



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

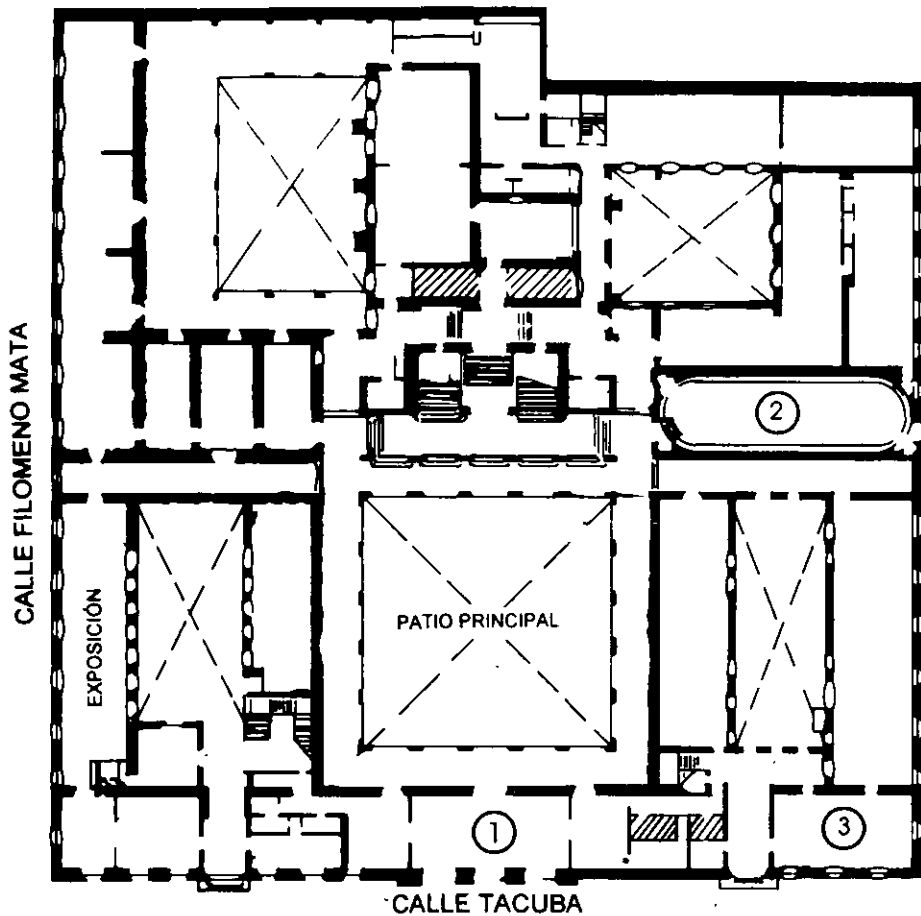
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

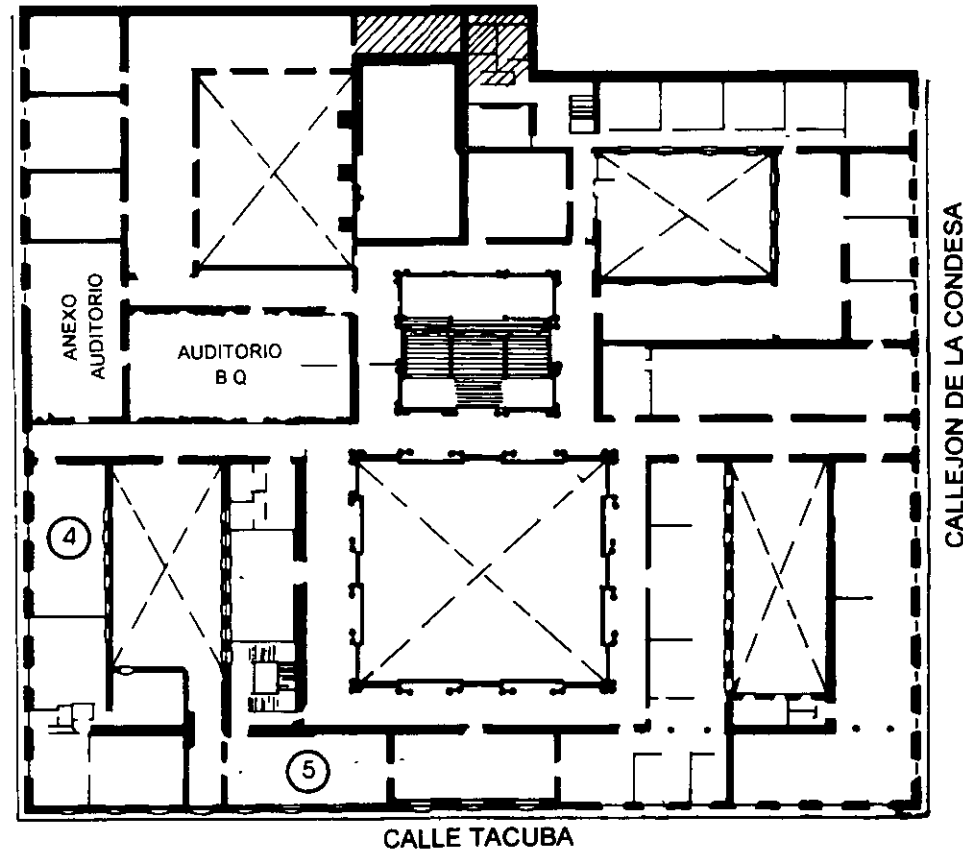
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

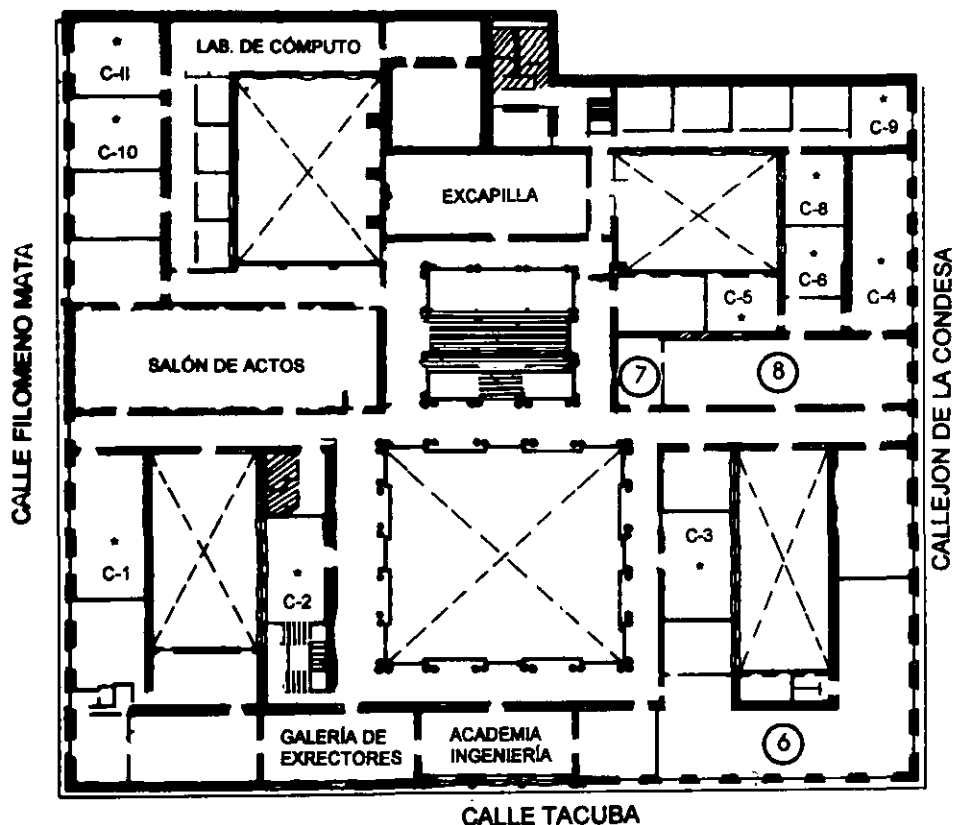


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANTARIOS

* AULAS

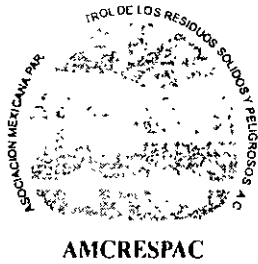
1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





DEC
PALACIO DE MINERÍA



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

CURSO

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Del 24 al 26 de Mayo

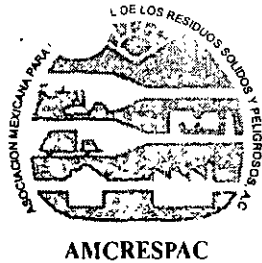
TEMARIO

INTRODUCCIÓN

- Opciones de disposición final
- Necesidad de que existan los rellenos sanitarios
- Historia del relleno sanitario
- Situación Actual de la Disposición Final en México

PRINCIPIOS DEL RELLENO SANITARIO

- Definición de relleno sanitario
- Definición de celda diaria, franja y capa
- Métodos de relleno sanitario (área, trinchera y combinado)
- Estimación de la capacidad volumétrica y vida útil de un relleno sanitario
- Protección ambiental en un relleno sanitario (protección del suelo, del aire, del agua, de la flora y la fauna, aspectos estéticos)



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

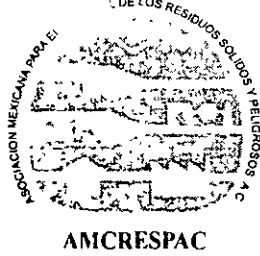
- Procesos Físicos, Químicos y Biológicos que afectan a los residuos en un relleno sanitario

SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO

- Definición del área de estudio
- Identificación de áreas o regiones potenciales
- Ubicación de sitios potenciales
- Estudios de campo (Geología, Geohidrología, Mecánica de suelos, geofísica)
- Evaluación de sitios factibles
- Legislación (NOM-083-ECOL-1996 y Proyecto de NOM-084-ECOL-1994)

DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS

- Elección del área y método de relleno
- Dimensionamiento (Ancho, alto y longitud de celda, estimación de volúmenes y especificaciones de cubierta diaria, intermedia y final)
- Desarrollo del plan de relleno (programación de frentes de trabajo y contorno de áreas rellenas)
- Selección de equipo
- Requerimientos de personal
- Diseño de obras complementarias (Control de escurrimientos superficiales, Caminos de acceso, Celda de emergencia, Areas administrativas, Cerca perimetral, Báscula, Iluminación, etc)
- Sistemas de Control (Residuos peligrosos, vehículos pequeños y particulares, etc.)



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

- Costos (Construcción, Operación, Clausura y Post-clausura)

BIOGAS

- Generación
- Movimiento y Control
- Usos

ESTABILIDAD DE TALUDES

- Principios básicos
- Análisis de estabilidad
- Profundidad y altura del relleno
- Obras para contención de taludes

SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN

- Materiales geosintéticos
- Diseño e instalación de sistemas impermeables
- control de calidad y aseguramiento de la calidad)



DEC
PALACIO DE MINERIA



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

LIXIVIADOS

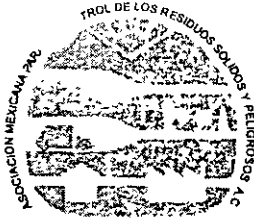
- Generación
- Control
- Tratamiento

MONITOREO

- Biogas
- Lixiviado
- Partículas
- Ruido
- Aguas subterráneas
- Estabilidad

OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

- Recepción y pesaje de vehículos
- Movimiento de maquinaria



AMCRESPAC

- Construcción de Celda y compactación (Frente de trabajo mínimo, distribución y compactación de residuos, colocación y compactación de cubierta)
- Control de dispersión de residuos

- Colocación y compactación de cubiertas
- Manejo de residuos especiales (Voluminosos, Escombros, Animales muertos, Llantas, Materiales ligeros, RPBI's, etc.)
- Preparación de áreas de relleno a futuro (excavación, impermeabilización, colección de lixiviados, sistemas de monitoreo)
- Mantenimiento de equipo e infraestructura
- Administración del Relleno (manuales, reglamento, formatos de control, registros, reportes, etc.)

CLAUSURA Y CUIDADOS A LARGO PLAZO

- Definición del contorno y uso final
- Procedimientos para clausura
- Construcción sobre rellenos
- Cuidados a largo Plazo



DEC
PALACIO DE MINERÍA



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.



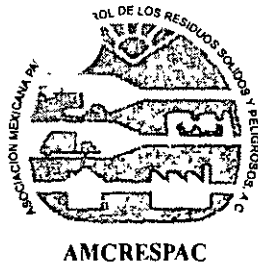
División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

CURSO DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Del 24 al 26 de Mayo

TEMARIO

DÍA	HORA	TEMA	PONENTE
24	9:00 a 9:30	INAUGURACIÓN	ING. ALFONSO CHAVEZ V.
	9:31 a 10:30	INTRODUCCIÓN	ING. GUSTAVO ROSILES CASTRO
	10:45 a 13:00	PRINCIPIOS DEL RELLENO SANITARIO	ING. FELIPE LÓPEZ SÁNCHEZ
	13:00 a 14:00	SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO	ING. JOSÉ JUAN MORALES REYES
	14:00 a 15:00	COMIDA	
	15:30 a 16:30	SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO	ING. JOSÉ JUAN MORALES REYES
	16:45 a 19:00	DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS	ING. HERIBERTO BARCENAS RAMÍREZ



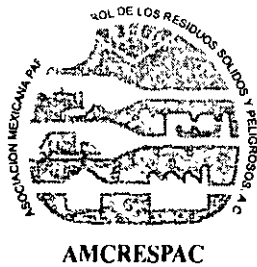
División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

CURSO DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TEMARIO

DÍA	HORA	TEMA	PONENTE
25	9:00 a 10:300	BIOGAS	ING. JOSÉ LUIS ARVÍZU
	10:45 a 12:30	ESTABILIDAD DE TALUDES	ING. ROBERTO BOSCO <i>ROVERO</i>
	12:30 a 14:00	LIXIVIADOS	ING. NOÉ MENDOZA
	14:00 a 15:00	COMIDA	
	15:00 a 16:30	SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN	ING. ALEJANDRO RAMÍREZ MANZANO
	16:45 a 19:00	CLAUSURA Y CUIDADOS A LARGOS PLAZO	ING. VÍCTOR RODRÍGUEZ PIÑA

DÍA	HORA	TEMA	PONENTE
26	9:00 a 11:00	OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS	ING. OSCAR VAZQUEZ
	11:15 a 13:00	VISITA RELLENO SANITARIO TLALNEPANTLA	ING. OSCAR VAZQUEZ
	13:00 a 13:45	MESA REDONDA	FELIPE LÓPEZ SÁNCHEZ, OSCAR VAZQUEZ, JOSÉ JUAN MORALES REYES
	13:46 a 14:00	CLAUSURA	ALFONSO CHÁVEZ V.



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

CURSO

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Del 24 al 26 de Mayo

TEMARIO

INTRODUCCIÓN

- Opciones de disposición final
- Necesidad de que existan los rellenos sanitarios
- Historia del relleno sanitario
- Situación Actual de la Disposición Final en México

PRINCIPIOS DEL RELLENO SANITARIO

- Definición de relleno sanitario
- Definición de celda diaria, franja y capa
- Métodos de relleno sanitario (área, trinchera y combinado)
- Estimación de la capacidad volumétrica y vida útil de un relleno sanitario
- Protección ambiental en un relleno sanitario (protección del suelo, del aire, del agua, de la flora y la fauna, aspectos estéticos)



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

- Procesos Físicos, Químicos y Biológicos que afectan a los residuos en un relleno sanitario

SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO

- Definición del área de estudio
- Identificación de áreas o regiones potenciales
- Ubicación de sitios potenciales
- Estudios de campo (Geología, Geohidrología, Mecánica de suelos, geofísica)
- Evaluación de sitios factibles
- Legislación (NOM-083-ECOL-1996 y Proyecto de NOM-084-ECOL-1994)

DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS

- Elección del área y método de relleno
- Dimensionamiento (Ancho, alto y longitud de celda, estimación de volúmenes y especificaciones de cubierta diaria, intermedia y final)
- Desarrollo del plan de relleno (programación de frentes de trabajo y contorno de áreas rellenas)
- Selección de equipo
- Requerimientos de personal
- Diseño de obras complementarias (Control de escurrimientos superficiales, Caminos de acceso, Celda de emergencia, Areas administrativas, Cerca perimetral, Báscula, Iluminación, etc)
- Sistemas de Control (Residuos peligrosos, vehículos pequeños y particulares, etc.)



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

- Costos (Construcción, Operación, Clausura y Post-clausura)

BIOGAS

- Generación
- Movimiento y Control
- Usos

ESTABILIDAD DE TALUDES

- Principios básicos
- Análisis de estabilidad
- Profundidad y altura del relleno
- Obras para contención de taludes

SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN

- Materiales geosintéticos
- Diseño e instalación de sistemas impermeables
- control de calidad y aseguramiento de la calidad)



AMCRESPAC



DEC
PALACIO DE MINERÍA



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

LIXIVIADOS

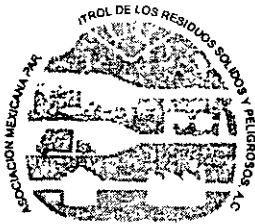
- Generación
- Control
- Tratamiento

MONITOREO

- Biogas
- Lixiviado
- Partículas
- Ruido
- Aguas subterráneas
- Estabilidad

OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

- Recepción y pesaje de vehículos
- Movimiento de maquinaria



AMCRESPAC



DEC
PALACIO DE INGENIERÍA



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

- Construcción de Celda y compactación (Frente de trabajo mínimo, distribución y compactación de residuos, colocación y compactación de cubierta)
- Control de dispersión de residuos

- Colocación y compactación de cubiertas
- Manejo de residuos especiales (Voluminosos, Escombros, Animales muertos, Llantas, Materiales ligeros, RPBI's, etc.)
- Preparación de áreas de relleno a futuro (excavación, impermeabilización, colección de lixiviados, sistemas de monitoreo)
- Mantenimiento de equipo e infraestructura
- Administración del Relleno (manuales, reglamento, formatos de control, registros, reportes, etc.)

CLAUSURA Y CUIDADOS A LARGO PLAZO

- Definición del contorno y uso final
- Procedimientos para clausura
- Construcción sobre rellenos
- Cuidados a largo Plazo



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

CURSO DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Del 24 al 26 de Mayo

TEMARIO

DÍA	HORA	TEMA	PONENTE
24	9:00 a 9:30	INAUGURACIÓN	ING. ALFONSO CHAVEZ V.
	9:31 a 10:30	INTRODUCCIÓN	ING. GUSTAVO ROSILES CASTRO
	10:45 a 13:00	PRINCIPIOS DEL RELLENO SANITARIO	ING. FELIPE LÓPEZ SÁNCHEZ
	13:00 a 14:00	SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO	ING. JOSÉ JUAN MORALES REYES
	14:00 a 15:00	COMIDA	
	15:30 a 16:30	SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO	ING. JOSÉ JUAN MORALES REYES
	16:45 a 19:00	DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS	ING. HERIBERTO BARCENAS RAMÍREZ



DEC
PALACIO DE MINERÍA



División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

CURSO DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TEMARIO

DÍA	HORA	TEMA	PONENTE
25	9:00 a 10:300	BIOGAS	ING. JOSÉ LUIS ARVÍZU
	10:45 a 12:30	ESTABILIDAD DE TALUDES	ING. ROBERTO BOSCO ROMERO
	12:30 a 14:00	LIXIVIADOS	ING. NOÉ MENDOZA
	14:00 a 15:00	COMIDA	
	15:00 a 16:30	SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN	ING. ALEJANDRO RAMÍREZ MANZANO
	16:45 a 19:00	CLAUSURA Y CUIDADOS A LARGOS PLAZO	ING. VÍCTOR RODRÍGUEZ PIÑA

DÍA	HORA	TEMA	PONENTE
26	9:00 a 11:00	OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS	ING. OSCAR VAZQUEZ
	11:15 a 13:00	VISITA RELLENO SANITARIO TLALNEPANTLA	ING. OSCAR VAZQUEZ
	13:00 a 13:45	MESA REDONDA	FELIPE LÓPEZ SÁNCHEZ, OSCAR VAZQUEZ, JOSÉ JUAN MORALES REYES
	13:46 a 14:00	CLAUSURA	ALFONSO CHÁVEZ V.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE
RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES**

TEMA

PRINCIPIOS DEL RELLENO SANITARIO

**EXPOSITOR: M. EN I. FELIPE LOPEZ SANCHEZ
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

PRINCIPIOS DEL RELLENO SANITARIO

M. en I. Felipe López Sánchez.
SEPI - ESIA - IPN.

PRINCIPIOS DEL RELLENO SANITARIO

1. DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO

SEDESOL/SECOFI

“RELLENO SANITARIO, ES UNA OBRA DE INGENIERÍA PLANEADA Y EJECUTADA, PREVIENDO LOS EFECTOS AL AMBIENTE PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES”.

