del sitio
- Esparcir en capas de 15 cm. para alcanzar capas delgadas y parejas



50

## Cubierta Diaria Colocación

- Por lo general es quitada cada mañana
- Deje cerca del frente de trabajo para su reutilización
- Capaz de recuperar el espacio aéreo



51

## Materiales Alternos para la Cubierta Diaria

- Otros materiales inertes pueden ser utilizados para la cubierta diaria
  - Neumáticos triturados
  - Cenizas y residuos
  - Residuos del sistema de precipitación pluvial y sedimentos



52

## Materiales Alternos para la Cubierta Diaria

- Otros materiales inertes pueden ser utilizados para la cubierta diaria
  - Mantillo de abono
  - Residuos de Construcción y escombros desmenuzados (no tabla roca)
  - Lonas



53

## Materiales Alternos para la Cubierta Diaria

- Ventajas
  - Uso de material que es requerido eliminarlo
  - Se ahorra en el gasto de excavar tierra
  - Cubiertas como lonas ayudan a ahorrar el espacio del relleno

54



## ¿Preguntas?

---



55



**Methane to Markets**

---

**Lección 3d – Control de Agua de Lluvia  
y Lixiviados**

## Agua de Lluvia en el Frente de Trabajo

---

- Puede convertirse en lixiviado
- Causa dificultades en la operación del equipo porque se crean condiciones pantanosas
- Puede causar deslave del frente de trabajo
- Aumenta los costos de operación del relleno sanitario
  - El costo de manejo de aguas pluviales es menor que el costo del manejo de lixiviados

57

## Prevención de Esgurrimientos del Agua de Lluvia

---

- Control de los escurrimientos de agua de lluvia hacia el frente de trabajo
- Utilizar bermas de tierra o arena para desviar las aguas de lluvia lejos del frente de trabajo
- Reduce los lixiviados
- Ayuda a que el funcionamiento del equipo sea mas fácil – mantiene el agua fuera de las operaciones

58

## Bermas de Tierra para Desviar Aguas de Lluvia



59

## Control de Escurrimientos

- El control de escurrimientos se refiere a los sistemas para desviar el agua de lluvia fuera del relleno sanitario.
- Se refiere a áreas que no son parte del frente de trabajo
  - Intermedio
  - Cubierta final
- Previene el flujo de agua en cascada
- Reduce la erosión y el derramamiento de los residuos.

60

## Erosión Causada por Escurrimiento



61

## Ejemplos Control de Aguas de Lluvia

- Zanjas
- Paredes de tierra
- Pendientes/Nivelaciones
- Alcantarillas
- Control de la erosión
- Disipación de energía
- Cuencas de sedimentos
- Cuencas de detención

62

## Control de Erosión y Retención



63

## Alcantarilla



64

## Retención de Aguas de Lluvia



65

## Técnicas para Manejo de Aguas de Lluvia

- Mantener buenas pendientes
- Reducir el flujo de superficie
- Mantener los controles pluviales – eliminar el azolve de los controles pluviales
- Compactar la cubierta diaria
- Evitar encharcamientos
- Reparar daños de erosión lo antes posible

66

## Encharcamientos



67

## Lixiviado

- Líquidos en los residuos y las aguas de lluvia que tocan los residuos convierten en lixiviados
- El lixiviado es una solución que contiene partículas disueltas y en suspensión de los residuos
- Los contaminantes dependen de:
  - Composición de los residuos sólidos
  - Actividad física, química y biológica dentro del relleno sanitario
- El lixiviado es normalmente un residuo orgánico soluble de alta potencia, con una concentración alta de compuestos inorgánicos

68



## Brotos de Lixiviado



69

## Prevención de Lixiviados

- Agua de lluvia que corre hacia el frente de trabajo se convierte en lixiviado
- Una vez en contacto con los residuos – mejor prevenir escurrimientos
- Mejorar los controles de escurrimientos de las áreas alrededor del frente de trabajo
- Reducir la infiltración
  - Evitar el encharcamiento en los rellenos sanitarios
  - Mantener la cubierta vegetal

70



## Captura de los Lixiviados

- Zanja perimetral – puede utilizarse para el drenaje del lixiviado y llevarlo al sistema de tratamiento
- Desagüe gravitacional subterráneo en el perímetro – puede ser construido alrededor del relleno
- Bombas para pozos verticales – las bombas son eficaces pero caras

71

## Zanja Perimetral



72

## Tratamiento del Lixiviado

---

- Lagunas de evaporación
- Evaporación del lixiviado utilizando biogás
- Tratamiento con pantanales

73

## Evaporación del Lixiviado

---



74

## Evaporación del Lixiviado



75

## Evaporación del Lixiviado



76

## Tratamiento con Pantanales

---



77



**Methane to Markets**

---

*Lección 3e: Evaluación e Inspección de los Residuos*

## Evaluación de los Desechos



79

## Evaluación de los Desechos

- Es importante separar los residuos peligrosos y prohibidos de los residuos sólidos generales:
  - Riesgo de lesiones a trabajadores del relleno sanitario
  - Riesgo de incendios y explosiones
  - Potencial de contaminar el medio ambiente

80

## Evaluación de los Desechos

- Los coordinadores y operadores de equipos deben estar atentos a todas las cargas que estén siendo vertidas.