AMERICAN SOCIETY CIVIL ENGINEERING

“RELLENO SANITARIO, ES UNA TÉCNICA PARA LA DISPOSICIÓN DE LA BASURA EN EL SUELO SIN CAUSAR PERJUICIOS AL MEDIO AMBIENTE Y SIN CAUSAR MOLESTIAS O PELIGRO PARA LA SALUD Y SEGURIDAD PÚBLICA; ESTE METODO UTILIZA PRINCIPIOS DE INGENIERIA PARA CONFINAR LA BASURA, EN LA MENOR ÁREA POSIBLE, REDUCIENDO SU VOLUMEN AL MÍNIMO PRACTICABLE Y CUBRIENDO LA BASURA ASÍ DEPOSITADA CON UNA CAPA DE TIERRA CON LA FRECUENCIA NECESARIA”.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

“RELLENO SANITARIO ES UN MÉTODO DE INGENIERÍA PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SUELO, DE MANERA QUE LE DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE: MEDIANTE EL ESPARCIDO DE LOS RESIDUOS EN PEQUEÑAS CAPAS, COMPACTANDOLOS AL MENOR VOLUMEN PRÁCTICO Y CUBRIENDOLOS CON TIERRA AL FINAL DEL DÍA DE TRABAJO”.

2. DEFINICIÓN DE CELDA DIARIA, FRANJA Y CAPA.

2.1 Celda diaria.

Se llama celda a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos municipales y al material de cubierta (tierra) debidamente compactados mediante un equipo mecánico.

Las celdas se diseñan conociendo la cantidad de residuos sólidos recolectados diariamente que llegan al sitio del relleno sanitario seleccionado.

Los elementos de una celda son:

- * Altura.
- * Largo.
- * Ancho de frente de trabajo.
- * Pendiente de los taludes.
- * Espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas.

El dimensionamiento de la celda diaria partirá de:

- * El volumen crítico de residuos recibidos al día en el sitio.
- * El frente de trabajo necesario.
- * El peso volumétrico de los desechos, considerando la compactación que reciban por la maquinaria existente,
- * La altura que operacionalmente se pueda alcanzar.

Las dimensiones de la celda diaria se pueden expresar como:

$$D = \frac{V}{Lh} + c \quad \text{con} \quad V = \frac{\text{peso total de residuos recibidos}}{\text{peso volumetrico}}$$

donde:

D= Desarrollo de la celda (m).

V= Volumen de recepción de residuos al día (m³).

h= Altura de la celda (m).

L= Longitud del frente de trabajo (m).

C= Espesor de la cobertura diaria (usualmente 20cm.).

Adicionalmente debe calcularse el volumen de tierra necesario para la cobertura, considerando para esto:

- a) La geometría de la celda.
- b) Los taludes a emplear.
- c) El espesor de la cubierta.

FRENTE DE TRABAJO.

Es el espacio destinado a la recepción de desechos mediante distintos vehículos en el sitio de disposición final.

Su dimensionamiento debe considerar:

- * El espacio necesario para las maniobras de los vehículos.
- * El espacio necesario para el acamellonamiento de material de cubierta (dependiendo del método de operación).
- * Las dimensiones de la celda diaria.
- * Descarga simultánea de vehículos en la hora pico.

La longitud del frente de trabajo se calcula como:

$$L = \left[\frac{n * t}{60} \right] a + \sum_{i=1}^M A$$

El dimensionamiento del frente de trabajo debe responder a los siguientes requerimientos:

- a) Permitir el movimiento de la maquinaria que cubre desde arriba los desechos con tierra (se recomienda no disminuir por debajo de 10 m, aproximadamente el ancho de dos bulldozers).
- b) Permitir la descarga simultanea de vehículos en la hora pico para evitar encolamientos.

COBERTURA DIARIA

La finalidad de la cobertura diaria es de evitar los impactos causados por:

- * La proliferación de fauna nociva.
- * La dispersión de basura.
- * Los malos olores.
- * La infiltración de agua pluvial.
- * Presencia de biogas y riesgo de incendios.
- * Estética.

El tipo de material a emplear (arcillosos o granular) se propondrá de acuerdo a la función de control de impactantes que tenga mayor jerarquía.

El espesor de la cubierta diaria suele considerarse entre 15 y 26 cm, haciendose mayor en zonas en las que no se operará por más de un mes (unos 30 cm). La cobertura final del relleno suele llegar a un espesor de 60 cm.

La relación entre el volumen de material de cubierta y el volumen de residuos varía entre el 10 % y 25 %, siendo menor a mayor altura de la celda aunque esta altura debe mantenerse dentro del rango de eficiencia operativa.

2.2 Franja.

Se llama franja a un conjunto de celdas de relleno sanitario que se encuentran en una misma capa o nivel. Cada celda del relleno se unirá con la celda del día siguiente y ésta , a su vez, con la del tercer día y así sucesivamente hasta formar una hilera de celdas que se denominan franjas.

Tomando en cuenta las franjas y las capas programadas, se deben considerar las obras de infraestructura, tales como caminos de acceso y drenajes.

El diseño de franjas, estará de acuerdo con la topografía de la localidad y su numero dependerá de las dimensiones de la celda requerida diariamente para depositar los residuos sólidos.

2.3 Capa.

Se llama capa al conjunto de celdas que ocupan un mismo nivel en un relleno. Las celdas se unen unas con otras para formar las franjas y éstas al unirse forman lo que se denomina capa.

Las capas se diseñan considerando la altura del sitio disponible para el relleno y al ubicarse en el plano de construcción, se calendarizan y se enumeran de abajo hacia arriba usando dos subíndices, uno indicando capa y otro celda.

Para evitar infiltraciones pluviales y facilitar el escurrimiento del agua de lluvia, la superficie de las capas tendrá una pendiente del 1 al 2% a partir del eje longitudinal de la capa.

3. METODOS DE RELLENOS SANITARIOS.

3.1 Operación de un relleno sanitario.

Las principales actividades ó conceptos de obra para la operación de un relleno sanitario son los siguientes:

No concepto	DESCRIPCION	Unidad
1	Extendido y compactación de residuos sólidos mediante empuje y bandeo con un tractor sobre orugas, equipado con una hoja topadora, en capas con un espesor máximo de 60 cm, sobre un talud de 3:1 del frente de trabajo. Cada capa deberá ser compactada uniformemente en toda su superficie con un mínimo de cuatro pasadas.	Ton.
2	Preparación de la superficie para dar los niveles finales y recibir el material de cobertura, por medio de bandeo con tractores en sentidos transversales, con un traslape de 25% de ancho de la zapata. La tolerancia en los niveles será de más 10 menos 5 cm.	m ²
3	Extendido y compactación de una capa de cobertura (tepetate) con un espesor de 35 cm, abundado y 25 cm, compactado, cerrando huella en sentidos longitudinales y transversales, mediante el paso del tractor. Posteriormente con un vibrocompactador de rodillo liso, se dará un mínimo de cuatro pasadas a toda el área cubierta incorporando el agua necesaria para obtener una buena compactación.	m ²

No concepto	DESCRIPCION	Unidad
4	Carga y acarreo de material de cobertura (tepetate) hasta una distancia de un kilometro. Se deberá incluir el tiempo de carga del camión, el transporte a una distancia menor o igual a un kilometro, descarga en el sitio de utilización y el personal necesario para la correcta realización de cada una de las actividades.	m ³
5	Riego con agua de pipa de 10,000 lts, de capacidad en una zona de transito para evitar polvos y en los frentes de trabajo para conseguir la humedad necesaria del material de cobertura.	m ³
6	Personal requerido para realizar la limpieza manual de residuos sólidos en la zona de influencia del frente de trabajo, incluye el acarreo del mismo, así como todas las actividades necesarias para dejar el área terminada, totalmente limpia.	Día

3.2 Método de Trinchera..

Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimientos de tierra.

Generalmente la trinchera es de sección trapezoidal, requiriéndose estudios de estabilidad de taludes para su construcción.

Presenta ventajas de que el producto de excavación se emplea como material de cubierta.

3.2 Método de Área.

Este método se puede usar donde no sea factible la excavación y en cualquier terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos y depresiones; un punto importante en método, para que el relleno sea económico, es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a éste.

3.3 Método Combinado.

En algunos casos cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo, se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continua con el método de área en la parte superior.

Otra variación del método combinado, consiste en iniciar con un método de área, excavado el material de cubierta de la base de la rampa, formandose una trinchera, la cual servirá también para ser rellenada.

4. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD VOLUMÉTRICA Y VIDA ÚTIL.

Se requiere la definición de los siguientes conceptos:

- * Altimetría y planimetría del sitio con objeto de encontrar el volumen disponible.
- * Proyección de población para años futuros.
- * Generación per-capita en kg./hab-día (incluyendo los residuos de origen no domiciliario). Y considerando un incremento del 1% anual en el valor de ésta generación.
- * Peso volumétrico alcanzado por los residuos sólidos en un relleno sanitario (750 - 900 kg./m³).
- * Material de cubierta depende de la altura de la celda diaria.

La vida útil del sitio se obtendrá:

Determinando el año para el cual los resultados encontrados para los requerimientos volumétricos acumulados del relleno sanitario sean sensiblemente iguales a la capacidad volumétrica del sitio, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$R = \sum_{i=1}^n \left(\frac{365 * G_i * P_i}{P_{Vi}} \right) + C_i \quad R \approx C_v$$

Donde:

R = Requerimientos volumétricos del relleno sanitario para el año "n".

n = Numero de años de vida útil.

G_i = Generación per-capita de residuos sólidos municipales del año "i" (kg./hab-día).

P_i = Población de proyecto para el año "i" (Hab).

P_{v_i} = Peso volumétrico de los residuos compactados (kg./m³).

C_v = Volumen disponible del relleno (m³).

C_i = Volumen de materia de cubierta para el año "i" (m³).

5. PROTECCION AMBIENTAL EN UN RELLENO SANITARIO.

Las principales afectaciones que un relleno sanitario puede producir en el ambiente se describen a continuación:

- a) **Aguas superficiales y subterráneas.** La principal afectación que un depósito de residuos sólidos puede generar en las aguas superficiales y subterráneas, son por los lixiviados, producto del paso del agua de lluvia a través de los paquetes de basura, cuya carga orgánica medida como DBO, puede alcanzar valores hasta de 40,000 p.p.m. Estos lixiviados no solo poseen una elevada carga de DBO sino que además pueden tener un alto contenido de metales pesados, bacterias coliformes y en ocasiones, hasta sustancias carcinogénicas.
- b) **Aire.** Las afectaciones de un sitio de disposición final de basura pueden provocar hacia la atmósfera, dependen en gran medida de la buena o mala operación del relleno sanitario. Normalmente los principales impactantes que puede generar, son: biogas, polvos, olores y en ocasiones humos. Estos impactantes, pueden afectar a la población asentada en la inmediaciones del sitio. Los polvos, se deben básicamente al manejo del material de cobertura de los residuos sólidos. Los olores se producen debido a los procesos de fermentación por bacterias anaerobias en la degradación de la materia orgánica presente en los residuos sólidos que da origen a la formación de biogas.

c) Suelo. La ubicación de un depósito de basura, implica la ocupación de un determinado sitio con una serie de características en cuanto a la calidad de suelo, vegetación y fauna, que en ocasiones son difíciles de proteger. Por lo anterior, el impacto puede ser mayor si el sitio se localiza en una zona de interés ecológico, ya que puede causar daños irreparables en los ecosistemas; por lo que para estos casos, habrá que considerar en la elección del sitio, ciertas variables que se refieran a las características de los ecosistemas colindantes con el sitio.

b) Salud pública. La afectación de la salud pública, normalmente se asocia a los problemas generados por bacterias patógenas y por vectores como moscas, ratas y en general fauna nociva que pueden desarrollarse y/o alimentarse en los sitios de disposición final.

Como esta última problemática se minimiza con la implantación de una zona de amortiguamiento y una barrera arbórea, así como con una correcta operación, a continuación se enfocará el tema, hacia el control de los lixiviados y el biogás.

LIXIVIADO

Es producido por la disolución y suspensión de algunos constituyentes de los residuos en el agua que los atraviesa.

- Contiene contaminantes sólidos disueltos y suspendidos

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DEL LIXIVIADO

- Composición de los residuos sólidos
- Actividad física, química y biológica en el relleno sanitario
- Condiciones climatológicas predominantes en el sitio
- Tipo de residuos y edad del relleno.

EFFECTOS DEL LIXIVIADO EN EL AMBIENTE

- Es altamente agresivo al contacto físico
- Tiene un olor desagradable
- Es tóxico a los seres humanos y animales
- Si no es controlado, puede infiltrarse al subsuelo y contaminar el manto freático.

LA CANTIDAD DE LIXIVIADO PUEDE MINIMIZARSE

- Desviando el agua de lluvia que pudiera llegar al relleno sanitario
- Desviando el agua de escurrimiento superficial
- Controlando el ingreso de agua al interior del relleno sanitario

¡IMPORTANTE!

No permita la disposición de líquidos en su relleno sanitario.

CONTROL DE ESCURRIMIENTOS

- Construcción de un canal superficial en la periferia del relleno sanitario para desvío del agua
- Construcción de una red ductos en el interior del sitio de disposición

MIGRACIÓN DE LIXIVIADO

- Emigra a través de las grietas que se forman en las celdas debida a los asentamientos diferenciales
- Emigra a través del subsuelo cuando el tipo de suelo es permeable.

EFFECTOS DE LA DESCARGA DEL LIXIVIADO

- Olores desagradables
- Contaminación de cuerpos de agua superficiales
- Destrucción de vegetación
- Pueden alcanzar el agua subterránea (difícil de detectar y caro de remediar).

ALGUNOS MÉTODOS DE PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN POR LIXIVIADOS

- Seleccionar de manera adecuada el sitio de acuerdo a lo indicado en la normatividad.
- Mediante la construcción de obras de ingeniería red conducción y sistema de almacenamiento.
- Impermeabilización del nivel de desplante

IMPERMEABILIZACIÓN

- Puede realizarse mediante la colocación de material natural (suelo altamente impermeable)
- Mediante la utilización de geomembrana

TRATAMIENTO DEL LIXIVIADO

- Descarga en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Recirculación dentro del relleno sanitario.

BIOGAS.

- Es producido por la degradación en condiciones aerobias primero y después anaerobias de la materia orgánica contenida en los desechos sólidos.
 - Los dos componentes principales son:
 - Metano (CH_4)
 - Bióxido de carbono (CO_2)

METANO

- Incoloro e inodoro
- Más ligero que el aire
- Insoluble en el agua
- Altamente explosivo en el aire en concentraciones del 5 al 15% en volumen
- Asfixiante cuando se encuentra en altas concentraciones
- Poder calorífico 8847 Kcal/m³.

DIÓXIDO DE CARBONO

- Incoloro e inodoro
- Más pesado que el aire
- Inodoro
- Altamente soluble en el agua (forma H_2CO_3)
- No combustible
- Se produce durante la degradación aerobia.

MIGRACIÓN DEL BIOGAS

- Se desplaza con facilidad de manera horizontal y vertical de acuerdo a la resistencia mínima.
- Puede migrar fuera del relleno.
- Puede captarse mediante pozos que se construyen a través de los estratos de residuos, equipándose dichas estructuras para que el biogas sea desalojado a cielo abierto venteado o quemado.; o bien para ser utilizado como una fuente alterna de energía.
- Puede causar explosiones.

DESPLAZAMIENTO DEL BIOGAS DEPENDE DE. . .

- Las características del material de cubierta de los desechos sólidos.
- Las características geológicas del suelo en donde se desplanta el relleno sanitario.
- Características geológicas del suelo adyacente.
- Tipo de los residuos del relleno.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EMIGRACIÓN DEL BIOGAS AL AMBIENTE

- Agrietamiento del material de cubierta
- Presión del gas
- Precipitación pluvial
- Porosidad del suelo
- Cambio de clima

SISTEMAS DE CONTROL.

- Sistema activo
Extracción en pozos mediante sistemas mecánicos (sopladores)
- Sistema pasivo
Mediante los gradientes de presión y concentración del biogas a través de trincheras y pozos de venteo.
- Pozos de Monitoreo

MONITOREO DE BIOGAS

- Consiste en llevar a cabo la medición de las condiciones cuantitativas del biogas.
 - El monitoreo puede llevarse a cabo directamente en el sitio
 - El equipo para llevar a cabo el monitoreo es portátil (explosímetro, gasómetro, termómetros, etc.)
 - Los resultados del monitoreo se dan de inmediato
 - El costo del monitoreo es relativamente barato cuando se cuenta con el equipo
 - El personal no requiere ser altamente calificado

6. PROCESOS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLOGICOS EN UN RELLENO

SANITARIO.

1. Existen tres tipos de descomposición de los residuos sólidos dependientes entre sí en un Relleno Sanitario:

*Biológica: Consiste en mecanismos complejos que transforman biológicamente el material orgánico en material parcial o totalmente descompuesto, así como en productos finales gaseosos.

*Química: La descomposición se efectúa a través de la hidrólisis, disolución – precipitación, absorción – desorción, o intercambio iónico de los componentes, dando como resultado cambios en sus características y un gran movimiento de los diferentes constituyentes, formados a través de los estratos de los residuos sólidos.

*Física: En adición a los cambios físicos, precipitación, etc. incluye la caída o movimiento de los componentes residuales por la acción de la percolación del agua a través del Relleno Sanitario y a la difusión debida a los gradientes de concentración y al flujo, como resultado de los gradientes de presión.

2. El gas metano es producido por la descomposición bacteriana de la fracción orgánica de los residuos sólidos en rellenos sanitarios.

3. La fracción orgánica contenida en los residuos es degradada por microorganismos, hongos, etc. a materiales orgánicos simples.

4. Los residuos sólidos municipales contienen materia orgánica, humedad y toda clase de microorganismos.

5. Aproximadamente la mitad del total del peso seco de los residuos sólidos municipales es papel, madera, cartón y residuos de jardinería los cuales son casi celulosa pura.

6. La celulosa es una fibra polímera insoluble de glucosa.

7. La celulosa es un nutriente para diversas especies de hongos y bacterias, la cual degradan en azúcar – glucosa soluble.

8. La glucosa es un excelente nutriente y fuente de energía que puede ser utilizado por un rango muy amplio de microorganismos que utilizan celulosa.
9. La glucosa puede ser degradada bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas.
10. Se forma una variedad de productos derivados de la celulosa y otros materiales orgánicos.

FASES DE DESCOMPOSICIÓN DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

a) Fase de descomposición aeróbica.

1. Cuando los residuos sólidos están compactados y cubiertos en el Relleno Sanitario, el medio es muy poroso. Los huecos existentes están llenos de aire, en el cual el 78 % es nitrógeno, 21 % oxígeno y 1 % trazas de otros gases.
2. La fase inicial de la descomposición microbiana de un residuo sólido en un Relleno Sanitario toma lugar en una atmósfera aeróbica, por lo que solamente microbios aeróbicos y facultativos son activos.
3. Bajo condiciones aeróbicas, los residuos sólidos son oxidados a bióxido de carbono y agua, con liberación de energía (calor)
4. La reacción genera grandes cantidades de calor, elevando la temperatura en el Relleno Sanitario a más de 154 ° F (68 ° C).
5. El principal producto que se forma en esta fase es bióxido de carbono (90 %).
6. El oxígeno es consumido durante el proceso de descomposición aeróbica y si no entra más aire (O₂) al Relleno Sanitario, el proceso de digestión aeróbica cesará eventualmente y la digestión anaeróbica iniciará.
7. La transición de la digestión aeróbica a anaeróbica en un Relleno Sanitario es gradual, ocasionada por cierta cantidad de oxígeno que es suministrado a través del material de cubierta.
8. La fase aeróbica puede tomar hasta 3 meses, dependiendo de cierto número de factores. Es relativamente rápida comparada con las diferentes fases anaeróbicas que se efectúan posteriormente.

b) Fase de descomposición anaeróbica no – metanogénica

1. La digestión anaeróbica en esta fase es llevada a cabo por bacterias formadoras de ácidos como Clostridium spp, Lactobacillus, Actinomyces, Escherechia coli, entre las que han podido ser identificadas.
2. Durante esta fase, la materia orgánica con altos pesos moleculares insolubles, es transformada en materiales muy simples y solubles en agua.

a) Celulosa → Glucosa

b) Proteínas → Aminoácidos

c) Grasas → Glicerol y Acidos Grasos

3. Se produce aproximadamente el 82 % de bióxido de carbono, el 5 % de nitrógeno y el 10 % de hidrógeno.

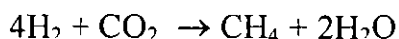
c) Fase anaeróbica metanogénica inestable

Esta fase toma lugar simultáneamente con la fase anterior.

La producción de metano comienza después de que todo el oxígeno ha sido consumido.

Las bacterias que forman metano son necesariamente anaeróbicas. El oxígeno en cualquier cantidad inhibe su actividad, sin embargo, éstas forman esporas y cuando regresan las condiciones anaeróbicas iniciales, recuperan nuevamente su actividad normal.

En ausencia del oxígeno, las bacterias que forman metano convierten a los ácidos orgánicos en 50 % bióxido de carbono y 50 % metano aproximadamente. El gas es saturado con vapor de agua. También se presentan pequeñas cantidades de ácido sulfhídrico (H₂S) y nitrógeno (N₂). Las bacterias metanogénicas son también capaces de generar metano a partir de bióxido de carbono e hidrógeno, cuando ambos están presentes, de acuerdo a la siguiente reacción.



Una pequeña cantidad de energía es perdida en el proceso de conversión de los residuos sólidos a metano, permaneciendo el 90 % de la energía de los residuos sólidos en éste. Por lo tanto, se genera menos calor que cuando la descomposición aeróbica se concluye.

d) Fase metanogénica anaeróbica en estado estable.

Durante esta fase, las condiciones de producción y composición del gas se acercan a un estado estable.

Las concentraciones de gas metano se estabilizan en un rango de 50 – 60 % por volumen.

Los rangos de concentración de bióxido de carbono están entre 40 y 50% por volumen.

También están presentes trazas de otros gases (por ejemplo, ácido sulfhídrico, mercaptanos, etc.). Estos gases son las fuentes del olor de los rellenos sanitarios.

El tiempo requerido para la estabilización del metano, varía de pocos meses, a varios años, dependiendo de los factores que afectan la producción de metano.

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE METANO.

a) Es esencial una total condición anaeróbica.

No debe existir oxígeno debido a que inhibe a la bacteria formadora de metano.

b) Contenido de humedad

Para la producción óptima de metano se requiere del 60 al 80% de humedad. Algunos rellenos sanitarios con el 20 %, todavía generan biogas.

c) Temperatura.

1. Para la producción óptima de metano, se requiere una temperatura de 86 – 158 ° F (30 – 70 ° C).

2. Temperaturas abajo de los 59 ° F (15 ° C) retardan seriamente la actividad bacteriana metanogénica.
3. Normalmente las temperaturas máximas del Relleno Sanitario son de 86 – 104 ° F (30 – 40 ° C) pero dependiendo del clima, caen típicamente a rangos de 68 ° F (20 ° C) dependiendo de la edad del Relleno Sanitario.
4. Con frecuencia las temperaturas de los rellenos sanitarios son menores al rango óptimo para las bacterias metanogénicas (30 °C a 70 °C), por lo que la generación total de metano y la composición del biogas se ven afectadas.

d) Grado de descomposición por tipo de residuo.

1. “Basura”, lodos, materia orgánica, azúcares, grasas, almidones, etc. fácilmente degradables.
2. Residuos de madera, celulosa, maleza, etc. moderadamente degradables.
3. Residuos de demolición, troncos, etc. lentamente degradables.
4. Vidrio, plásticos, lignina, etc., no degradables.

e) Variación de la composición de residuos en diversas áreas del Relleno Sanitario.

f) El intervalo óptimo del pH para la producción de metano es de 6.8 a 7.2

El rango tolerable es de 6.0 a 8.0

g) Los materiales tóxicos (metales pesados, etc.) pueden inhibir la acción bacteriana, debido a que confieren características tóxicas al medio y con esto modifican o detienen la cinética del desarrollo bacteriano y la producción de metano



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TEMA

SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO

**EXPOSITOR: ING. JUAN JOSE MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO



AMCRESPAC

ING. JOSÉ JUAN MORALES REYES

COORDINADOR DE CURSOS

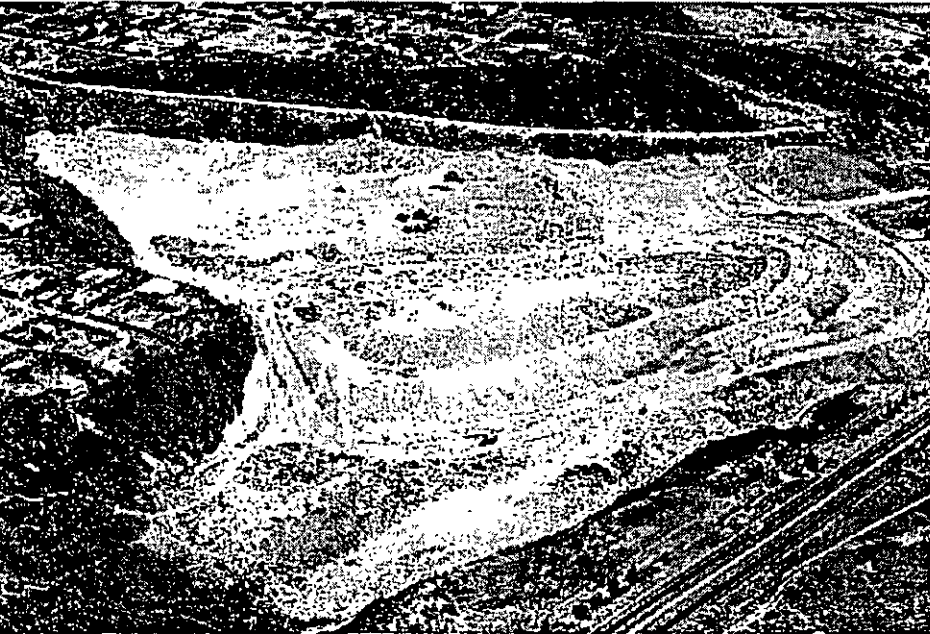
MAYO, 2001

JUSTIFICACIÓN



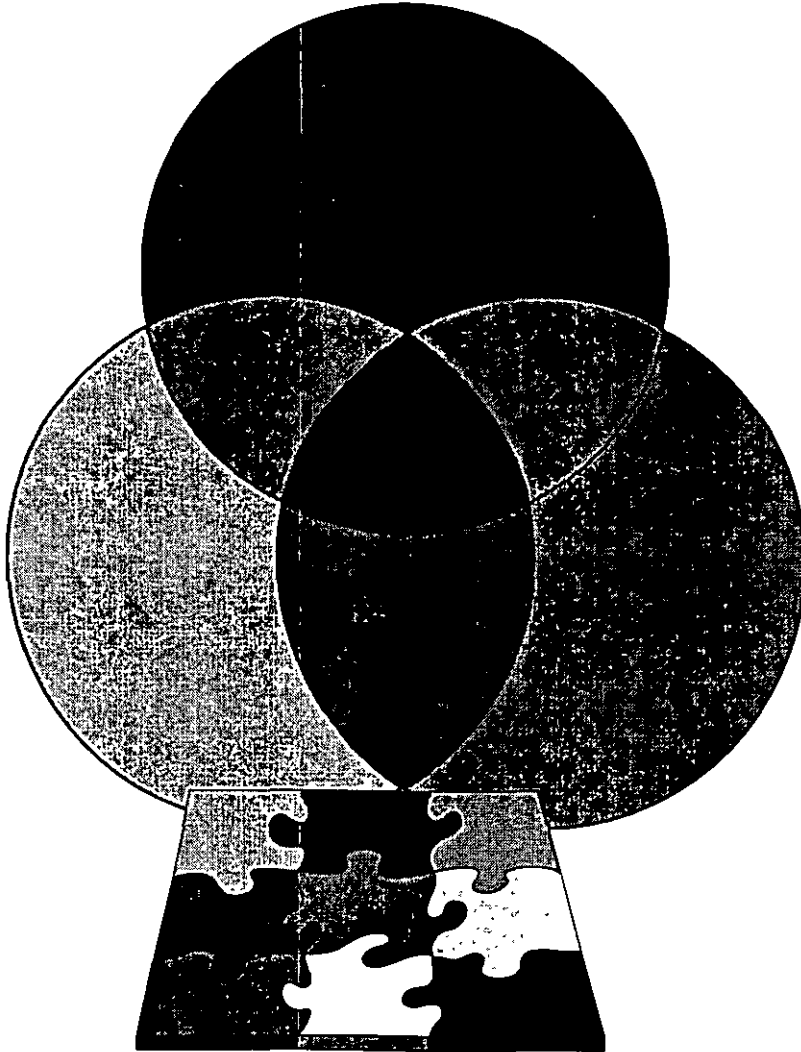
- En octubre de 1999, INCREMI estimó una vida útil nominal de 18 meses.
- Uso de algunas zonas demanda construcción de caminos temporales alternos, siendo indispensable asignar recursos económicos adicionales que preferentemente deben orientarse hacia obras requeridas para la clausura total del sitio .

JUSTIFICACIÓN...(continuación)



- Alcanzar cotas máximas demanda mayor esfuerzo de parque vehicular, ocasionando fallas y/o deterioro mecánico de unidades, además de riesgos de accidentes por altas pendientes.
- Infiltración pluvial por características de cubierta final demanda la urgente colocación de sello final, a fin de minimizar la producción de lixiviados que a su vez influye en la estabilidad de taludes
- Promulgación y entrada en vigor de la NOM-083-ECOL-1996₃

MÉTODO DE UBICACIÓN

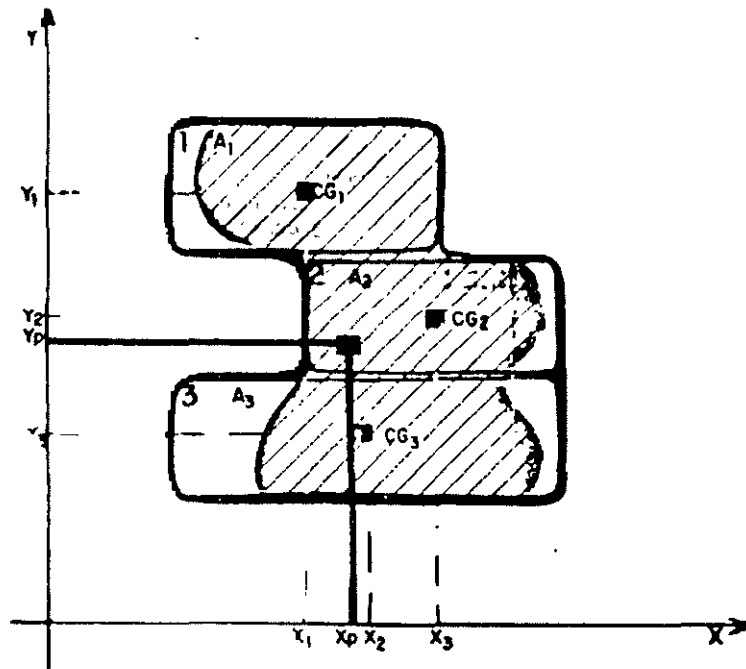


- RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN
- DELIMITAR ÁREA DE ESTUDIO
- IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS POTENCIALES
- IDENTIFICACIÓN DE SITIOS POTENCIALES
- EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL MEJOR SITIO

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Legislación Mexicana
- Legislación U.S.A.
- Cartografía INEGI
- Estudios previos UAG
- Estudios previos Municipio
- Plan de desarrollo Urbano Mpo. León
- Cuaderno Estadístico Municipal INEGI
- Fotografía aérea INEGI
- Proyecto de Relleno Sanitario SEDESOL
- Bibliografía Especializada

CENTRO DE GRAVEDAD PARA EL ÁREA DE ESTUDIO



 MANCHA URBANA
 ZONAS SIN HABITAR.

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i X_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)}$$

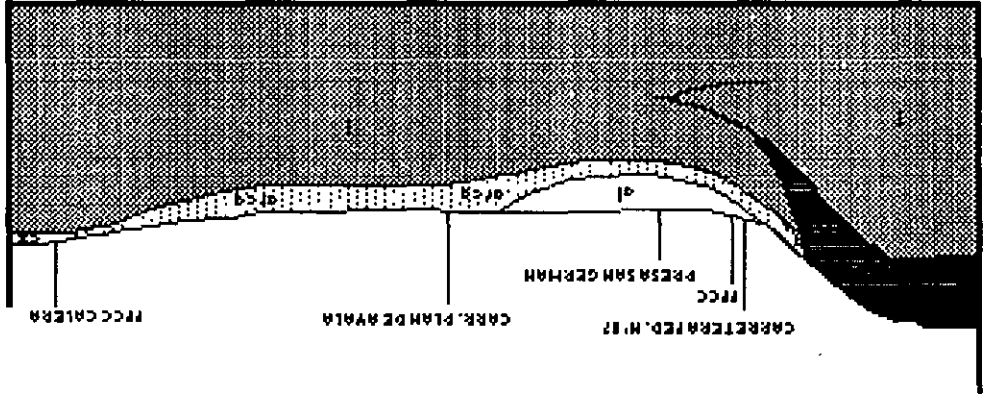
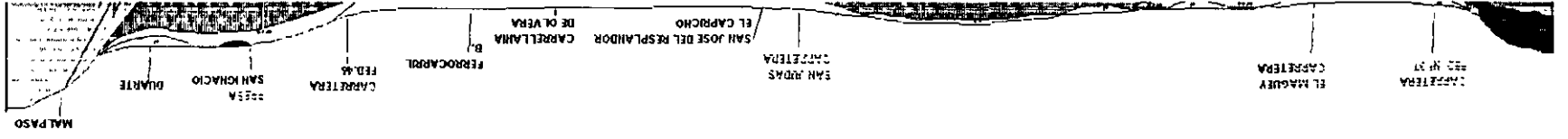
$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i Y_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)}$$

ÁREA DE ESTUDIO

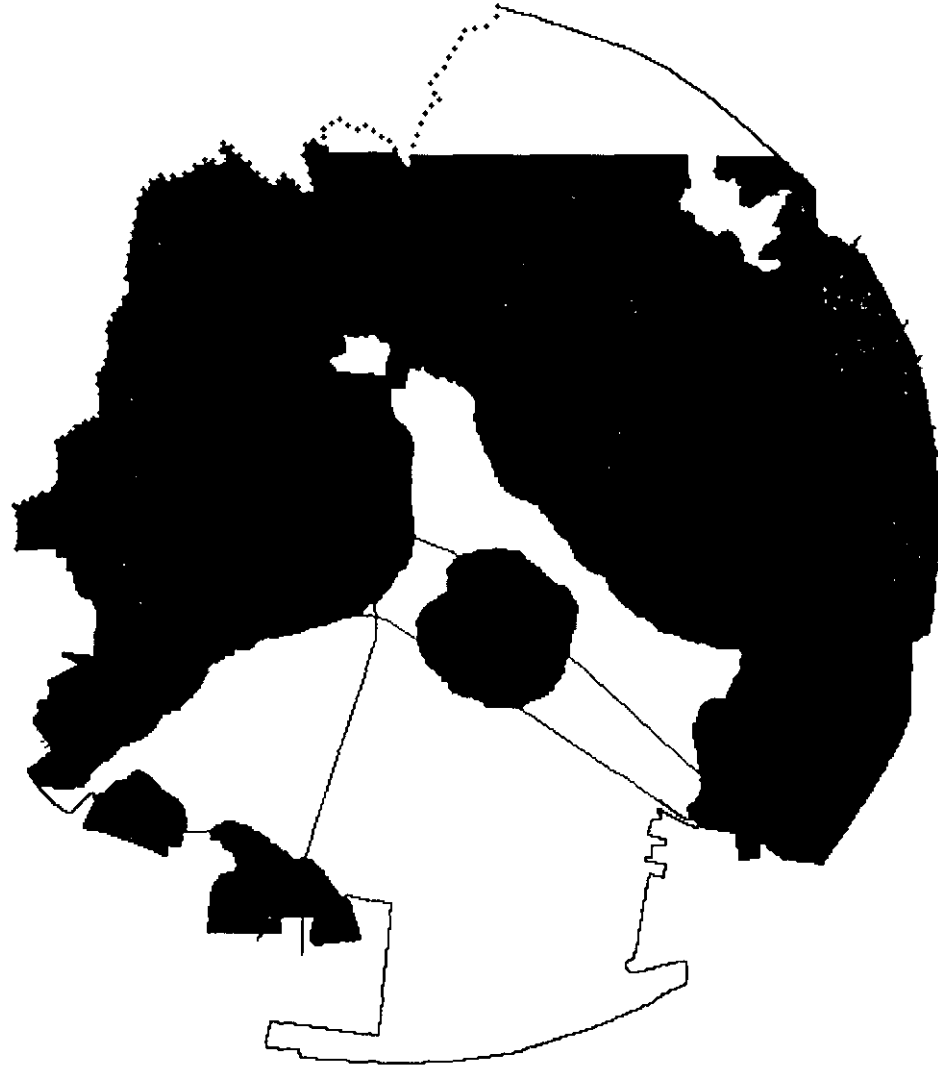


RESTRICCIONES CONSIDERADAS INICIALMENTE

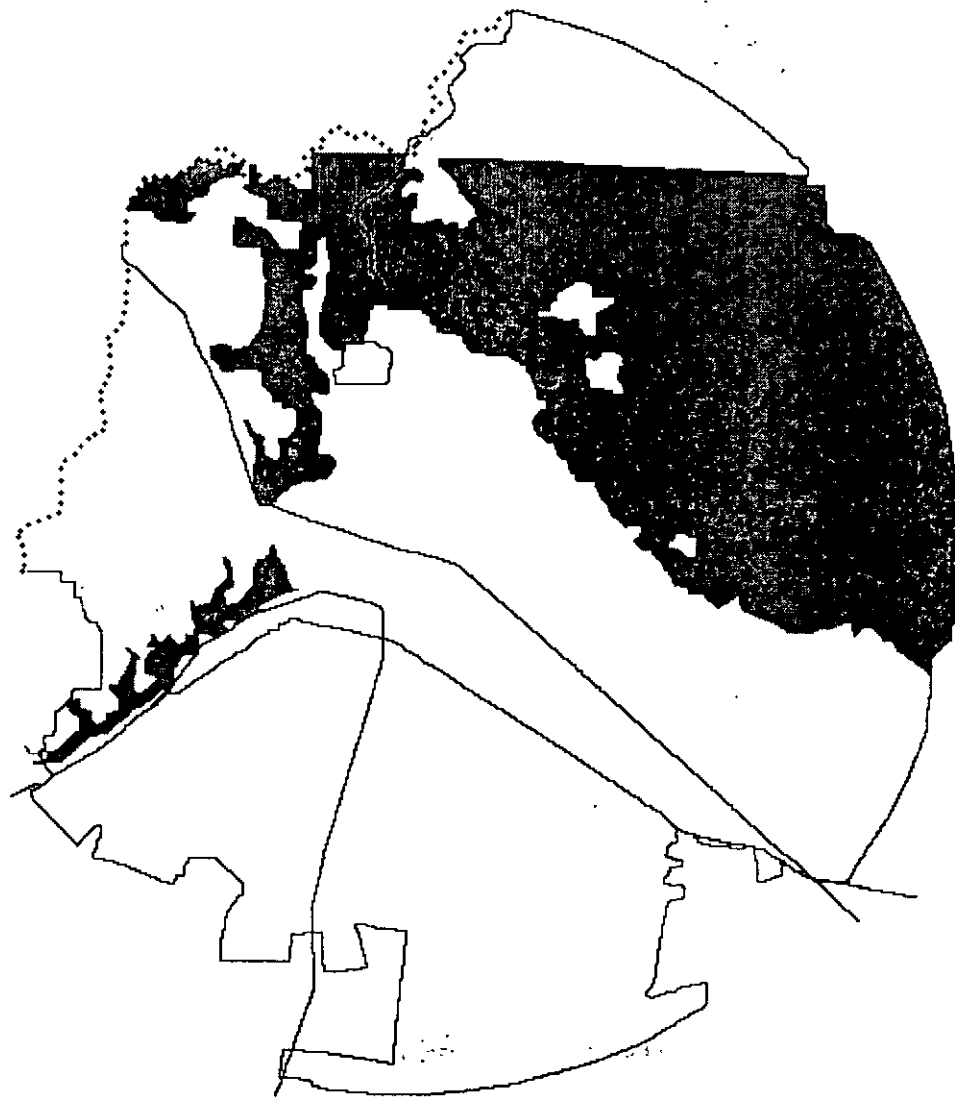
- **GEOLOGÍA**
- **EDAFOLOGÍA**
- **ZONAS URBANAS**
- **ECOLOGÍA**
- **ARQUEOLOGÍA**
- **HIDROL.
SUPERFICIAL**
- **HIDROL.
SUBTERRÁNEA**
- **EFFECTOS CLIMÁTICOS**
- **INFRAESTRUCTURA**
- **VÍAS DE
COMUNICACIÓN**
- **TOPOGRAFÍA**
- **USO DE SUELO**