81

## Evaluación de los Desechos

- El personal que trabaja en el relleno sanitario debe estar capacitados para identificar residuos sospechosos:
  - Etiquetas de materiales peligrosos
  - Líquidos
  - Polvos brillantes o de colores inusuales
  - Olores químicos
  - Humo

82

## Evaluación de los Desechos

- Cargas potencialmente peligrosas
  - Madera
  - Tubería
  - Alambres
  - Tambores metálicos
  - Contenedores de químicos sin marcar
  - Desechos médicos
  - Cilindros con presión interior



33

## Evaluación de los Desechos

- Desechos Ofensivos
  - entre menos manejo, mejor!
    - Animales muertos
    - Lodo
    - Desperdicios de las fabricas de conservas
- Sepa que residuos son aceptables y tener un plan para gestionarlos



34

## Evaluación de los Desechos

- Los desechos peligrosos deben ser segregados y almacenados hasta que se pueda tramitar una disposición adecuada



85

## Evaluación de los Desechos

- Almacenamiento Temporal de Residuos Peligrosos
  - Área de almacenamiento con contención de derrames
  - Se encuentre en una ubicación segura
  - Protegida de las inclemencias del tiempo
  - Tenga áreas en las que los residuos puedan ser separados según su composición química
  - Ventilación adecuada
  - Equipo de seguridad y de respuesta ante emergencias

86





# Methane to Markets

## Lección 3f : Control de Basura



## Control de la Basura



## Control de la Basura

- Todas las cargas tienen el potencial de crear basura menuda
- Cargas de “Alto Riesgo” incluyen las cargas secas de cargador frontal
- Cargas de espuma de polietileno
- Cargas de tiendas minoristas



20

## Control de la Basura



- Cercas para basura suelta – que sean permanentes o móviles
- Colocación
- Altura
- Mantenimiento

21

## Control de la Basura

---

- Buen material de cubierta
- Colocación de la carga
- Zonas de llenado resguardadas





## Methane to Markets

### *Lección 4: Incendios en los Rellenos Sanitarios*



## Dos Tipos de Incendios en los Rellenos Sanitarios

- **Superficial.**
- **Subterráneo.**



## Incendio Superficial Características

- Normalmente son provocados por fuentes ajenas al sitio
  - Los residuos llegan con altas temperaturas o ya encendidos.
- Pueden ser provocados a través de maquinaria pesada.
- Alguien fumando en el sitio.



3

## Incendio Superficial Causas

- Residuos que están “Encendidos” puede incluir:
  - Arbustos
  - Hojas
  - Escombros de Construcción
  - Carbón
  - Residuos de Barriles



4

## Incendio Superficial Causas

- Supervisar la descarga de residuos en el frente de trabajo
- Si hay residuos sospechosos:
  - Extender los residuos en una capa delgada.
  - Aislar los residuos para evitar que el fuego se extienda.
  - Humedecer con agua los residuos para controlar el fuego.



5

## Incendio Superficial Causas

- Ocasionado por la operación y el manejo de maquinaria pesada:
  - Escombros atrapados debajo de la maquinaria.
  - El calor generado por la maquinaria puede prender los residuos
  - Exceso de calor en el escape de maquinaria.



6

## Incendio Superficial Causas

- ¡No fumar!
- Solo en áreas designadas.
- Es la causa mas común de incendios superficiales.



-

## Incendio Subterráneo

- Infiltración de oxígeno en el relleno sanitario.
- Presencia de fuego en el subsuelo/residuos.
- Es difícil de controlar.
- Es necesario saber identificar las señales de un incendio subterráneo.



o

## Incendio Subterráneo Causas

- Se necesita tres elementos:
  - Combustible.
  - Oxigeno/Aire.
  - Calor.



9

## Incendio Subterráneo Combustible

- Puede ser cualquier residuo ya in situ:
  - Residuos municipales.
  - Escombros de construcción.
  - Hojas.
  - Arbustos.
- Biogás



10



## Incendio Subterráneo Oxígeno/Aire

- Los rellenos sanitarios son ambientes anaeróbicos.
- La Infiltración de oxígeno/aire debe minimizarse en lo mas posible.
- Las condiciones aerobias destruyen la reproducción de los microbios necesarios para la generación de biogás.



11

## Incendio Subterráneo Calor

- El calor esta presente en los rellenos sanitarios.
- La presencia del calor permite la reproducción de los microbios.
- Los niveles de calor dependen de la composición de los residuos.



12

## Incendio Subterráneo Calor



- Psicrofilo 10 a 30 °C
- Mesófilo 20 a 30 °C
- Termófilo 35 a 75 °C

13

## Incendio Subterráneo ¿Cómo Identificarlo?

- Presentan depresión y hundimiento repentino.
- Se pueden observar grietas.
- Se aprecia la presencia de hoyos por el cual ventila el biogás.
- Se observan fisuras en el terreno que dan la impresión de un arroyo.

14

## **Incendio Subterráneo** **¿Cómo Identificarlo?**

---



15

## **Incendio Subterráneo** **¿Cómo Identificarlo?**

---



16

## Incendio Subterráneo ¿Cómo Identificarlo?

---



17

## Incendio Subterráneo ¿Cómo Identificarlo?

---



18

## Incendio Subterráneo Otras Señales

- ¡Use los sentidos!
- Vista
- Olfato
- Tacto



12

## Incendio Subterráneo Como Prevenir los Incendios

- Eliminar la infiltración de oxígeno/aire.
- Monitorear las condiciones del sitio regularmente.
- Hacer mantenimiento de todas las cubiertas de las zonas ya clausuradas.
- Si se cuenta con un sistema de captura de biogas, mantenerlo balanceado (ajustar la succión de cada pozo) para evitar la infiltración de oxígeno al subsuelo).
- Monitorear regularmente la temperatura y el oxígeno en pozos de extracción.