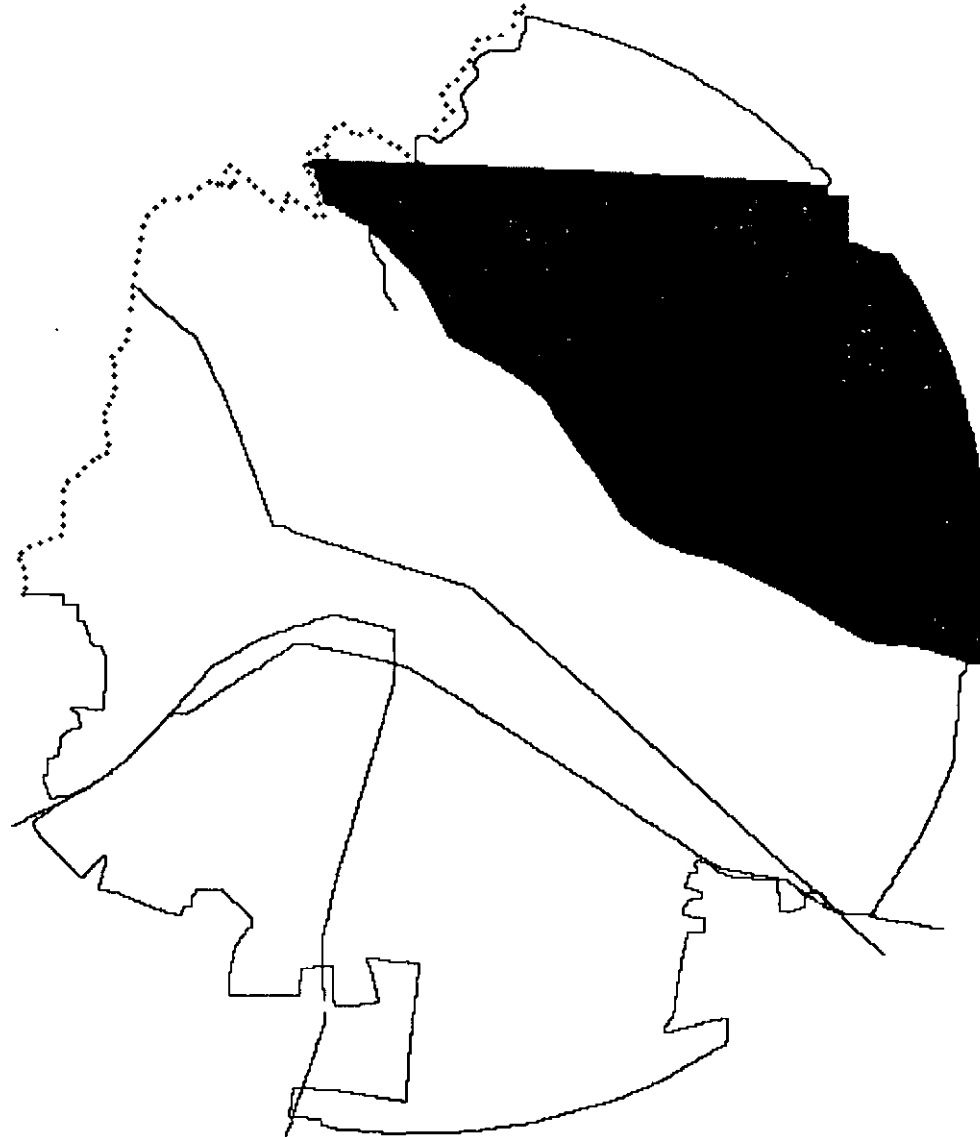
GEOLOGÍA



TOPOGRAFÍA



CLIMA (LLUVIA)



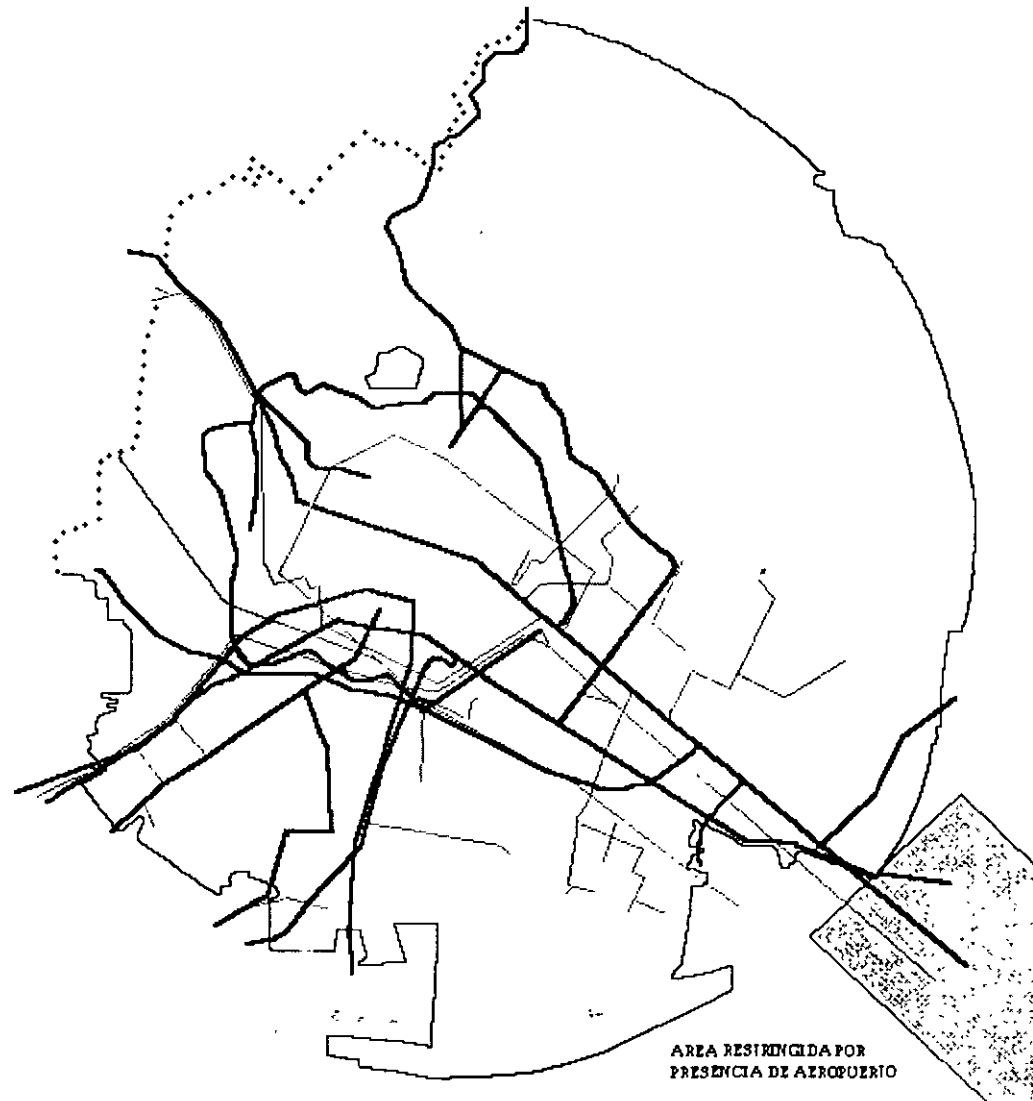
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL



EDAFOLOGÍA



INFRAESTRUCTURA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

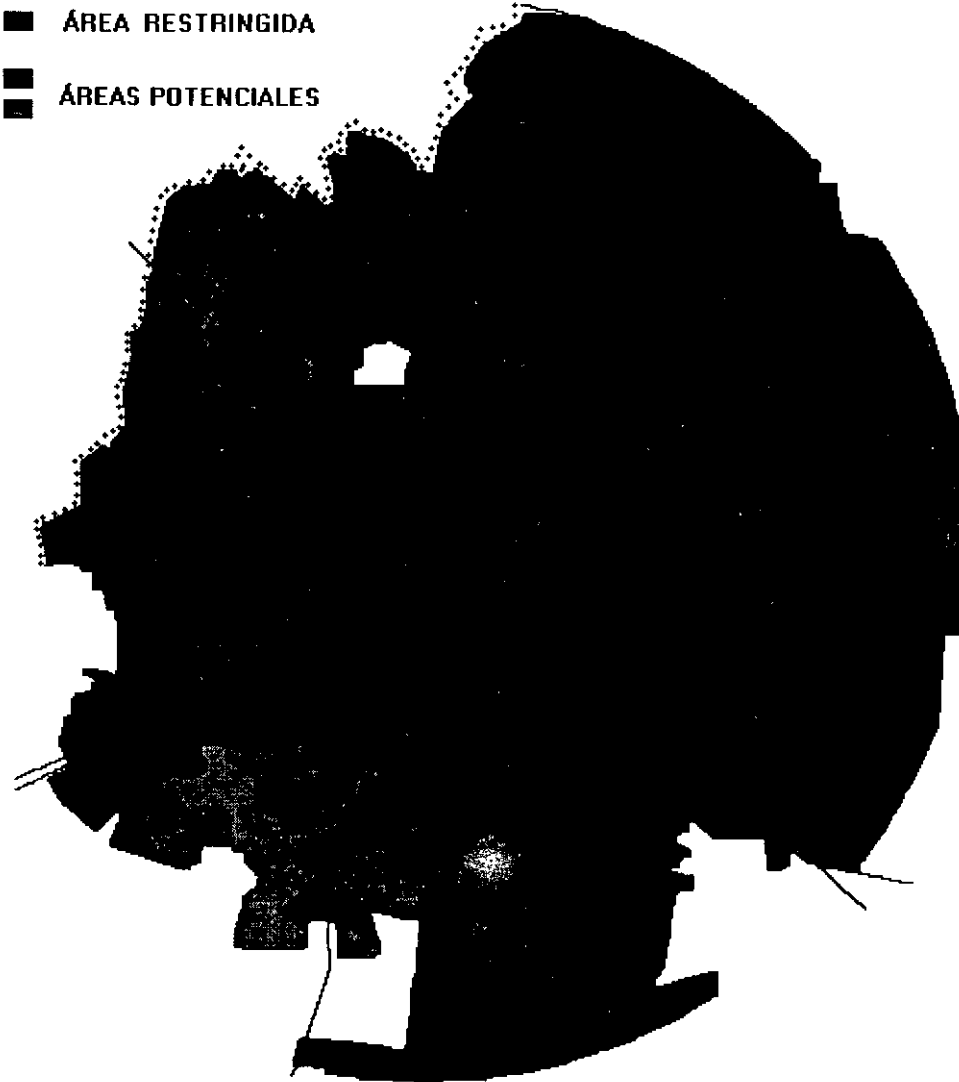


ÁREAS POTENCIALES

SIMBOLOGÍA

■ ÁREA RESTRINGIDA

■ ÁREAS POTENCIALES



SITIOS DISPONIBLES



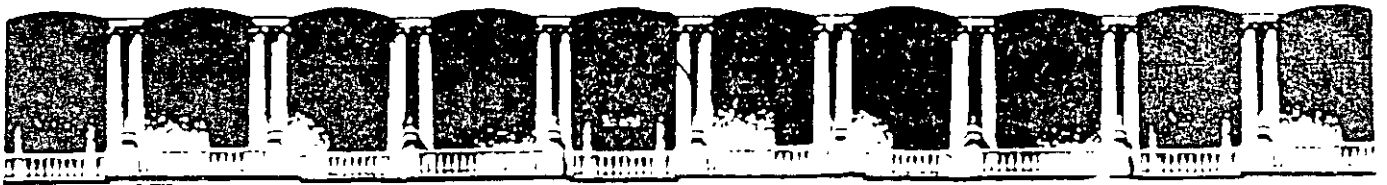
CRITERIO SEDUE

CRITERO	DESCRIPCIÓN					
	SITIO 1	SITIO 2	SITIO 3	SITIO 4	SITIO 5	SITIO 6
MATERIAL PARA COBERTURA	ACARREO LEJANO	ACARREO LEJANO	ACARREO LEJANO	ACARREO LEJANO	ACARREO LEJANO	ACARREO PARCIAL
ACONDICIONAMIENTO DE L SITIO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
CERCAÑÍA A ZONAS URBANAS (m)	150	300	1000	120	800	1000
INCIDENCIA DE VIENTOS	DIRECCIÓN A LA POBLACIÓN	DIRECCIÓN A LA POBLACIÓN	DIRECCIÓN A LA POBLACIÓN	DIRECCIÓN A LA POBLACIÓN	SENTIDO CONTRARIO	DIRECCIÓN A LA POBLACIÓN
VISIBILIDAD DEL SITIO	VISIBLE	VISIBLE	NO VISIBLE	VISIBLE	VISIBILIDAD MODERADA	VISIBILIDAD MODERADA
UBICACIÓN RESPECTO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL (m)	>250	>350	>250	>170	>650	>1000
UBICACIÓN EN LA CUENCA APORTADORA	FUERA	FUERA	FUERA	FUERA	FUERA	DENTRO
PERMEABILIDAD (cm/seg)	1×10^{-7}	1×10^{-7}	1×10^{-7}	1×10^{-7}	1×10^{-3}	1×10^{-7}
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100g)	>20	>20	>20	>20	>10	>20
PROFUNDIDAD DEL MANTO (m)	>10	>10	>10	>10	>10	>10
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	TERRACERÍA	TERRACERIA	TERRACERIA	TERRACERÍA	NO HAY	TERRACERÍA
VIDA ÚTIL. (años)	4	23	25	25	11	16
TOPOGRAFÍA	REGULAR	EXCELENTE	BUENO	BUENO	REGULAR	REGULAR
TENENCIA DE LA TIERRA	EJIDAL	EJIDAL	EJIDAL	EJIDAL	EJIDAL	PRIVADA

CALIFICACIÓN SEDUE MODIFICADO

TABLA 4.2b
CALIFICACIÓN DESITIOS POTENCIALES (SEDUE MODIFICADO)

CRITERIO	ÍNDICE DE IMPORTANCI A	CALIFICACIÓN					
		SITIO 4		SITIO 5		SITIO 6	
		CALIF	SUBTOTAL	CALIF.	SUBTOTAL	CALI F.	SUBTOTAL
MAERIAL PARA COBERTURA	0.7	0.7	0.49	0.85	0.595	0.85	0.595
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	0.25	0.7	0.18	0.7	0.18	0.7	0.175
CERCANÍA A ZONAS URBANAS	0.4	0.7	0.28	1	0.40	1	0.4
INCIDENCIA DE VIENTOS	0.05	0.7	0.04	1	0.05	0.7	0.035
VISIBILIDAD DEL SITIO	0.05	0.7	0.04	0.85	0.04	0.85	0.0425
UBICACIÓN RESPECTO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL	0.3	0.7	0.21	0.7	0.21	0.7	0.21
UBICACIÓN EN LA CUENCA APORTADORA	0.3	0.85	0.26	0.85	0.26	0.7	0.21
PERMEABILIDAD	0.6	1	0.60	0.7	0.42	1	0.6
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CÁTÓNICO	0.6	1	0.60	0.7	0.42	1	0.6
PROFUNDIDAD DEL MANTO	0.6	1	0.60	1	0.60	1	0.6
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.25	0.85	0.21	0.7	0.18	0.85	0.2125
VIDA ÚTIL	1	1	1.00	0.85	0.85	0.9	0.9
TOPOGRAFIA	0.2	0.85	0.17	0.7	0.14	0.7	0.14
TENENCIA DE LA TIERRA	0.25	0.7	0.18	0.7	0.18	0.7	0.175
SUMA	5.55		4.84		4.51		4.89



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE
RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES**

TEMA

DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS

**EXPOSITOR: ING. HERIBERTO BARCENAS RAMIREZ
ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

**División de Educación Continua
Facultad de Ingeniería
U.N.A.M**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE
MANEJO DE RESIDUOS**

**MÓDULO III
DISPOSICIÓN FINAL DE
RESIDUOS MUNICIPALES**

**TEMA:
DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS**

**Responsable:
Ing. Heriberto Bárcenas Ramírez
Ing. José Juan Morales Reyes**

24 de mayo 2001

México, D.F.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población que ha experimentado en las últimas décadas las principales ciudades de Latinoamérica, debido a la concentración de actividades económicas e industriales, ha propiciado una fuerte demanda de los servicios públicos, rebasando la capacidad de las autoridades para la prestación de éstos con la cantidad y calidad que se requiere. Uno de los servicios que se ve seriamente afectado por el crecimiento urbano, es el Servicio de Aseo Urbano, el cual está integrado por la recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.

La disposición final de los residuos sólidos es la última etapa del Sistema de Aseo Urbano de cualquier ciudad y está íntimamente relacionada con la preservación del ambiente, así como con la salud de la población, por lo que se le debe tratar y controlar mediante un sistema adecuado que minimice los impactos negativos hacia el entorno ecológico.