21

## Posibles Fuentes de Infiltración de Oxígeno



21

## Posibles Fuentes de Infiltración de Oxígeno



22

## Incendio Subterráneo

### ¿Cómo proceder?

- Hacer una prueba para confirmar los niveles de monóxido de carbono, temperatura, etc.
- Identificar la fuente de infiltración de oxígeno.
- Eliminar la fuente.
- Selle nuevamente la cubierta del área afectada.
- Monitorear el área.



23

## Incendios en los Rellenos Sanitarios

### ¿Preguntas?



24



## Methane to Markets

### Lección 5: Componentes del Sistema de Captura de Biogás.



#### Contenido

- Objetivos de un Sistema de Captura y Control del biogás.
- Componentes del sistema de captura de biogás.
- Eliminación de biogás/  
Opciones de uso.





## Objetivos

---

- Recuperar y hacer uso del biogás.
- Reducir posibles impactos ambientales.
- Controlar la migración del biogás fuera del sitio.
- Controlar los malos olores.
- Cumplir con los requisitos reglamentarios.

## Componentes del Sistema de Captura de Biogás

---

- Red de tuberías de interconexión.
- Puntos de captura del biogás.
  - Pozos de extracción vertical.
  - Pozos de extracción horizontal/trinchera.
  - Conexión a pozos existentes (venteo, extracción, etc.)

## Componentes del Sistema de Captura de Biogás (continuación)

---

- Elementos de manejo de condensado.
- Control de flujo.
- Estación de succión y quemado.

## Sistema de Captura y Control de Biogás

---

- Bomba de succión y pozos de extracción – Extraen el biogás del relleno sanitario.
- Antorcha – Elimina mas del 95% del biogás extraído del relleno sanitario.
- Equipo para Monitorear – Se emplea para balancear el campo de pozos y asegurar la correcta operación del sistema

## Pozos de Extracción Vertical

- La propuesta mas común para la recuperación de biogás.
- Pueden ser instalado en zonas de operación activa (donde hay disposición de residuos) o inactivas (no hay disposición de residuos).
- Se recomienda tener una profundidad de residuos mayor a 10 metros.



## Pozos de Extracción Vertical

- Se recomienda instalar 2.5 pozos por hectárea aproximadamente (~ 1 pozo por 0.4 hectárea)
- Pueden perder eficiencia o no trabajar en rellenos sanitarios con un alto nivel de lixiviados.



## Captura y Control del Biogás

Pozo de extracción y sistema de tubería (sistema de captura).



## Pozos para el Monitoreo de Biogás

- Pozos localizados en el perímetro del relleno sanitario para medir la migración de biogás fuera del sitio.
- Se ubican en terreno natural.
- Realizar pruebas rutinarias en los mismos lugares.
- Se obtienen resultados confiables y consistentes.
- Verificación mediante la repetición.
- Permite verificar la eficiencia del sistema de captura de biogás.

## Pozo de Monitoreo

---



## Pruebas para Medir la Calidad y Presión del Biogás

---

- Se lleva acabo en el sitio y se toma lectura en cada pozo de extracción.
- Equipo portátil analiza y mide la presión y flujo del biogás.
- Resultados inmediatos para mejorar los esfuerzos de equilibrio del sistema colección y operación del sistema de biogás.

## Instrumento Portátil para Monitorear el Porcentaje de Metano, Oxígeno, CO<sub>2</sub>, etc.



## Diseño - Pozo de Extracción Vertical

- La perforación de un pozo donde existen la presencia de residuos se recomienda que sea 3/4 de la profundidad total de los residuos.
- La perforación de un pozo sobre terreno natural depende:
  - Nivel de agua freático.
  - Profundidad de los residuos.
  - Profundidad de la migración del biogás.



## Diseño - Pozo de Extracción Vertical (continuación)

- La perforación de un pozo de extracción vertical típicamente es de 60 a 90 cm. de diámetro.
- El material de la tubería puede ser PVC o PEAD (Polietileno de Alta Densidad).
- Por lo general los primeros 6 metros de tubería (de arriba hacia abajo) son lisos y la diferencia puede ser tubería perforada.
- La separación de pozos depende generalmente del “radio de influencia (típicamente 60 a 122 m)

## Detalle - Pozo de Extracción Vertical



- Sello de bentonita previene la infiltración de oxígeno/aire.
- Partes que componen la cabeza del pozo:
  - Válvula de control de flujo.
  - Puerto de entrada para monitorear la presión.
  - Puerto de entrada para monitorear el flujo (opcional).
  - Puerto de entrada para medir la temperatura (opcional).

## Ejemplos – Pozos de Extracción Vertical

- Auckland, Nueva Zelanda



- Los Ángeles, California

## Ejemplos – Pozos de Extracción Vertical

Relleno Sanitario  
“Los Colorados”  
Santiago, Chile

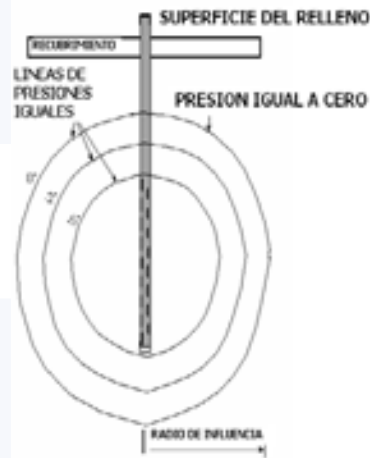


Relleno Sanitario  
Basural, Perú



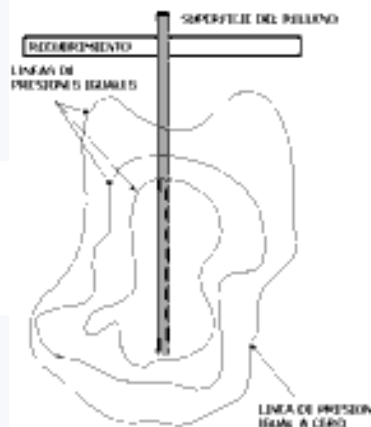


## Concepto Teórico del Radio de Influencia para un Pozo de Extracción.



- El radio de influencia generalmente es de 2 a 2.5 veces la profundidad del pozo.
- Aumente la succión para aumentar el radio de influencia.
- Variaciones en la succión es una única herramienta del control del operador.

## Radio de Influencia Real de un Pozo de Extracción



- El radio de influencia de un pozo de extracción depende de lo siguiente:
  - Variación en la caracterización de los residuos.
  - Configuración de la celda y recubrimiento.
  - Presencia de lixiviados.

## Pozo de Extracción Horizontal

- Una propuesta alterna para la captura de biogás.
- Se instalan en áreas no muy profundas.
- Pueden ser instalados en zonas de operación activa (donde hay disposición de residuos) o inactivas (no hay disposición de residuos).



## Pozo de Extracción Horizontal

(continuación)

- La separación entre los pozos debe ser de 30 a 100 m. aproximadamente
- Pueden ser usados en rellenos sanitarios con alto nivel de lixiviados.



## Diseño - Pozo de Extracción Horizontal

---

- Se recomienda instalarlos en trincheras o lugares donde haya pendiente y cubrirlos con residuos y grava.

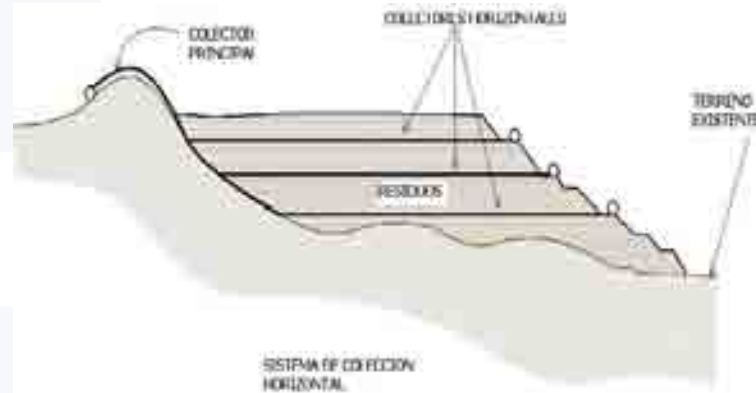


## Diseño - Pozo de Extracción Horizontal (continuación)

---

- Se colocan tramos de tubería perforada, de PVC o PEAD de 100 mm. aproximadamente.
- También se pueden colocar tramos conectados de 100 a 150 mm.

## Esquema Típico de un Sistema de Captura Horizontal



## Ejemplos

- **Bangkok, Tailandia**



- **Los Ángeles, California**

## Tubería Principal y Lateral

- Conducen el biogás de los pozos de extracción al soplador.
- Se instala sobre el terreno natural o en trincheras.
- Generalmente el material de la tubería es PEAD, algunas veces se utiliza el PVC para sobre el terreno.
- El diámetro de la tubería se diseña en base al flujo y la pérdida de presión.

## Tubería Principal y Lateral (continuación)

- La configuración en la que se tiende la tubería generalmente es un “circuito” para proveer rutas alternas.
- La tubería debe contar con pendientes mínimas para el drenaje del condensado.
- La pérdida de succión se puede dar debido a que haya un bloqueo de condensado.



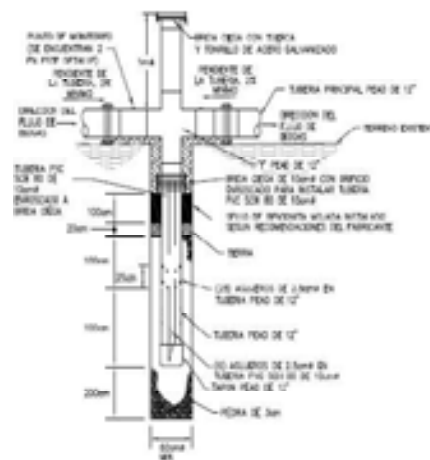
## Sistema de Condensado

- El volumen de condensado generado depende del flujo y la temperatura del biogás.
- Se asume que el biogás esta 100% saturado con agua.
- La temperatura del biogás varia de 32° a 54° C aproximadamente.



## Diseño - Trampa de Condensado

- El biogás sufre un proceso de enfriamiento dentro del sistema de captura, ocasionando que la humedad se condense.
- La tubería esta diseñada para permitir que el condensado drene.
- La trampa permite el condensado por gravedad.
- El condensado es almacenado temporalmente en un colector y posteriormente drenado al interior del relleno sanitario.



## Estación Antorcha/Soplador

---

- Antorcha de biogás.
- Existen dos tipos de antorcha abierta y cerrada.



## Antorcha de Biogás

---

- Antorcha
  - Abierta (Llama cielo abierto).
  - Cerrada (Silo).