No obstante, que se tiene plena consciencia de la importancia que reviste el mantener una adecuada disposición final de los residuos sólidos municipales, en la actualidad aún prevalece la práctica del "tiradero a cielo abierto" en la mayoría de las ciudades de nuestro país. Tal práctica consiste en el depósito incontrolado de residuos sólidos directamente en el suelo, estimulando la contaminación del aire, agua y suelo, así como generando problemas de salud pública y marginación social, restringiéndose este último aspecto a los individuos dedicados a la "pepena" de subproductos con cierto valor intrínseco.

Dentro de las alternativas viables para la disposición final de los residuos sólidos municipales, y conforme a las condiciones actuales de los países latinoamericanos, se cuenta con el método de relleno sanitario

El relleno sanitario, como ya se mencionó, es el método empleado para la correcta disposición de los residuos sólidos, por lo que como toda obra de ingeniería éste tiene que ser planeado y diseñado previamente para asegurar su correcta construcción y operación.

Históricamente, a nivel mundial, el relleno sanitario ha sido el método más aceptado desde un punto de vista económico para la disposición a largo plazo de los residuos sólidos generados por las comunidades humanas. Aún con la implementación de los sistemas de prevención de la generación de residuos, el reciclaje o los sistemas de procesamiento, ha permanecido el relleno sanitario

como un componente imprescindible de los sistemas de Manejo de Residuos Sólidos Municipales.

Por lo anterior, se puede decir que el relleno sanitario, constituye el componente de mayor relevancia dentro dichos sistemas en cualquier ciudad. Y precisamente debido a esto, en la práctica se ha logrado un desarrollo impresionante en la ingeniería aplicada a este tipo de instalaciones, durante las dos últimas décadas en los países desarrollados, debido a la fuerte reglamentación ambiental que se ha establecido en dichos países.

Ahora bien, actualmente se plantea la necesidad de implantar sistemas alternos que absorban los volúmenes crecientes de residuos, desplazando el uso del relleno sanitario por considerarlo riesgo para el ambiente. Sin embargo, la experiencia en el mundo ha demostrado que el relleno sanitario forma parte integrante de las soluciones alternativas planteadas, dado que siempre habrá que hacer algo con aquellos residuos que no pueden ser reciclados y/o que no tienen un uso específico. De la misma manera, los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de separación en una Instalación para la Separación de Materiales (MRF, por sus siglas en inglés) o sometidos a un proceso de conversión de productos o energía, deben contar con un sitio de disposición final para su confinamiento.

Dada la importancia que reviste la adecuada disposición final de los residuos sólidos municipales en el control y preservación de la contaminación de los acuíferos, se ha considerado pertinente incorporar el conocimiento del sistema de relleno sanitario como una parte esencial para asegurar la no afectación de los cuerpos de agua subterráneos, por el deposito de los residuos de tipo municipal.

2. ANTECEDENTES

2.1 Definición e Historia del Relleno Sanitario.

La disposición final de los residuos sólidos ha sido practicada por varios siglos. En realidad, hace 2000 años los griegos enterraban sus residuos sólidos sin compactar. En 1930, en la ciudad de Nueva York y Fresno, California, iniciaron la compactación de los residuos con equipo pesado y cubriéndolos, así el término de "Relleno Sanitario" fué, inventado.

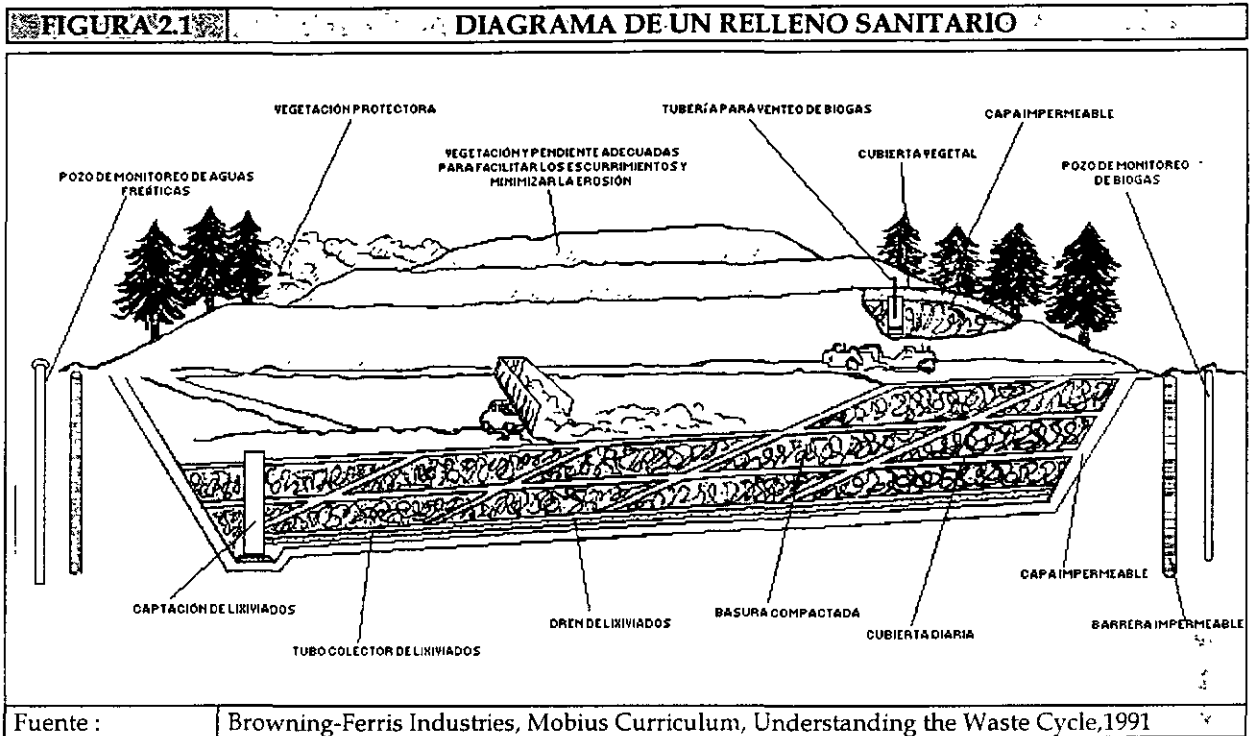
Un relleno sanitario, es tradicionalmente definido como un método de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo, de tal manera que proteja el ambiente, mediante el extendido de los residuos en capas delgadas, compactándolas al menor volumen posible y cubriéndolas con tierra al termino de cada día de trabajo.

El relleno sanitario es la instalación física usada para la disposición final de los residuos sólidos municipales sobre la superficie del suelo. En el pasado, el termino de relleno sanitario fue usado para denotar simplemente el sitio en el cual los residuos eran depositados en el suelo y cubiertos al final de cada día de operación. En la actualidad, el relleno sanitario se refiere a una instalación ingenieril para la disposición de los residuos sólidos municipales, diseñada y operada para minimizar los impactos a la salud pública y al ambiente. Actualmente, el relleno sanitario moderno cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y modernos y su éxito radica en el adecuado diseño y por su puesto en una óptima operación.

En la **Figura 2.1**, se ilustran un diagrama de un Sistema de Relleno Sanitario con sus diferentes componentes.

2.2 El Relleno Sanitario en los Sistemas de Manejo de Residuos Sólidos Municipales.

La disposición final de residuos sólidos segura y confiable a largo plazo, debe ser un componente importante del Manejo Integral de Residuos Sólidos. Ya que estos últimos se consideran como los materiales que ya no tienen un uso y que no pueden ser recuperados para los sistemas productivos.



Cuando se evalúa la utilidad de cada uno de los elementos funcionales, así como la efectividad y economía de todas las interfaces y conexiones entre esos diferentes elementos, se puede desarrollar un Sistema de Manejo Integral de Residuos. En este contexto, dicho sistema, puede definirse como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de manejo factibles, con la finalidad de alcanzar objetivos y metas específicas para el manejo de residuos. Debido a la legislación que se está adoptando, el Manejo Integral de Residuos Sólidos, también está desarrollándose en respuesta a los cambios e implementación de las leyes, los reglamentos y las normas.

También se ha establecido una jerarquización de actividades para el manejo de residuos, en la legislación de diferentes países.

La jerarquización (arreglo en orden de importancia), se puede utilizar para establecer la prioridad de las acciones para implementar los programas de manejo de residuos. La jerarquización del Manejo Integral de Residuos Sólidos más comúnmente adoptada por los países desarrollados y coincidentemente la que recomienda la U.S. Environmental Protection Agency (EPA), está compuesta por los siguientes elementos: reducción en la fuente, reciclaje, combustión y

relleno sanitario, que en otros casos, se modifica de la siguiente manera: reducción en la fuente, reciclaje, transformación o tratamiento y relleno sanitario.

De cualquier forma, los diferentes elementos del Manejo Integral de Residuos Sólidos deben estar siempre interrelacionados en cualquier programa o sistema y haber sido seleccionados para complementarse unos a otros.

El desarrollo e implementación de un plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos consiste en la selección de la mezcla adecuada de tecnologías y alternativas para satisfacer las cambiantes necesidades locales de manejo de residuos al mismo tiempo que se cumple con los ordenamientos legales.

Al final, algo se debe hacer con (1) los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no pueden tener un uso futuro; (2) los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de separación en una Instalación para la Separación de Materiales (MRF, por sus siglas en inglés); y (3) los materiales residuales que permanecen después que los residuos sólidos han sido sometidos a un proceso de conversión de productos o energía.

Existen solamente dos alternativas disponibles para el manejo a largo plazo de los residuos sólidos o materiales residuales: disposición sobre o en el manto térrico y disposición en el fondo del océano. El relleno sanitario, cuarto nivel de la clasificación del Manejo Integral de Residuos Sólidos, involucra la disposición controlada de los residuos sobre o en el manto térrico y es por mucho el método más común de disposición de residuos. El relleno sanitario se encuentra en el nivel más bajo de la jerarquización del Manejo Integral de los Residuos Sólidos, porque representa el último medio deseable para manejar los residuos de la sociedad (Tchobanoglous G., 1993)

2.3 Ventajas y Desventajas del Relleno Sanitario.

2.3.1 Ventajas.

- ◆ *El relleno sanitario como uno de los métodos de disposición final de los residuos sólidos municipales, es la alternativa más económica; sin embargo, no hay que olvidar que es necesario asignar recursos financieros y técnicos suficientes para la planeación, diseño, construcción y operación.*

-
- ◆ *La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para la implementación de un sistema de tratamiento tal como la separación, composteo o incineración.*
 - ◆ *Cuando se dispone de material para la cobertura de los residuos sólidos en el mismo sitio, esta condición es generalmente la más económica de las diferentes opciones para la disposición final.*
 - ◆ *El relleno sanitario es un método final para la disposición de los residuos sólidos, que no requiere de operaciones adicionales, tal como el caso de la incineración o el composteo, los cuales requieren un sitio y de operaciones adicionales para la disposición de los productos finales.*
 - ◆ *Se recuperan terrenos antes considerados como improductivos o marginales transformándolos en áreas útiles para la creación de parques, zonas recreativas y esparcimiento, o simplemente áreas verdes.*
 - ◆ *Es un método flexible, dado que en caso de incrementar la cantidad de residuos por disponer se requiere únicamente de muy poco equipo y personal.*
 - ◆ *El gas metano generado por la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos, puede ser atractivo para su aprovechamiento como fuente de energía no convencional, dependiendo de las características del sitio.*

2.3.2 Desventajas :

- ◆ *La construcción de un relleno sanitario, por la oposición de la población debido a dos aspectos fundamentales: la falta de conocimiento sobre el método de relleno sanitario y la desconfianza en los servidores públicos de la localidad.*
- ◆ *Se requiere de una supervisión permanente para mantener un alto nivel de las operaciones y asegurar que no habrá fallas a futuro.*
- ◆ *Cuando no existen terrenos cercanos a las fuentes de generación de residuos sólidos, debido al crecimiento urbano, el costo de transporte se verá fuertemente afectado.*
- ◆ *La relativa cercanía de los rellenos a las áreas urbanas puede provocar serios problemas de queja pública.*

- ◆ *Existe un alto riesgo, sobre todo en los países del tercer mundo, que por la carencia de recursos económicos para la operación y mantenimiento, se convierta el relleno sanitario en tiradero a cielo abierto.*
- ◆ *Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, así como la generación de olores desagradables y gases, si no se toman las debidas medidas de control y de seguridad.*
- ◆ *Los asentamientos diferenciales que sufren los rellenos sanitarios con respecto al tiempo, impide que estos sean utilizados una vez que se han concluido las operaciones.*

1. PROBLEMÁTICA DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

La disposición final de los residuos sólidos, tradicionalmente, se ha orientado al depósito incontrolado de los mismos, en lugares inapropiados, tales como: barrancas y cauces de ríos, lagos y lagunas, minas abandonadas, zonas pantanosas y áreas geológicamente inestables.

Las causas de la inadecuada disposición final se originan básicamente por las siguientes situaciones:

- Negligencia.
- Insuficiente presupuesto.
- Desconocimiento de las técnicas de disposición final.
- Control del sitio por parte de los diferentes grupos de pepenadores.

Para la instalación de estos sitios, definitivamente, no existe un estudio preliminar, por lo que son creados de manera arbitraria.

La inconsciente disposición final de los residuos sólidos, ha provocado problemas de contaminación del agua, aire y suelo, así como de proliferación de fauna nociva, aspectos que se describen con detalle más adelante. A éstos se adiciona la problemática social de los grupos de pepenadores, primordialmente por las condiciones insalubres en que viven y realizan sus actividades. El temor a perder su única fuente de trabajo, provoca que estos grupos se opongan y desconfíen de cualquier alternativa encaminada a mejorar las técnicas de disposición final y/o a la clausura y saneamiento de los tiraderos a cielo abierto.

Por lo anterior, es de esperarse que la solución a esta situación dentro de la fase del sistema de aseo urbano, deba involucrar acciones de tipo social, porque no hay que olvidar el papel tan importante que juegan dichos grupos en la recuperación de subproductos extraídos de los residuos sólidos, los que constituyen una opción viable bajo otro contexto.

El conocimiento de la dependencia que existe entre los tiraderos, el ambiente y la salud humana, constituye la parte medular para establecer un plan de acción

encaminada al control de estos sitios, ya sea mediante su rehabilitación o la clausura y saneamiento definitivo, así como los controles y medidas de mitigación pertinentes para "remediar" los efectos presentes y evitar los que dañen al entorno a futuro.

Por lo anterior, a continuación se señalan los principales problemas que generan los tiraderos a cielo abierto:

Contaminación del suelo y de las aguas subterráneas

Tomando en consideración que en la mayoría de los casos los sitios a cielo abierto carecen de una cubierta de material (tierra), se propicia un medio altamente permeable que permite la fácil entrada del agua de lluvia a los estratos de residuos que se encuentran en el interior del sitio, provocando con ello la saturación del medio y la percolación hacia el fondo; presentándose, a la vez, en este trayecto la disolución de sustancias y la suspensión de partículas contenidas en los residuos sólidos. Simultáneamente, existen otras sustancias que son solubles al agua y generadas como producto de los procesos de descomposición biológica de la materia orgánica incluida en los residuos sólidos, produciendo finalmente un líquido altamente contaminante conocido como **lixiviado**.

Los lixiviados pueden migrar hacia las aguas subterráneas o superficiales, lo que está en función de las condiciones topográficas y geohidrológicas del sitio, generando de esta forma la degradación de la calidad de agua, y poniendo en peligro la salud de la población cuando es utilizada como fuente de abastecimiento o para uso recreativo o pecuario.

El riesgo que puede tener el ser humano, radica en la ingestión de la supuestamente agua potable, el contacto directo que tenga con lagos y ríos, y, finalmente, por la bioacumulación de algunas sustancias como los metales pesados (plomo, cadmio, etc.) en peces o cualquier otro organismo de consumo humano que esté en contacto con agua mezclada con lixiviados.

Contaminación del aire

La disposición de los residuos sólidos a cielo abierto, origina graves problemas a la atmósfera, así como olores desagradables y problemas a la salud de la población circundante a través de los siguientes mecanismos:

- Incendios y/o la quema de residuos sólidos.
- La combustión de biogás.
- Suspensión de polvos y partículas por el viento.

1). Incendios y/o quema de residuos sólidos.

La incineración de diversos materiales combustibles se ocasiona por factores naturales o inducidos. Dentro de los primeros, se cuentan diferentes causas, que carecen de respaldos técnicos, tales como:

- El efecto de lupa que pueden provocar los vidrios sobre materiales como cartón y papel o las altas temperaturas en estos, durante días calurosos.
- La presencia de sustancias o materiales de origen industrial que llegan a entrar en combustión, bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad.

Y en los segundos, básicamente:

- Las de incendios de los tiraderos a cielo abierto, que son provocados consciente o inconscientemente por los individuos que directamente se hallan involucrados con las actividades realizadas en dichos lugares.

Dentro de las situaciones más comunes que originan incendios, se tienen las siguientes:

- La quema de los residuos sólidos de manera intencional en algunos tiraderos, con la finalidad de aumentar la capacidad volumétrica del sitio y/o controlar de forma errónea la proliferación de roedores e insectos nocivos.

- La quema incontrolada de materiales plásticos que contienen metales de valor comercial, tales como llantas, cables eléctricos, etc., por parte de los pepenadores, o a la práctica de fogatas por éstos mismos, para diversos fines.

2. Combustión de biogás.

Por la degradación biológica a que están sujetos los residuos que se encuentran en estratos bajos, en donde la descomposición de los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno (descomposición anaerobia) producen biogás, el cual está constituido por bióxido de carbono y gas metano, así como por ácido sulfhídrico y elementos orgánicos a nivel traza.

Los elementos traza, integrados en el biogás, son los responsables de los olores desagradables que caracterizan a los tiraderos a cielo abierto, además de ser elementos que causan daños potenciales a la salud, cuando el hombre se expone a éstos por tiempo prolongado (inhalación).

Cuando se presentan incendios en los tiraderos, el biogás es el responsable de avivar y mantener el fuego por sus características combustibles; además de hacer más difíciles las labores de control en este tipo de siniestros.

Los mecanismos de transporte del biogás hacia la población colindante, se dan básicamente a través del viento y suelo, en éste último es posible por medio de una migración horizontal, estimulada por las condiciones permeables del piso y las presiones internas que provoca el mismo gas.

Con relación a los efectos respecto al ambiente, se tiene que los componentes del biogás contribuyen al incremento de los siguientes problemas :

- Al deterioro de la capa de ozono que cubre a la tierra.
- Al efecto de invernadero, que consiste en el incremento de la temperatura de la tierra.
- A la lluvia ácida, propiciada por la presencia de ácido sulfhídrico.

Otro efecto importante que contribuye al impacto del aire y causa molestias a la población, es la generación de olores, los cuales son originados por :

- Descomposición de los residuos sólidos.
- Orgánicos volátiles arrastrados por el biogás.
- Animales en estado de descomposición
- Afloramiento y acumulación de lixiviados en proceso de degradación.

Riesgos a la salud de la población.

Como se mencionó en la sección anterior, las capas inferiores de cualquier tiradero a cielo abierto, son un medio propicio para que exista la generación de biogás, el que se caracteriza por ser un hidrocarburo combustible.

Cuando el gas metano alcanza una concentración del 5 al 15%, se corre el riesgo de explosión o de que se dé la combustión de manera violenta.

A parte de que, en lugares cerrados (casetas de control, viviendas, fosas, alcantarillas etc.) es latente el riesgo de asfixia, ello porque el bióxido de carbono es más pesado que el aire, por lo que este componente desplaza al aire. Ahora bien, los aspectos, antes mencionados, representan un mayor riesgo cuando hay asentamientos humanos en los alrededores al sitio de disposición final.

Dentro de la fauna nociva, que prolifera en los tiraderos a cielo abierto, se consideran dos grupos: roedores e insectos voladores (moscas, mosquitos, etc.) y rastreros (cucarachas).