## Estación Antorcha/Soplador

(continuación)

- Puede ser usado en conjunto con otros sistemas de beneficio.
- Es necesario durante el inicio de utilización y periodos de inactividad del sistema.

## Diseño - Estación Antorcha/Soplador

- Su ubicación se recomienda que sea en un punto estratégico, acceso fácil para darle mantenimiento y fuera de peligro (aislado de árboles).
- Debe ser flexible al manejo de futuro flujos.





## Componentes Típicos de la Estación Antorcha/Soplador

- Separador de humedad.
- Soplador (es).
- Antorcha (cerrada o abierta).
- Tubería de conducción de biogás y apagallamas.
- Medidor de flujo.
- Piloto.
- Tablero de control (controles para la antorcha y el soplador).
- Válvula de emergencia (Apaga el sistema).

## Antorchas de Biogás



## Ejemplo



## Bomba de Succion



## Antorcha Cerrada

- Físicamente se ve como un cilindro: 9 a 12 m. de altura.
- La combustión o quemado de biogás se lleva acabo en la parte baja del cilindro.
- La llama no es visible desde afuera
- Rejilla de ventilación se encuentra cerca de la base de cilindro.



## Antorcha Cerrada (continuación)

- Rango típico de temperatura de funcionamiento: 760 ° C a 870 ° C
- Destrucción del biogás varia del 98 al 99 por ciento (o mas)
- Su costo es mayor que una antorcha abierta.

## Componentes Antorcha Abierta (Cielo Abierto)

- Tubo vertical
- Antorcha en la parte superior de la tubería – llama es visible
- Por lo general mas pequeño que la antorcha cerrada.



## Beneficios de la Recuperación de Biogás

- El metano es una fuente de energía de gran valor.
- Se puede usar para generar electricidad con motores de combustión interna o turbinas.
- Se puede usar como combustible en calderas, hornos termales, o secadores.
- Se puede usar en calentadores infrarrojos.

## Beneficios de la Recuperación de Biogás

- Beneficio dual → destrucción del metano y otros componentes orgánicos del biogás.
- Desplaza el uso de recursos no renovables (carbón, aceite, gas natural) reduciendo la emisión de:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , PM,  $\text{CO}_2$
- La generación de biogás se presenta las 24 horas al día, 7 días a la semana.
- El biogás puede mantener el mismo precio a largo plazo y en comparación a la volatilidad contra combustibles fósiles.

## Generación de Electricidad



Motor de Combustión Interna  
(varia desde 100 kW a 3 MW)



Turbina de Gas  
(varia desde 800 kW a 10.5 MW)



Micro Turbina  
(varia desde 30 kW a 250 kW)

## Diversidad de Proyectos y Uso Directo del Biogás

- ¡Los proyectos de Uso-directo están en aumento!
  - Aplicaciones para Calderas – reemplazan gas natural, carbón y aceite.
  - Combinación de calor y fuerza (CHP).
  - Secadores y hornos.
  - Inyección a tubería de gas natural.
    - Medio & Alto Btu.
  - Invernaderos
  - Evaporación de lixiviados.
  - Combustibles para carros. (LNG, CNG)
  - Estudios de Arte.
  - Hidropónico.
  - Cultura acuática (reproducción de pescados).

Invernadero Burlington, NJ



Estudio, Sugar Grove, NC



Caldera a biogas Ft. Wayne, IN

## Resumen

- El diseño de un sistema de captura de biogás varía según el sitio.
- Conceptos básicos:
  - Proporcionar un camino para la captura de biogás.
  - Manejo de condensado.
  - Quemar o hacer uso del biogás.
- Consideración de las metas operativas
- Considerar la utilización del biogás para un uso beneficioso.





## Methane to Markets

### *Lección 6: Seguridad y Salud Ocupacional*



## Seguridad y Salud Ocupacional Conceptos Básicos

- Requerimientos y especificaciones por escrito.
- Programa de seguridad y salud ocupacional por escrito.
- Capacitación en la operación de equipo.
- Equipo personal de protección (PPE)
- Identificación de posibles riesgos químicos y naturales.
- Espacios confinados
- Residuos peligrosos



## Procedimientos de Operación Estándar

- Establecer practicas de seguridad en el trabajo
- El equipo debe tener entendimiento de los procedimientos de seguridad.
- Manual de instrucciones sobre como realizar diferentes tareas.



3

## Plan de Seguridad del Sitio

- Determinar los temas de seguridad aplicables.
- Debe incluir por lo menos:
  - ¿Que hacer en caso de emergencia
  - ¿Donde esta el hospital mas cercano?
  - Cuales son los posibles riesgos.
  - Requerimientos de equipo personal de protección para las diferentes tares.
  - Procedimientos de en caso de emergencia.



4



## Capacitación el Uso de Equipo

- Personal debe estar capacitado adecuadamente.
- Siempre utilizar el equipo para lo que fue diseñado.



5

## Capacitación en el Uso del Equipo

- Mantenimiento del equipo.
- Operar equipo con precaución.
- Examinar el área de trabajo y detectar posibles riesgos.



6

## Equipo Personal de Protección (EPP)

- Incluir casco, botas con punta de metal, chaleco de seguridad, guantes y protección para los ojos y oídos.



-

## Equipo Personal de Protección

- Todo trabajo requiere equipo personal de protección.
- Seleccionar el equipo adecuado para la tarea a realizar.
- Conocer las especificaciones de cada equipo.



3

## Equipo Personal de Protección

- Chaleco de seguridad – Se usa para hacerse notar.
- Protección para los oídos – Se usa en áreas de trabajo con altos niveles de ruido.
- Casco duro – Se usa para proteger la cabeza de objetos duros.
- Lentes – Se usan para la protección de los ojos.



9

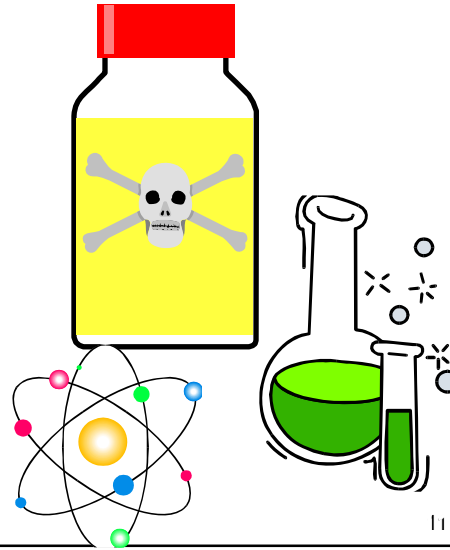
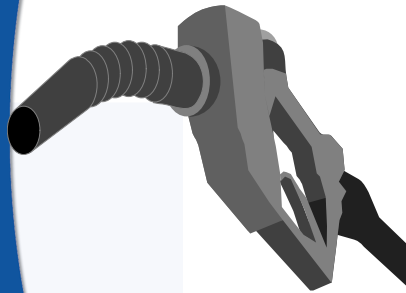
## Equipo Personal de Protección



10

## Posibles Riesgos Químicos y Naturales

- Saber como protegerse
- Usar equipo personal de protección



11

## Posibles Riesgos Químicos

- Gasolina
- Acido
- Baterías
- Aceite
- Químicos
- Pesticidas



12

## Posibles Riesgos Químicos

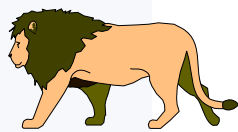
- Tener precaución
- No exponerse a los posibles riesgos
- Si es necesario manejar algún material riesgoso, usar el mas alto grado de equipo personal de protección



13

## Posibles Riesgos Naturales

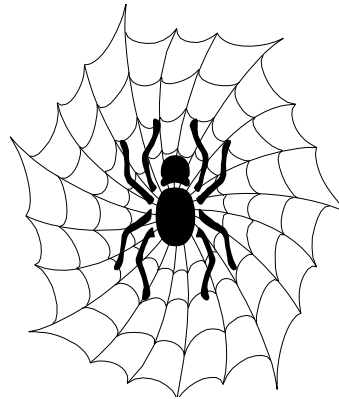
- Insectos.
- Arácnidos.
- Serpientes.
- Mamíferos.



14

## Arañas

- Se encuentran en espacios oscuros.
- Tener precaución de meter las manos o los pies en lugares oscuros y limitados.
- En caso de se mordido por una araña, identificar el tipo de araña.



15

## Garrapatas



16

## Garrapatas

- Propagan enfermedades.
- Usar pantalón largo, fajarse el pantalón dentro del calcetín.
- Revisar con frecuencia el cuerpo.
- Usar repelente para insectos.
- Remover garrapata inmediatamente.
- Usar repelente en la ropa, especialmente sobre la parte de arriba de los zapatos, los dobladillos de los pantalones y calcetines.



17

## Insectos Voladores



White-Faced Hornet



Wasp



Honeybee (worker)



Bumblebee



Yellow Jacket



18

## Abejas, Avispas, etc.

- En caso de ser atacado, alejarse lo mas rápido posible.
- Busque resguardo.
- Cubrir la cabeza si es posible.
- No sacuda los brazos.
- Abejas aplastadas pueden despedir ciertas sustancias que incitan a otras abejas a atacar..



19

## Serpientes



20



## Serpientes

- Evitar cualquier contacto con serpientes – viva o muerta, venenosa o no venenosa.
- No colocar los pies o las manos en lugares donde no los pueda ver.
- El uso de la ropa brinda un poco de protección.
- En caso de ser mordido por una serpiente, pedir ayuda medica inmediatamente.

21

## Mamíferos

- Roedores.  
Hantavirus
- Mamíferos grandes.  
Rabia



22

## Hantavirus

- Se propaga a través la mordida, orina y excremento del roedor
- Puede causar fiebre, dolor de espalda y dolor abdominal
- Puede inhalarse o ingerirse, contagiarse a través de heridas en piel, o los ojos



23

## Mamíferos Grandes



24

## Rabia

- Normalmente es transmitida por perros, zorrillos, mapaches, coyotes, o murciélagos
- Una vez que comienzan los síntomas, la enfermedad puede ser mortal.



25

## Plantas Venenosas



26

## Plantas Venenosas

- Aprender a reconocerlas y evitarlas.
- Usar pantalones largos, camisas con mangas largas y zapatos que cubran todo el pie.
- En algunas ocasiones el veneno puede penetrar la ropa.
- Ropa contaminada con veneno necesita ser limpiada o desechada.

27

## Espacios Confinados

### Definiciones

- Se refiere a espacios de entrada y salida limitada
- Están diseñados para la entrada de un solo cuerpo.
- No esta diseñados para la ocupación prolongada.