Los roedores son transmisores de enfermedades mortales, tales como: leptospirosis, la peste bubónica, tifus murino y rabia. Asimismo, dañan la propiedad y contaminan los alimentos.

Los insectos voladores y rastreros, muchas de las veces, son transmisores de gérmenes de enfermedades como la fiebre tifoidea, disentería basilar, amibiasis, encefalitis, entre otros.

3. Principios Básicos y Métodos de Operación.

El relleno sanitario es un método de ingeniería recomendado para la disposición final de los residuos sólidos municipales, por medio del cual los residuos se depositan en el suelo, se esparcen y se compactan al menor volumen posible y se cubren con una capa de tierra al término de las operaciones del día.

La Sociedad Norteamericana de Ingenieros Civiles, ASCE, define: *"Relleno sanitario es una técnica para la disposición de los residuos en el suelo sin causar perjuicios al ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública; este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriéndolos con una capa de tierra en la frecuencia necesaria o por lo menos al fin de cada jornada"*.

El objetivo del relleno sanitario es establecer una barrera entre el ambiente y los residuos sólidos, reducir y controlar las emisiones gaseosas y evitar la infiltración y fugas de los líquidos lixiviados que contienen una combinación de microorganismos y sustancias tóxicas producidas durante la descomposición de los residuos. La disposición final de los residuos sólidos en un relleno sanitario contribuye considerablemente a evitar el contacto directo de éstos con el ambiente, se previene el acceso y la proliferación de fauna nociva y los residuos se concentra en un área bien definida que puede ser controlada. El objetivo final de la aplicación de esta técnica es lograr que los residuos no causen ningún efecto nocivo en la salud pública ni en el ambiente.

3.1 Métodos para Construir y Operar un Relleno Sanitario

Los terrenos que se seleccionen para la construcción y operación del relleno sanitario pueden ser planos, ondulados, escarpados, bancos de material de préstamo abandonados o terrenos que presenten una combinación de estas características, siempre y cuando el sitio cumpla con la Normatividad especificada, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales

El procedimiento de construcción y método de relleno sanitario se seleccionará una vez conocido el perfil del terreno disponible, que podrá ser de trinchera, de área y/o una combinación de ambos.

3.1.1 Método de Trinchera o Celda Excavada¹

Este método se utiliza normalmente en terrenos planos, en donde existe un buen espesor de material disponible y el nivel freático se encuentra lo suficientemente profundo para evitar la contaminación del acuífero.

Los residuos sólidos son depositados en celdas o trincheras previamente excavadas, en donde el material, producto de la excavación, es utilizado como material de cubierta diaria y final. El procedimiento consiste en abrir trincheras o celdas a intervalos que sean adecuados para la estabilidad de los taludes y en profundidades de 2 a 3 m, con el apoyo de equipo mecánico; la profundidad de la trinchera o celda estará limitada por la profundidad del nivel de aguas freáticas, la permeabilidad del subsuelo y la dureza del terreno, pudiendo tener en ocasiones hasta 7 m de profundidad.

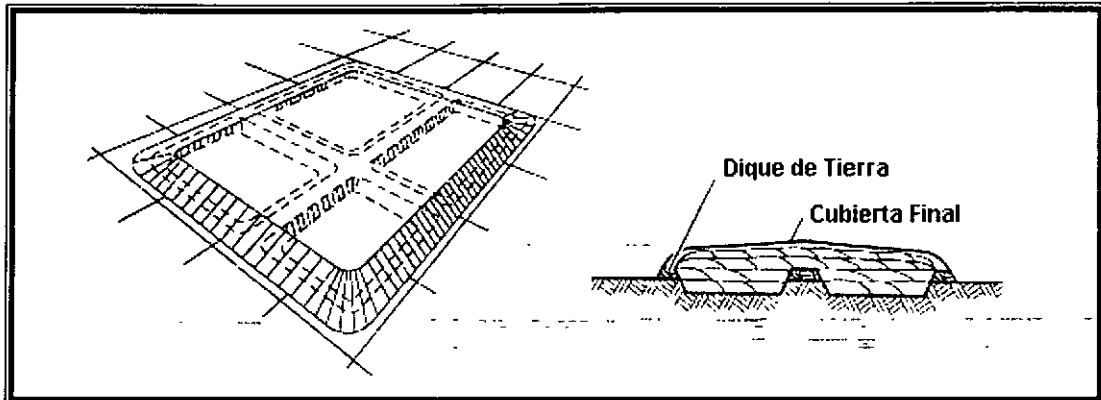
Los residuos sólidos son depositados en el fondo de la trinchera o celda, se extienden y se compactan con equipo mecánico y posteriormente se cubren con la tierra producto de la excavación, compactándola con el mismo equipo, todo esto en ciclos diarios (ver Figuras 3.1 y 3.2).

Es importante señalar, que en el pasado este método era concebido exclusivamente como el de trinchera, sin considerar el aprovechamiento de l volumen disponible del nivel del suelo hacia arriba, convirtiéndolo en un método costoso por las extensiones de terreno requerido.

En la actualidad, ante la escasez de terreno y la necesidad de ampliar la vida útil de los rellenos sanitarios, este método considera la utilización íntegra de l espacio disponible de los terrenos, utilizando la variante de la excavación de celdas, la cual se ha vuelto una práctica muy utilizada.

¹ Tchobanoglous G Theisen H and Vigil, S., "Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1993

FIGURA 3.1 MÉTODO DE TRINCHERA O CELDA EXCAVADA

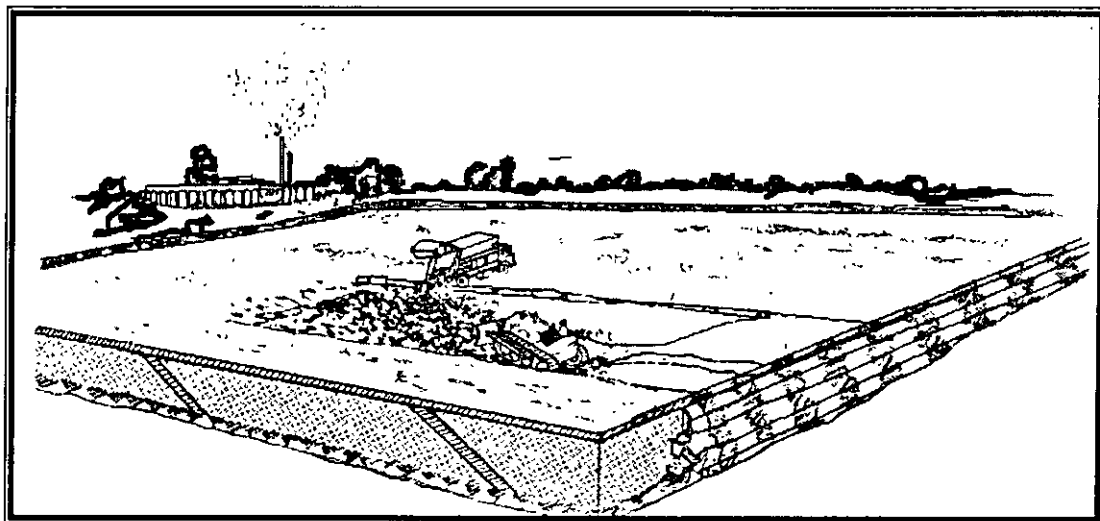


FUENTE

Tchobanoglous G. Theisen H. and Vigil, S., "Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1993

FIGURA 3.2

EJEMPLO DE LA OPERACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO CON EL MÉTODO DE TRINCHERA



FUENTE

Brunne D. and Keller D., Sanitary Landfill Design and Operation ; USEPA, Washington D.C., 1972

3.1.2 Método de Área

Este método de Área se utiliza cuando en el terreno no es posible excavar una trinchera o celda, o cuando el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie del terreno. Un punto importante de este método es que el banco de material para la cubierta, deberá estar en áreas adyacentes o lo más cercano posible al sitio de operación.

El método consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas para formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo (ver **Figura 3.3 y 3.4**).

Es importante señalar, que cuando se carece totalmente de bancos de material para la cobertura, existen alternativas de utilización de composta o cubiertas sintéticas móviles, cumpliendo de esta forma con los objetivos del relleno sanitario.

3.1.3 Método de Rampa.

Este método, es considerado como una variante del método de trinchera o de celda excavada y es considerado como el más eficiente ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta y aumentan la vida útil del relleno. En la **Figura 3.5** se presenta un esquema simplificado de la operación de un relleno sanitario utilizando este método.

Los residuos son esparcidos y compactados en pendiente. El material de cubierta es obtenido directamente del frente de trabajo y compactado sobre los residuos sólidos conformados. Frecuentemente, una porción de la excavación se almacena para ser utilizado en un futuro en los trabajos de sello final.

La técnica de depósito y compactado de residuos sólidos a través del método de rampa, varía de acuerdo con la geometría del sitio, las características de disponibilidad de material de cubierta, la geohidrología, el sistema de control de biogás y lixiviados y el acceso al sitio.

Esta técnica puede utilizarse en barrancas, desfiladeros, oquedades, etc., por lo que el control de escurrimientos frecuentemente es un factor crítico en el diseño y operación.

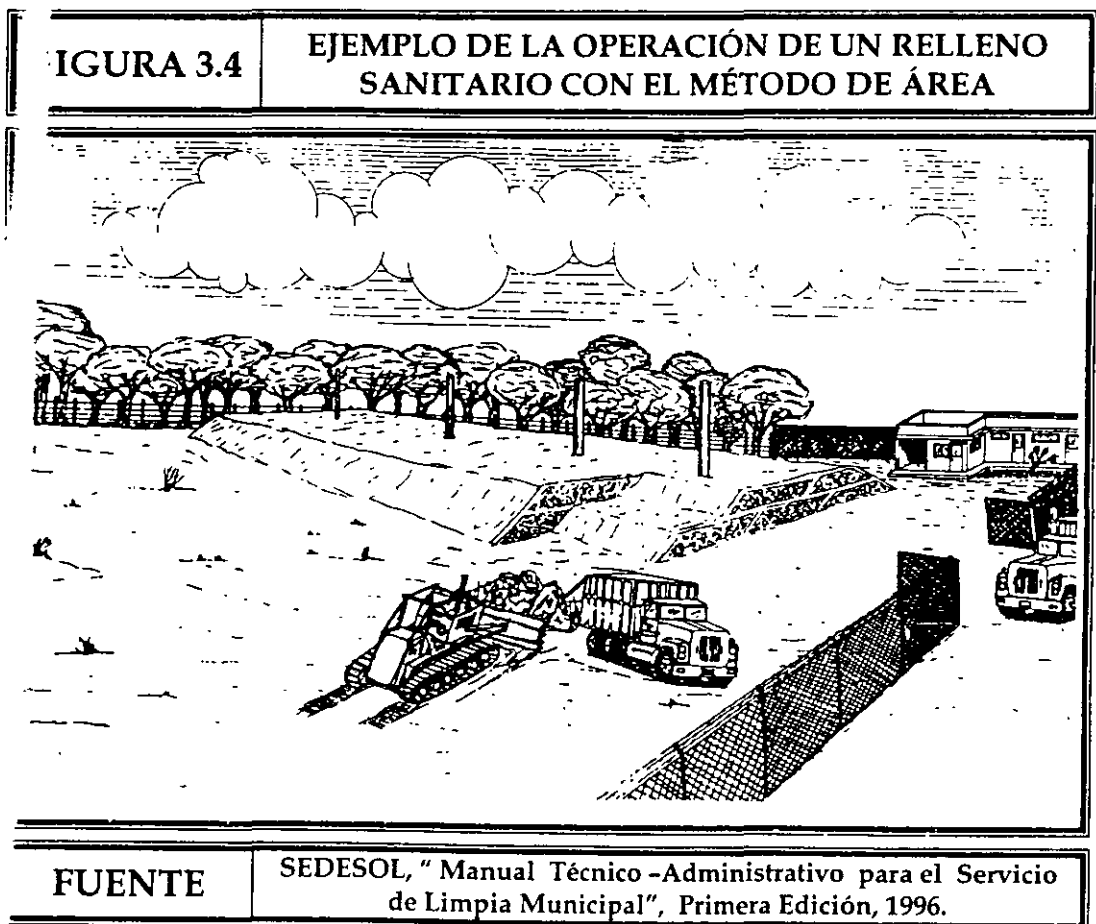
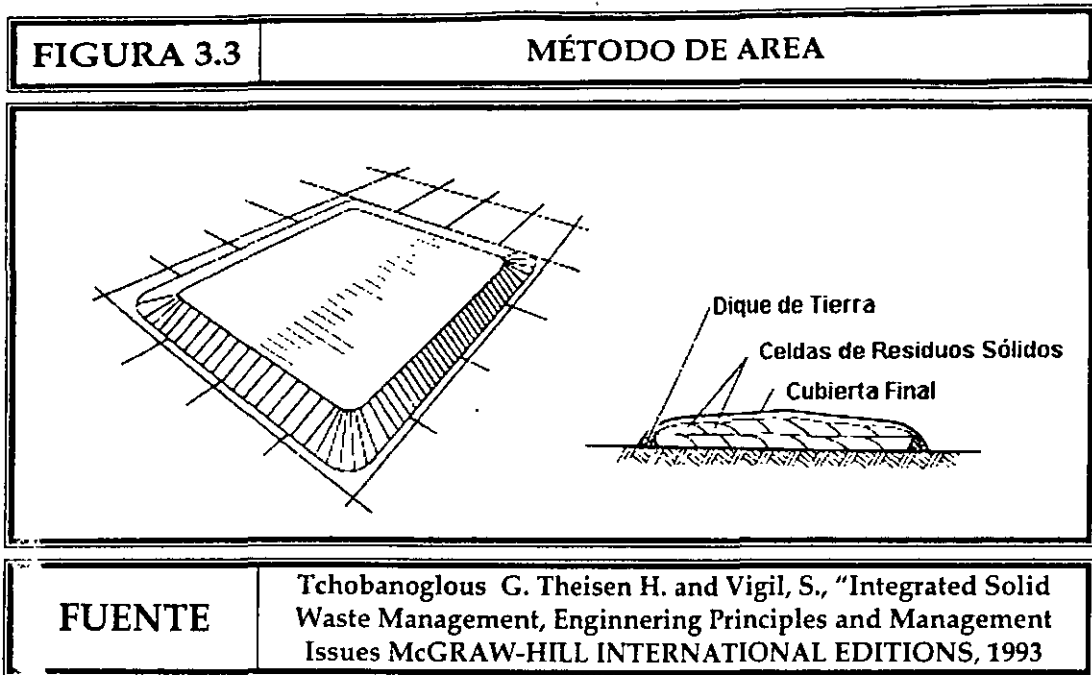
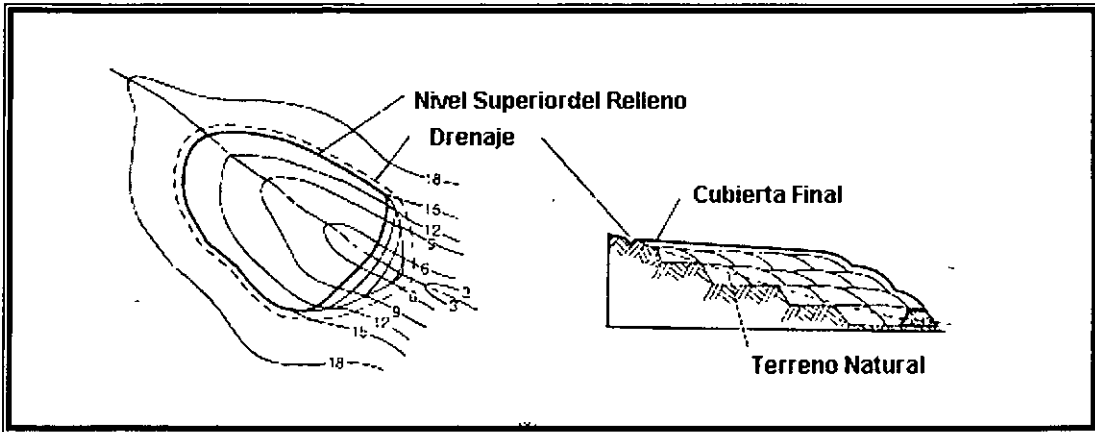


FIGURA 3.5

MÉTODO DE RAMPA

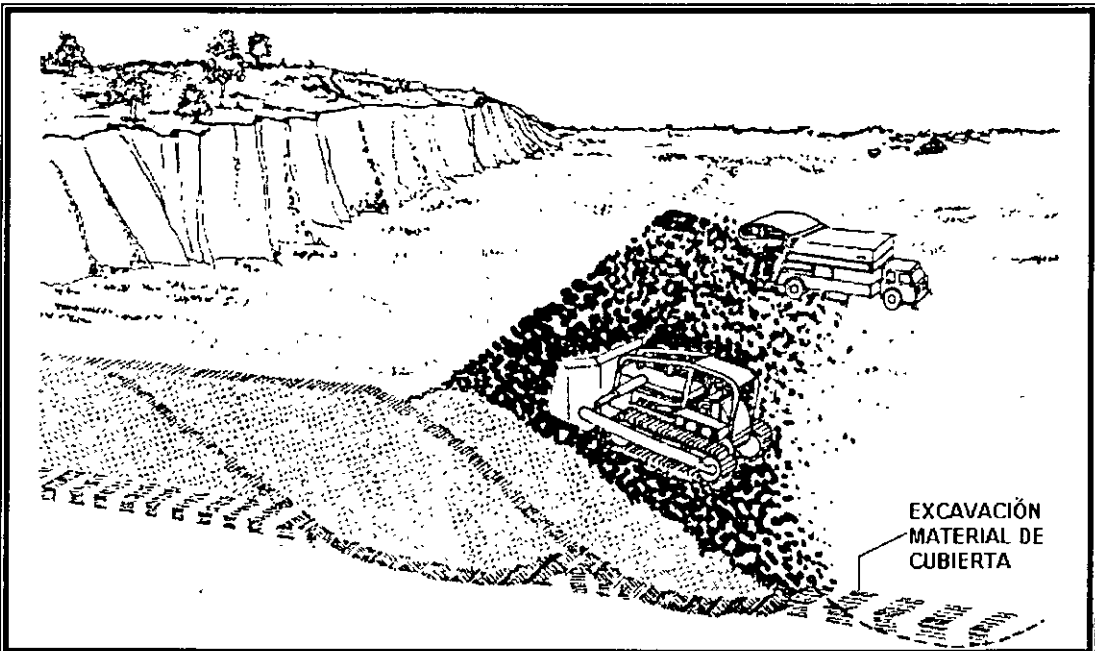


FUENTE

Tchobanoglous G. Theisen H. and Vigil, S., "Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1993

FIGURA 3.6

EJEMPLO DE OPERACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO CON EL MÉTODO DE RAMPA



FUENTE

Brunne D. and Keller D., Sanitary Landfill Design and Operation ; USEPA, Washington D.C., 1972

3.2 Reacciones que Ocurren en el Relleno Sanitario.

Los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario sufren una serie de cambios biológicos, químicos y físicos de manera simultánea e interrelacionada. Estos cambios se describen de manera general, con el propósito de que los operadores de rellenos sanitarios tengan una idea más amplia de los procesos internos que se presentan cuando los residuos son confinados.

3.2.1 Reacciones Biológicas.

Las más importantes reacciones biológicas que ocurren en los rellenos sanitarios son aquellas asociadas con la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos municipales la cual conlleva a la generación de gases y eventualmente líquidos. El proceso de descomposición inicia de forma aeróbica (en presencia de oxígeno), una vez que los residuos fueron cubiertos se inicia esta etapa hasta que el oxígeno es consumido por la actividad biológica. Durante la etapa de descomposición aeróbica se genera principalmente un gas llamado bióxido de carbono. Una vez que el oxígeno se ha consumido, la descomposición se lleva a cabo de manera anaeróbica (ausencia de oxígeno) y en esta etapa la materia orgánica se transforma principalmente en bióxido de carbono, metano y cantidades traza de amoníaco y ácido sulfhídrico. Asimismo, muchas otras reacciones químicas son llevadas a cabo a través de la actividad biológica.