28

## Espacios Confinados

- Pozos
- Recipientes para el almacenamiento de químicos
- Trincheras
- Closet
- Baúles
- Vagones.
- Estación de bombeo



29

## Espacios Confinados Peligros Potenciales

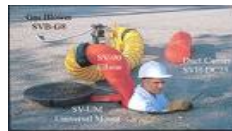
- Encapsulamiento
- Deficiencia de oxígeno
- Exceso de oxígeno
- Gases explosivos
- Polvos combustibles
- Sustancias tóxicas
- Riesgos físicos



30

## Espacios Confinados

- Se necesita capacitación para poder entrar a un espacio confinado
- Se requiere mínimo tres personas para entrar a un espacio confinado



31

## Patógenos de Transmisión Sanguínea

- VIH – virus portador del SIDA
- Hepatitis B virus (HBV) y hepatitis C virus (HCV)
- Infecciones



32

## Patógenos de Transmisión Sanguínea

Exposición

- Residuos Médicos
- Comúnmente Agujas



33

## Patógenos de Transmisión Sanguínea

Exposición

- Cortaduras con objetos filosos contaminados (bisturís, metal, vidrio, etc.)
- Contacto en ojos, nariz, boca con sangre o líquidos contaminados



34

## Riesgos Biológicos

- Pañales
- Cadáveres de animales
- Madera podrida
- Lodo
- Usar guantes de protección y lavarse las manos antes de comer, beber o fumar
- Limpiar y desinfectar heridas



35

## ¿Preguntas?



36



**EVENTO "OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS"  
METHANO TO MARKETS**






***Cumplimiento de la NOM-083  
en el país y sus principales  
lineamientos a cumplir***

**Ing. Myriam Gabriela Velasco Pérez**  
Subdirectora de Residuos de Manejo Especial

Cancún, Quintana Roo  
Diciembre, 2008

**Situación ambiental previa a la NOM-083 -SEMARNAT-2003**

- Crecimiento constante de la población, patrones de producción y consumo
- La población se incremento de 30 M/hab/1950 a > 100 M/hab/2008
- La generación creció de 3 M/ton/1950 a 35 M/ton/2008.
- Del total de los RSU y RME, se estimó que se recolecta el 87%.
  - 64% se dispone en rellenos sanitarios y sitios controlados (88 RS de los cuales 19 RS 083; 64 SC)
  - 36% restante se dispone en tiraderos a cielo abierto
- Problemas generados por la disposición inadecuada:
  - Afectaciones a la salud
  - Pérdida de recursos naturales

## Principales lineamientos a cumplir

**NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un SDF de RSU y RME**

**Fecha de publicación:** 20 octubre 2004

**Fecha en que entró en vigor:** 20 diciembre 2004

### Establece Categorías de sitios

Tipo	Tonelaje recibido (ton/día)
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

### Actividades que regula

- ✓ Selección de sitio
- ✓ Diseño, construcción y obras complementarias
- ✓ Operación, mantenimiento y clausura

## Lineamientos para la selección de sitios

### Restricciones

- A una distancia < 13km de aeródromo o aeropuerto requiere estudio de riesgo aviario
- Fuera de Áreas Naturales Protegidas
- Distancia mínima de 500 m a localidades mayores de 2,500 habitantes
- Fuera de manglares, pantanos, humedales, zonas arqueológicas, recarga de acuíferos, fracturas o fallas geológicas, etc.
- Fuera de zonas de inundación con período de retorno de 100 años
- A una distancia mínima de 500m de cuerpos de agua superficiales
- A una distancia mínima de 500 m de pozos (en operación o abandonados)



## Lineamientos para la selección de sitios

Estudios y análisis	A	B	C	D
Capacidad de recepción	>100 t/d	50 a 100 t/d	10 a <50 t/d	<10 t/d
Geológico y Geohidrológico Regional	x	x		
Evaluación Geológico y Geohidrológico	x	x		
Hidrológico	x	x		
Topográfico	x	x	x	
Geotécnico	x	x	x	
Generación y composición de RSU y RME	x	x	x	
Generación de Biogás	x	x		
Generación de Lixiviado	x	x		

## Lineamientos para la construcción y operación

Operación y mantenimiento	A	B	C	D
Barrera impermeable en cm/seg	$1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-5}$
Extracción y control de biogás	x	x	x	
Sistema de captación, extracción y tratamiento de lixiviados	x	x	x	
Drenaje pluvial	x	x	x	
Área de emergencia p/recepción residuos caso de eventualidad	x	x		
Compactación de residuos en kg/m <sup>3</sup>	>600	>500	>400	>300
Cobertura de residuos p/evitar fauna nociva, infiltración pluvial y dispersión de materiales	x (diaria)	x (diaria)	x (diaria)	x (semanal)
Evitar ingreso de residuos peligrosos	x	x	x	x
Contar con manual de operación, control de registro e informes mensuales	x	x	x	
Programas de monitoreo de biogás, lixiviados y acuíferos	x	x	x	

### Lineamientos para la construcción y operación



**Sistema de impermeabilización con geomembranas**

**Protección de la geomembrana con llantas**

**Laguna de lixiviados**

**Zanja colectora de lixiviados**

Fotos: GTZ

### Lineamientos para obras complementarias

Obras complementarias	A	B	C	D
Caminos de acceso	x	x	x	
Caminos interiores	x	x		
Cerca perimetral	x	x	x	x
Caseta de vigilancia y control de acceso	x	x	x	x (solo control de acceso)
Báscula	x	x		
Agua potable, electricidad y drenaje	x	x		
Vestidores y servicios sanitarios	x	x	x	
Franja de amortiguamiento (mínimo 10 m)	x	x	x	
Oficinas	x	x		
Servicio Médico y seguridad personal	x			

## Lineamientos para obras complementarias



**Báscula**




**Registro del peso, Tlalnepantla**



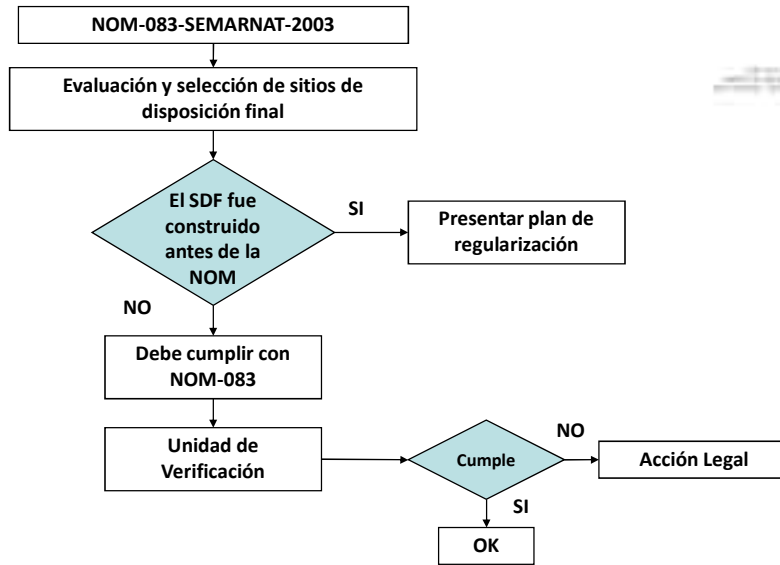
Fotos: GTZ

## Especificaciones Técnicas para la Clausura



1. Cobertura Final de Clausura
2. Conformación Final del Sitio
3. Mantenimiento
4. Programa de Monitoreo

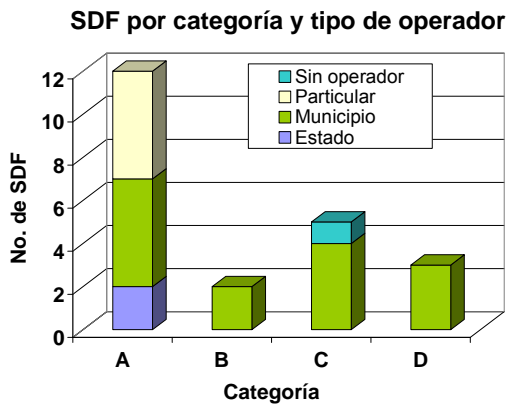
### Cumplimiento de la NOM-083



### Estudio de la Evaluación de la NOM-083

#### Objetivo

Conocer los impactos positivos y negativos por la aplicación de la NOM y las dificultades y problemas para su aplicación



**Resultados Preliminares (22 SDF)**

## Selección de sitios

### Resultados preliminares



➤ Sólo sitios tipo A cuentan con **Proyecto Ejecutivo y MIA**

➤ Las principales restricciones que no se cumplieron fueron:

- Distancia mínima de 13km de **aeródromos o aeropuertos**
- Distancia mínima 500m a **cuerpos de agua superficiales**

➤ Los principales Estudios y Análisis que no cumplieron fueron:

- Estudio de **generación de biogás y lixiviados**

## Diseño, Construcción y Obras complementarias

### Resultados preliminares



➤ La mitad de los sitios presenta **franja de amortiguamiento (10 m)**

➤ Sólo la mitad de los sitios tipo A cuentan con **báscula** y ninguno del tipo B



➤ Menos del 50% de los sitios C y D cuentan con una **cerca perimetral**

➤ Ningún sitio tipo B, contaba con **servicios** de agua potable, electricidad y drenaje

## Operación, mantenimiento y Clausura

### Resultados preliminares



- **Barrera impermeable** en 50% de los sitios A y en 20% de sitios C. Ninguna en sitios B y D
- Sin programas de **monitoreo** de biogás, lixiviado y, principalmente, acuífero
- Sin **compactación** de residuos en todos los sitios B y D, y en 60% tipo C
- Captación y tratamiento de **lixiviados** y extracción de **biogás** en 80% de sitios A y 20% de sitios C. Ninguno en sitios tipo B

## Cumplimiento

### Resultados preliminares

- **270 Planes de regularización** presentados en 11 Estados que representan aprox. un 11% Nacional, considerando un SDF por municipio



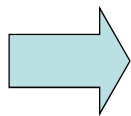


## Aspectos que dificultan el cumplimiento

### *Resultados preliminares*

- 2438 municipios en el país de los cuales 7.8% (190) tienen población > 100,000 hab, éstos generan el 64.4% de los residuos
- El resto tiene dificultades para acceder a recursos para el tema
- La mayoría de los municipios no cuenta con suficientes recursos
- Efecto NO EN MI PATIO TRASERO
- Falta de capacidades técnicas
- Voluntad política

## ¿Hacia dónde vamos?



Rellenos Sanitarios Regionales

Regularización de SDF

Saneamiento de SDF

Aprovechamiento de biogás

Df restringida

Centros integrales de tratamiento

Fomento de organismos operadores descentralizados

Otras alternativas para la DF de residuos



**MUCHAS GRACIAS**  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

[www.giresol.org](http://www.giresol.org)  
Portal Latinoamericano de Residuos

**Ing. Myriam Gabriela Velasco Pérez**  
*Subdirectora de Residuos de Manejo Especial*  
Tel: 55- 56280600 ext. 12372 Correo: [myriam.velasco@semarnat.gob.mx](mailto:myriam.velasco@semarnat.gob.mx)