3.2.2 Reacciones Químicas.

Las reacciones importantes que ocurren dentro del relleno sanitario abarcan la disolución y suspensión de materiales y productos de conversión biológica en los líquidos que percolan a través de los residuos sólidos, la evaporación y vaporización de compuestos químicos y agua, dentro de la masa envolvente de biogas, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles y semi volátiles dentro de los materiales del relleno, la deshalogenación y descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de óxido-reducción que afectan la disolución de metales y sales metálicas. La disolución de los productos de conversión biológica y otros compuestos, particularmente los compuestos orgánicos, dentro de los lixiviados es un punto muy importante, porque estos materiales pueden ser transportados fuera del relleno sanitario con los lixiviados. Estos compuestos orgánicos pueden ser posteriormente incorporados a la atmósfera a través del suelo (cuando se tiene una fuga) o a través de las instalaciones de tratamiento de lixiviados. Otras importantes reacciones químicas que se presentan, son aquellas entre ciertos compuestos orgánicos y las capas de arcilla las cuales alteran las

propiedades y estructura de la misma. Las interrelaciones de estas reacciones químicas dentro del relleno sanitario no son bien conocidas.

3.2.3 Reacciones Físicas

Los cambios físicos más importantes en el relleno sanitario están asociados con la difusión de gases dentro y fuera del relleno, el movimiento de lixiviados en el relleno sanitario y subsuelo y los asentamientos causados por la consolidación y descomposición de los materiales depositados.

El movimiento de gases y las emisiones son consideraciones de particular importancia para el manejo del sistema. Por ejemplo, cuando el biogás se encuentra atrapado, la presión interna puede causar agrietamiento de la cubierta y fisuras, entonces el agua penetra a través de esas grietas y la humedad genera una mayor producción de gas, causando un mayor agrietamiento. La fuga de biogás acarrea trazas de compuestos carcinogénicos y teratogénicos que son incorporados al ambiente. Además dado que el biogás contiene un alto porcentaje de metano, existen riesgos de explosión o combustión.

4. METODOLOGÍA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO

De manera preliminar, se puede decir que el relleno sanitario constituye un verdadero proyecto de ingeniería y como tal deberá, reunir una secuencia lógica de pasos que permitan llevar al proyecto a un feliz término. En el Cuadro 4.1, se muestran los pasos a seguir para el establecimiento de un relleno:

CUADRO 4.1		SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO	
ETAPA		CARACTERISTICAS	
A. SELECCION DEL TERRENO Estudio de selección del terreno (opciones)		<ul style="list-style-type: none"> • Criterios urbanísticos • Criterios ecológicos. • Criterios operativos • Criterios económicos 	
B. ADQUISICION DEL TERRENO			
C. PROYECTO EJECUTIVO Estudios básicos		<ul style="list-style-type: none"> • Estudio demográfico • Estudio de generación de residuos • Estudio de Geología • Estudio topográfico del terreno • Estudio geohidrológico y geofísico • Estudio de mecánica de suelos 	
Diseño del relleno (principales conceptos)		<ul style="list-style-type: none"> • Método de operación • Preparación del terreno • Diseño del sistema de disposición final (celdas, franjas, capas y perfil final) • Análisis de contaminación del suelo • Sistema de impermeabilización • Sistema de control de biogas • Sistema de control de lixiviados • Sistema de monitoreo ambiental 	
Determinación del equipamiento		<ul style="list-style-type: none"> • Obras complementarias (oficinas, talleres, báscula, caminos drenes, mallas etc.) • Maquinaria y equipo para la construcción • Maquinaria y equipo operativo • Maquinaria y equipo complementario 	
Manual de operación		<ul style="list-style-type: none"> • Descripción general • Etapas • Procedimientos para las excavaciones • Procedimientos para la construcción • Procedimientos para el confinamiento de residuos • Organización del personal • Reglamento interno de trabajo 	
Estudio económico		<ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversiones, Costo operativo, Programa de inversiones y costo unitario. 	

CUADRO 4.2**SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA
CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN RELLENO
SANITARIO (CONTINUACIÓN)**

ETAPA	CARACTERÍSTICAS
Planes de clausura	<ul style="list-style-type: none">• Uso final del terreno
Evaluación ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Plan de clausura• Identificación y evaluación de impactos ambientales• Medidas de prevención y mitigación
D. CONSTRUCCION Y EQUIPAMIENTO	
Obras civiles	<ul style="list-style-type: none">• Preparación del terreno
	<ul style="list-style-type: none">• Obras de acceso y protección
	<ul style="list-style-type: none">• Obras de infraestructura
	<ul style="list-style-type: none">• Obras complementarias
Equipamiento	<ul style="list-style-type: none">• Maquinaria y equipo básico
	<ul style="list-style-type: none">• Equipo complementario
E. OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none">• Administración
	<ul style="list-style-type: none">• Operación
	<ul style="list-style-type: none">• Control técnico
	<ul style="list-style-type: none">• Monitoreo

5. SELECCIÓN DEL SITIO PARA EL RELLENO SANITARIO

La selección de un sitio es el primer paso en el diseño de un relleno sanitario. La importancia de una adecuada planeación del proceso de selección es vital para asegurar que el diseño cumpla con todos los requerimientos que aseguren su adecuada ubicación y futura operación. El reconocimiento no solamente de factores técnicos, sino también de factores ambientales, económicos, sociales y políticos, es vital. El objetivo del estudio de selección de sitios es encontrar un sitio donde la disposición de los Residuos Sólidos Municipales (**RSM**) pueda realizarse económicamente con el mínimo trastorno del ambiente y la salud humana. De forma general y a nivel internacional se ha establecido que un relleno sanitario ideal debe tener las siguientes características:

- Compatible con los planes de uso del suelo, del área en que se asienta.**
- Fácilmente accesible en cualquier clima, para los vehículos esperados durante su etapa de operación.**
- Contar con medidas de seguridad, contra la contaminación potencial del agua superficial y subterránea.**
- Contar con medidas de seguridad, contra el movimiento incontrolado del gas originado por los residuos sólidos depositados.**
- Contar con la cantidad adecuada de material de cobertura, de fácil manejo y compactación.**
- Estar ubicado en un área donde la operación del relleno no impactará en forma negativa los recursos sensibles del ambiente.**
- Ser lo suficientemente grande para recibir los residuos de la comunidad por servir durante un intervalo de tiempo razonable.**
- Ser el sitio más económico disponible y cumplir con los requisitos para la disposición de residuos sólidos, conforme a las restricciones de la legislación aplicable o en su defecto conforme a los criterios internacionalmente aceptados.**

5.1 Metodología de Selección del Sitio.

El uso de una metodología específica para la selección de un sitio para disposición final de residuos sólidos es benéfico, ya que de esta forma se puede mostrar que se analizó un buen número de sitios potenciales y con los criterios más significativos, antes de seleccionar un sitio en particular para los estudios detallados y la posible implementación del relleno. El proceso recomendado generalmente en la selección de sitios para la instalación de un relleno sanitario consiste en las siguientes etapas:

1. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO
2. IDENTIFICACIÓN DE SITIOS POTENCIALES
3. EVALUACIÓN Y CRIBADO DE LOS SITIOS POTENCIALES
4. SELECCIÓN FINAL DEL SITIO

5.2 Identificación y Evaluación de Zonas de Estudio.

En este caso se considera conveniente delimitar aquellas áreas que dentro de la extensión del territorio municipal, presentan las condiciones menos adversas para albergar un sitio de disposición final de RSM. El primer paso es la determinación del radio máximo del área de estudio, con base en las distancias de transporte desde las estaciones de transferencia y/o los centroides de las áreas potenciales de servicio; y el segundo paso, la determinación de las restricciones legales, físicas, demográficas, sociales, estéticas y sanitarias.

Una forma de identificación de las zonas factibles es a través de la utilización de cubiertas (acetatos) que se superponen sobre un plano, cada acetato identifica las áreas con limitaciones moderadas o severas para determinado criterio. Dentro de los criterios que se utilizan, destacan los siguientes:

- ◆ Geología.
- ◆ Hidrología subterránea.
- ◆ Zonas de preservación ecológica.
- ◆ Zonas susceptibles de desarrollo urbano.

- ◆ Hidrología superficial.
- ◆ Uso potencial del suelo.
- ◆ Topografía.
- ◆ Infraestructura de comunicación y conducción.
- ◆ Importancia arqueológica e histórica.
- ◆ Edafología.
- ◆ Climatología lluviosa.
- ◆ Climatología en sequía.

De esta manera, se eliminan las zonas menos deseables, por sus diversas características, que corresponderán a las áreas restringidas.

Las investigaciones del subsuelo deben ser realizadas para aquellos sitios potenciales con las características más deseables.

Una vez, sobrepuestas las cubiertas con los criterios en donde se identifican aquellas áreas con limitaciones para ubicación de un sitio de disposición final, se procede a descartarlos y ha enfocarse el análisis sobre aquellas zonas que tienen vocación para los fines perseguidos. Un ejemplo de esta metodología se ilustra en la **Figura 5.1**.

5.3 Identificación de Sitios Potenciales

Una vez conocidas las áreas que pueden ser estudiadas y después de establecer el tamaño del relleno requerido para recibir los residuos del área poblacional o urbana de interés, por un cierto número de años, la búsqueda de sitios viables dentro de dichas áreas puede comenzar, manteniendo siempre presentes las restricciones tanto técnicas como legales, que se estudien para la ubicación de sitios.

5.4 Evaluación y Cribado de los Sitios Potenciales

En la metodología para el cribado de los sitios potenciales se toman en cuenta consideraciones técnicas, económicas y de aceptación pública. La metodología puede incluir diversos sistemas de calificación, así como algunos análisis de tipo subjetivo. Normalmente se recomienda realizar la investigación de 3 a 5 sitios potenciales e identificar los problemas de cada uno, ya que las investigaciones de campo pueden proporcionar información complementaria. Sin embargo, el grado de detalle y la intensidad de la investigación variará de un sitio a otro.

Dentro de las consideraciones técnicas se tienen las siguientes :

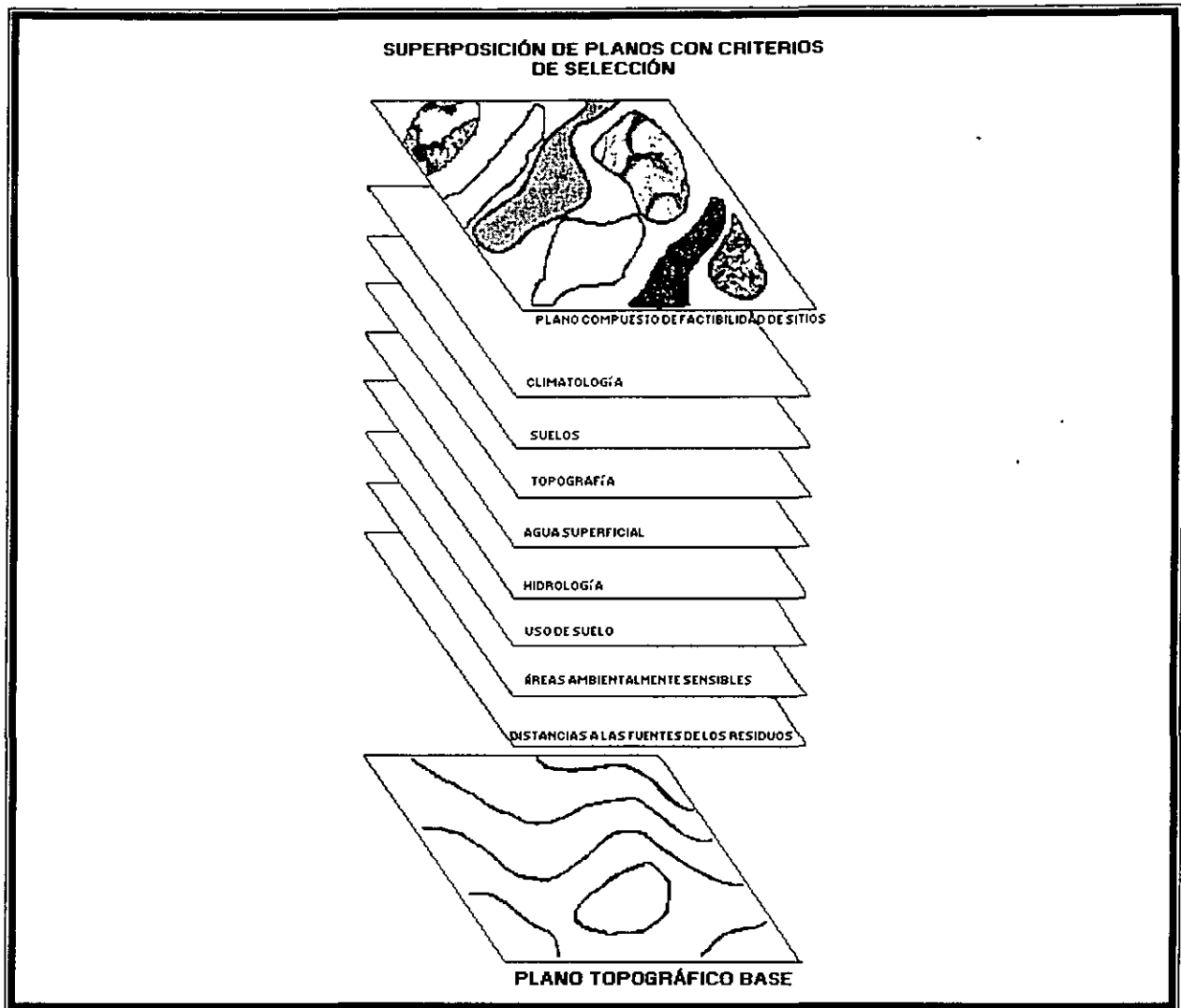
◆ **Consideraciones Técnicas.**

- a) Distancia de transporte.
- b) Tamaño y vida del sitio
- c) Topografía.
- d) Agua superficial.
- e) Suelos y geología
- f) Agua subterránea.
- g) Cantidad y compatibilidad del suelo (material de cobertura).
- h) Vegetación.
- i) Áreas ambientalmente sensibles.
- j) Áreas de importancia arqueológica e histórica.
- k) Accesos al sitio.
- l) Uso del suelo.

◆ **Consideraciones económicas.**

◆ **Consideraciones de aceptación pública.**

FIGURA 5.1 SELECCIÓN DE SITIOS



2.4.5 Selección Final del Sitio.

En esta etapa final se debe considerar, además de los resultados del proceso de evaluación y clasificación de los sitios, las alternativas de uso del sitio terminado y determinar el uso para cada sitio potencial. El mejor sitio será aquel cuyo uso final sea acorde con los planes de desarrollo de la zona en que se asienta y además presente la mayor prioridad en la clasificación realizada previamente.

En el **Cuadro 5.1**, se muestran los principales factores con algunas características que permitirán a los Ayuntamientos mejorar el proceso de selección de sus terrenos para ubicar los rellenos sanitarios. Obviamente la selección debe estar respaldada por especialistas y por estudios técnicos y científicos para garantizar

la prevención y control de la contaminación ambiental, así como el cumplimiento de la anteriormente referida.

Es importante señalar que independientemente a este criterio de selección, para el caso de México, existe la Norma Oficial Mexicana **NOM-083/ECOL-1996**, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. En el **Cuadro 5.2**, se presentan los principales criterios que hay que considerar para elegir el terreno que tenga mayor vocación y en La Figura 5.2, se muestra diagrama de flujo del proceso de selección de un sitio de disposición final de residuos sólidos, para que se cumpla con la norma de referencia.

Para validar la selección del sitio, la norma contempla el desarrollo de estudios básicos: geología, hidrogeología y estudios complementarios, los cuales se mencionan en la sección siguiente. Un punto importante que contempla la norma es la aplicación de tecnologías y sistemas equivalentes, con los cuales se pueden elegir sitios de disposición final de residuos sólidos, implantando obras que acrediten técnicamente que no se afectaría negativamente al ambiente. También es importante que los estudios básicos se conduzcan considerando la Norma **NOM-083/ECOL-1996**

Conceptos	FACTORES PARA EVALUAR LA SELECCION DE UN SITIO PARA RELLENO SANITARIO		
	Excelente	Buena	Regular
Vida útil	Mayor de 16 años	10 a 15 años	Menor de 10 años
Tierra para cobertura	Autosuficiente	Acarreo cercano	Acarreo lejano
Topografía	Minas a cielo abierto hondonadas naturales	Hondonadas	Otros
Vías de acceso	Cercanas y pavimentadas	Cercanas, transita- bles	Lejanas y transitables
Vientos dominantes	En sentido contrario a la mancha urbana	En ambos sentidos de la mancha urbana	En sentido de la mancha urbana
Ubicación del sitio	De 5 a 10 km. de la mancha urbana	Entre 3 y 5 ó 10 y 15 km. de la mancha urbana	Menor de 3 km. y mayor de 15 km. de la mancha urbana
Geología	Impermeables	Semimpermeables	Permeables
Geohidrología (Manto acuífero)	Más de 50 m de profundidad ó inexistente	Entre 30 y 50 m de profundidad y pobre	Menor de 30 m de profundidad y de mediano a rico

Hidrología Superficial	No hay corrientes superficiales	Lejano de corrientes superficiales (> 50 m)	Cerca de corrientes superficiales (< 50 m)
Tenencia de la tierra	Terreno propio	Terreno rentado a largo plazo	Terreno rentado a corto plazo

CUADRO 5.2

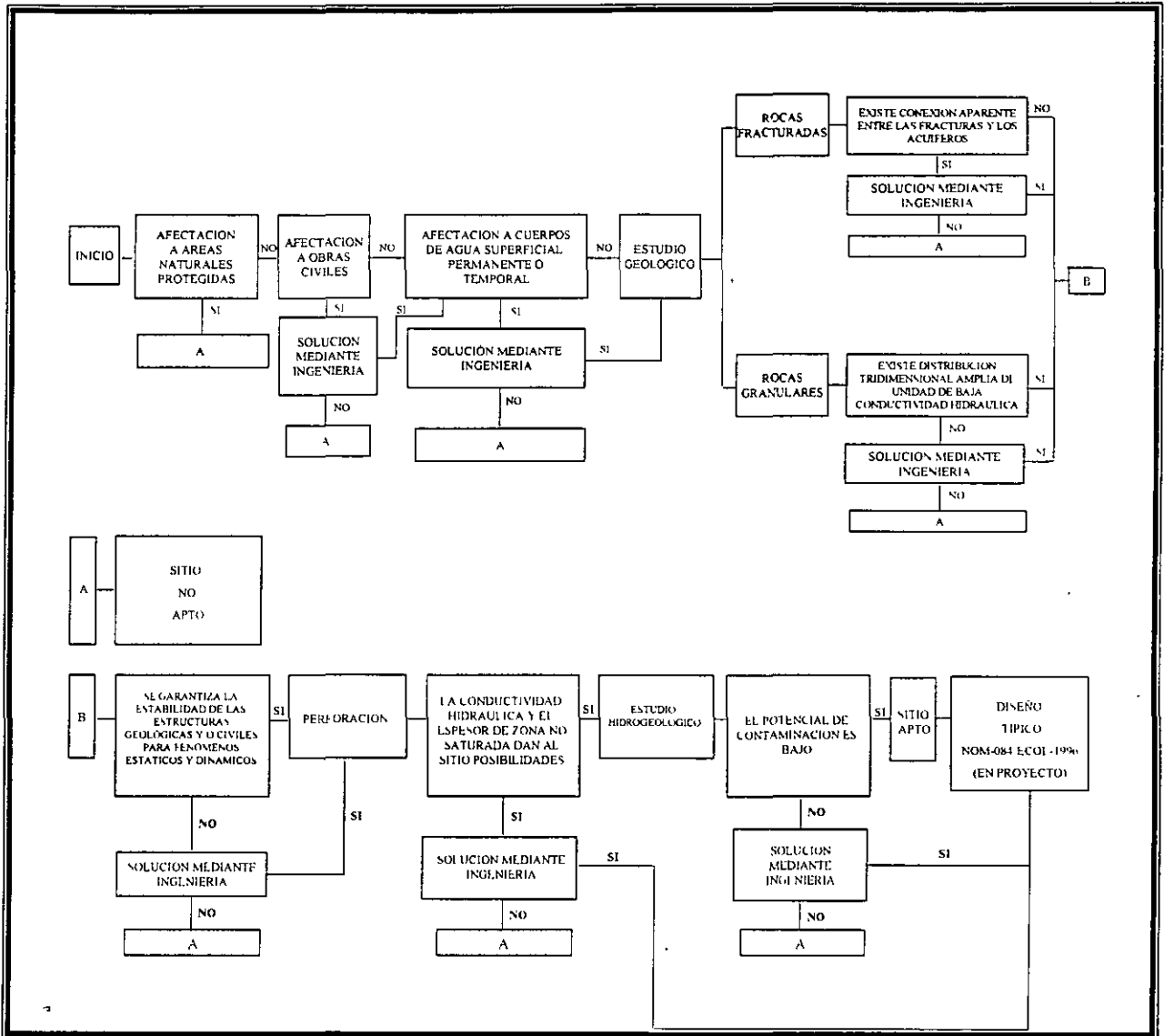
**CRITERIOS PARA UBICACIÓN DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083/ECOL-1996**

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
ASPECTOS GENERALES	♦ Restricción por afectación a obras civiles o áreas naturales protegidas.
	♦ Las distancias mínimas a aeropuertos son: De 3000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina. De 1500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.
	♦ Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios
	♦ No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas.
	♦ Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.
	♦ Debe estar alejado a una distancia mínima de 1500 m (mil quinientos metros), a partir del límite de la traza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2500 habitantes ¹

ASPECTOS HIDROLOGICOS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior se debe demostrar que no exista la obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos. ◆ El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas y similares ◆ La distancia de ubicación del sitio, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 1000 m (mil metros) como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos 10 años en la cuenca, definida por los canales perimetrales de la zona.
ASPECTOS GEOLOGICOS	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Debe estar a una distancia mínima de 60 m (sesenta metros) de una falla activa que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años ◆ Se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos y dinámicos. ◆ Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero.
ASPECTOS HIDROGEOLOGICO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $<3 \times 10^{-10}$ seg⁻¹. ◆ En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales granulares, se debe garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $<3 \times 10^{-10}$ seg⁻¹. ◆ La distancia mínima del sitio a pozos para extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero tanto en operación como abandonados, debe estar a una distancia de la proyección horizontal por lo menos de 100 m (cien metros) de la mayor circunferencia del cono de abatimiento, siempre que la distancia resultante sea menor a 500 m (quinientos metros), esta última será la distancia a respetar.

NOTA	<p>(1)En caso de no cumplirse con esta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.</p> <p>FUENTE:NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-ECOL-1996</p>
-------------	---

FIGURA 5.1	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LOS ESTUDIOS PARA LOS SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
-------------------	---



FUENTE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-ECOL-1996

6. DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS.

6.1 Metas Básicas del Relleno Sanitario

El diseño del sistema de disposición final debe mantener muy presente las metas (Robinson, W, 1986 y GRCD, 1988) primordiales para cumplir con la filosofía propia del relleno sanitario, estas metas son las siguientes :

- Cumplir con toda las regulaciones aplicables.
- Proteger el ambiente físico (agua subterránea, agua superficial , suelo y aire)
- Minimizar las molestias de la operación (ligeros, polvo, fuego).
- Minimizar los costos (inicial, operación y total).
- Minimizar el impacto a cuerpos de agua, controlando e impidiendo escurrimientos superficiales.
- Minimizar el tiempo de descarga a los usuarios.
- Proteger a los trabajadores y usuarios.
- Optimizar el espacio del relleno sanitario y prolongar al máximo la vida útil.
- Mantener la estética del lugar

6.2 Consideraciones del Uso Final del Sitio.

El uso final del relleno sanitario debe ser considerado durante la fase de diseño, a fin de garantizar el mejor uso futuro del área. La planeación en la fase más temprana posible minimizará los costos y maximizará la utilidad del sitio después de la clausura.

6.3 Pasos para el Diseño de un Relleno Sanitario.

Dado que tanto el residente del relleno sanitario y/o personal operativo, tendrán acceso a las memorias del proyecto ejecutivo de relleno sanitario, para conocer el plan de operación propuesto y demás información valiosa para el entendimiento del sistema en su conjunto, a continuación se describen de manera global los diferentes pasos que deben seguirse para asegurar un diseño efectivo :

1. Determinación de las cantidades y características de los residuos sólidos por disponer.

- *Actual.*
- *Proyectada.*

2.- Recopilación de información para el sitio.

a.- Preparación de planos de las condiciones del sitio (dentro y fuera).

b.- Preparación de planos base de las condiciones existente cerca del sitio.

- Propiedades aledañas.
- Topografía y pendientes.
- Cuerpos de agua superficial.
- Caminos.
- Instalaciones.
- Usos del suelo.

c.- Recopilación de información geohidrológica y preparación de planos del sitio.

- Suelo (profundidad, textura, estructura, densidad, porosidad, permeabilidad, humedad, facilidad de excavado, estabilidad, pH y capacidad de intercambio catiónico).
- Lecho rocoso (profundidad, tipo, presencia de fracturas y localización de afloramientos).
- Agua subterránea (profundidad promedio, fluctuaciones estacionales, gradiente hidráulico y dirección de flujo, velocidad de flujo, calidad y usos).

d.- Recopilación de datos climatológicos.

- *Precipitación.*
- *Evaporación.*
- *Temperatura.*
- *Días de helada.*
- *Dirección de vientos.*

e.- Identificación y evaluación de la regulación.

- Leyes federales, estatales y locales.
- Normas y estándar de diseño.

3.- Diseño del área de relleno.

-
- a. Selección del método de operación : basado en la topografía, tipo de suelo, lecho rocoso y profundidad del acuífero.
 - b. Especificaciones de dimensiones de diseño.
 - Ancho, altura, profundidad de celda.
 - Espesor de cubierta diaria, intermedia y final.
 - c. Especificaciones de los elementos de la operación.
 - Uso de la cubierta.
 - Método de aplicación de cubierta.
 - Requerimientos de importación de material de cubierta.
 - Requerimientos de equipo.
 - Requerimientos de personal.

4.- Elementos de diseño.

- a. Control de lixiviados.
- b. Control de biogas.
- c. Control de escurrimientos.
- d. Caminos de acceso.
- e. Áreas de trabajo especial.
- f. Manejo de residuos especiales.
- g. Estructuras.
- h. Instalaciones.
- i. Cercado.
- j. Alumbrado.
- k. Caseta de vigilancia.
- l. Pozos de monitoreo.
- m. Paisaje.

5.- Preparación del diseño.

- a. Desarrollo preliminar del plan de las áreas de relleno.
- b. Desarrollo de los planos del relleno.
 - Planos de excavación.
 - Secuencia de llenado.

- Perfil final.
 - Controles del sitio.
- c. Cálculo de volumen de residuos sólidos, volumen de material de cubierta requerido y vida útil.
- d. Desarrollo de los planos definitivos.
- Áreas de llenado normal.
 - Áreas de trabajo especial.
 - Control de lixiviados y biogas.
 - Control de aguas superficiales.
 - Caminos de acceso.
 - Instalaciones generales.
 - Cercado.
 - Instalaciones de monitoreo.
- e. Preparación de plano en planta y con secciones transversales.
- Desplante.
 - Perfil final.
 - Fases intermedias de llenado.
- f. Preparación de detalles constructivos.
- Control de lixiviados y biogas.
 - Control de aguas superficiales.
 - Caminos de acceso.
 - Pozos de monitoreo.
- g. Preparación del plano de uso final.
- h. Preparación del informe.
- i. Preparación del impacto ambiental.
- j. Preparación del manual de operación.

7. PROCEDIMIENTOS DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Un relleno sanitario localizado y diseñado cuidadosamente puede convertirse en un tiradero a cielo abierto, si no es adecuadamente operado. Cada instalación destinada para relleno sanitario tiene características únicas que solo pueden ser aprendidas mediante el conocimiento, la experiencia y el continuo entrenamiento.

La operación y el mantenimiento adecuado de un relleno sanitario es necesario para :

- Evitar que el relleno sanitario se convierta en un tiradero a cielo abierto.
- Reducir los impactos negativos potenciales en aire, agua y suelo.
- Minimizar o eliminar los impactos hacia las propiedades adyacentes.
- Reducir los costos de operación (a largo plazo).
- Incrementar la capacidad volumétrica y ampliar al máximo la vida útil.
- Establecer y mantener buenas relaciones públicas.
- Reducir los conflictos con las instancias reguladoras o normativas.
- Reducir accidentes, demandas e indemnizaciones.
- Demostrar la capacidad operativa.
- Satisfacer las necesidades de disposición final de residuos sólidos de la región.

Los procedimientos de operación para un relleno sanitario pueden variar, dependiendo de diferentes factores, entre los que se puede citar el tipo de relleno, el clima, las cantidades, tipos de residuos por recibir, la regulación a nivel local, estatal etc. Sin embargo, se pueden establecer ciertas actividades que son muy similares para todos los sitios, como una guía para quienes deben encargarse de su adecuado funcionamiento (GRCDA,1988).

7.1 Revisión del Plan de Relleno

Como punto de partida, se puede decir que cualquier relleno sanitario bien manejado debe contar con un plan de operación y desarrollo futuro. Esos planes definirán de manera clara y precisa, cómo se desarrollará un proyecto de relleno

sanitario, abarcando desde la fase de construcción de la primer celda de residuos sólidos hasta la fase de la clausura final del sitio.

El plan de operación que normalmente se prepara dentro del proyecto de diseño, es un elemento básico para utilizarse como una primera fuente de información, sobre los aspectos técnicos del relleno y las actividades que se realizarán para su adecuada operación.

Considerando que la mayoría de los rellenos sanitarios que se proyectan en nuestro país, tienen una vida útil relativamente grande (generalmente más de 10 años), es necesario que el personal consulte regularmente el plan de operación, con la finalidad de que el responsable del relleno sanitario, tenga la plena certeza que las operaciones y el desarrollo del sistema se están realizando, conforme a las especificaciones establecidas en el mediano y largo plazo, o en todo caso, servirá para identificar el momento oportuno para modificar o adecuar los procedimientos de operación vigentes, principalmente pensando en los cambios que se requerirán conforme a los nuevas disposiciones legales que se promulguen. En este caso, es posible preparar una transición suave hacia un nuevo plan de operación acorde con los cambios actuales.

Las partes de un plan para la operación de un relleno sanitario contendrán como mínimo los siguientes aspectos:

- ◆ MANEJO DE RESIDUOS EN EL FRENTE.
- ◆ DIRECCIÓN DE FLUJO DEL TRÁFICO.
- ◆ EXCAVACIÓN, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN COTIDIANA DEL MATERIAL DE CUBIERTA.
- ◆ INSPECCIÓN DIARIA DEL SITIO Y MANTENIMIENTO.
- ◆ EL REGISTRO RUTINARIO DE LA CARGA QUE INGRESAN LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES.



7.2 Control de Acceso y Operación de Báscula.

La caseta de control y el área de pesaje representan la primera fase de las operaciones del relleno sanitario y constituye el principal control para :

- ◆ **DETECTAR RESIDUOS SÓLIDOS PROHIBIDOS.**

-
- ◆ LOCALIZAR IRREGULARIDADES EN LOS VEHÍCULOS.
 - ◆ DIRIGIR LOS VEHÍCULOS AL ÁREA ADECUADA.
 - ◆ COMUNICARSE CON EL CONDUCTOR.
 - ◆ REGISTRAR LA ENTRADA DE LOS VEHÍCULOS.

Es indispensable que los rellenos sanitarios cuenten con un sistema de pesaje, dado que se debe conocer la cantidad de residuos sólidos que ingresan, con el fin de establecer parámetros de control de la operación, así como para la asignación de tarifas y cobros. Cuando no hay básculas, el checador de acceso debe ser muy diestro en la determinación precisa del volumen de residuos en los vehículos, normalmente, debe contar con indicadores de capacidad de carga de cada tipo de vehículos, los cuales son generados con base en estadísticas de pesaje de vehículos en otros sitios.

El operador de la báscula registrará en la bitácora los datos de cada vehículo, pesarlo, registrar el peso de la tara (si se conoce), cobrar, generar facturas o recibos y documentos de pesaje, pesar los vehículos después de la descarga para generar los pesos de tara y administrar esta parte de la operación. En el capítulo 7 del presente manual, se muestran formatos tipo para el registro del acceso y pesaje de los vehículos.

7.2 Detección de residuos prohibidos.

Dado que no es posible separar los residuos que son transportados por los vehículos recolectores y/o de transferencia, en la entrada, la revisión del contenido de estos vehículos debe hacerse en el frente de trabajo. Otros tipos de vehículos, especialmente aquellos que no tienen una procedencia definida deben inspeccionarse en la entrada. Estos vehículos representan el grupo más sospechoso para el ingreso de residuos prohibidos al sitio.

Es recomendable que las listas de residuos no autorizados se actualicen de manera regular y entregarse a los controladores de acceso y del frente de trabajo, siendo opcional la entrega de dicho lista a los transportistas para una mejor comprensión de que residuos no pueden ingresar al sitio. Las vehículos que transporten residuos no autorizados deberán detenerse en la entrada y reportarse al residente del relleno para tomar las medidas a que haya lugar. La inspección directa de la carga contribuye a que el transportista sea más cuidadoso de los residuos que transporta y con ello minimizar la posibilidad del ingreso de residuos no autorizados de manera irregular.

7.4.2 Irregularidades en los vehículos.

Algunas de las posibles violaciones que se pueden detectar en la entrada son:

- ◆ Cargas sin cubrir.
- ◆ Transporte de líquidos y su posible escurrimiento.
- ◆ Negligencia e incumplimiento de medidas de seguridad.
- ◆ Sobre peso en los vehículos.
- ◆ Otros.

Es conveniente para los responsables del sitio coordinarse con la policía municipal y otras instituciones encargadas de la aplicación de la legislación relativa al transporte, con el fin de asegurar que se cumpla con las disposiciones legales establecidas para evitar irregularidades en el peso, la cubierta de la carga del vehículo, el escurrimiento de líquidos; ya que de lo contrario se pueden originar problemas a la población aledaña a las vías de acceso al relleno, creando descontento y rechazo a la existencia del sitio de disposición final. Independientemente de lo anterior, se debe cuidar que dichas disposiciones se cumplan debido a que se puede poner en riesgo la seguridad de los mismos habitantes. La solución más efectiva a este problema es evitar el acceso de aquellos vehículos que no acaten dichas disposiciones.

7.2.3 Control de Tráfico.

Hay rellenos que tienen varias áreas de operación. En ocasiones las áreas dependen de el tipo de vehículos, tales como los de descarga automática contra los de descarga manual. En otros sitios el tipo de residuos, por ejemplo, residuos de jardinería, determinan a donde debe ir el vehículo. En la mayoría de los rellenos es una práctica de operación cambiar frecuentemente los frentes de trabajo en función de las condiciones del clima y otros factores. Adicionalmente a los señalamientos adecuados, el controlador de acceso o el operador de la báscula, deben proporcionar instrucciones verbales a los conductores, para agilizar las actividades y evitar confusiones.

Comunicación con el conductor

La mayoría de las operaciones en la báscula y el acceso dependen de la comunicación con los conductores de los vehículos. Los transportistas que ingresan por primera vez necesitarán ayuda para llegar al área de descarga, conocer el reglamento y los procedimientos del relleno, pago de las tarifas, etc.

Los vehículos desconocidos deben chequearse para verificar que no están cometiendo irregularidades y sus conductores responder respecto al tipo de residuos que transportan. Esta es el área donde se deben checar los contenedores vacíos para certificar su lavado, contarlos o en todo caso para aprobar su descarga. Lo mismo se aplica para residuos especiales.

La caseta de control de acceso es el lugar donde se establece el trato directo con los usuarios del relleno sanitario. El trato debe ser amable y cortés, pero debe dejarse sentir que el sitio tiene reglas y procedimientos que deben seguirse. Los transportistas deben estar conscientes de que no tienen ningún otro derecho más que la descarga de sus residuos, previamente autorizada y su disponibilidad para el uso de la instalación depende del cumplimiento de todos los requisitos necesarios y del reglamento interior del relleno sanitario.

Registros.

En la caseta de acceso o en la zona de pesaje se hacen y conservan todos los registros del relleno. El ámbito de esta actividad puede variar de un sitio a otro. La primer función del control de acceso es registrar la entrada y salida de los vehículos. Si es posible, se deben registrar las horas correspondientes. Particularmente en los sitios grandes, es importante saber que todos los vehículos han salido del relleno a la hora de cerrar. La conservación de los registros sobre el tiempo que tarda cada vehículo en revisión puede proporcionar criterios que puedan ser utilizados para mejorar la eficiencia de operación.

El control de planeación, presupuestos y costos requiere de registros exhaustivos y precisos. El peso de los residuos que ingresan al sitio constituye la estadística más importante. Todos los cálculos relacionados con los costos y la eficiencia se basan en esta cifra. El volumen de los residuos recibidos es insignificante para el cálculo de los costos relevantes, la eficiencia de operación, la vida útil esperada y otros parámetros importantes. El encargado del control generalmente debe registrar información sobre:

- ◆ Identificación del vehículo.
- ◆ Peso bruto del vehículo.
- ◆ Tara del vehículo (pesando directamente o de registros anteriores).
- ◆ Fecha y hora de entrada y salida.
- ◆ Tipo de residuos (domiciliarios, industriales, especiales, etc.).
- ◆ Cargos y facturación.
- ◆ Peso del material de cobertura importado.

- ◆ Cualquier información especial.

Estos datos deben resumirse y concentrarse para cada día. Se requieren reportes semanales, anuales o mensuales. La revisión rutinaria de estos registros en forma estadística pueden ayudar a los operadores en la planeación e implementación de los ajustes necesarios para la operación. En el **Capítulo 7**, del presente manual se describe con detalle la forma de llenar dichos registros.

7.2.4 Recepción de Residuos.

El residente del relleno debe ser capaz de distinguir entre los residuos no peligrosos que pueden ser aceptados en el relleno y los residuos que la Ley define como peligrosos. Para facilitar la toma de decisiones y por lo tanto prohibir la entrada de residuos peligrosos al relleno, todos los rellenos deben operar bajo las siguientes condiciones:

➤ *El relleno debe aceptar únicamente:*

- ◆ Los residuos sólidos considerados como no peligrosos por la legislación ambiental vigente. Si se trata de residuos especiales o industriales deben ir acompañados de un certificado de no peligrosidad, emitido por la autoridad competente.
 - ◆ En el caso de los residuos industriales, las pruebas de caracterización de un residuo en particular, podrán considerarse válidas durante un año contado a partir de la fecha de su realización, por lo que las cargas subsecuentes de residuos provenientes del mismo proceso podrán ser recibidas únicamente con una declaración del generador de que no se ha modificado el proceso empleado, o en las materias primas utilizadas en la instalación generadora del residuo.
- *Cualquier tipo de residuo cuyo estado o clasificación no estén adecuadamente definidos, requiere de una aprobación por escrito, de la autoridad correspondiente, previamente a su aceptación.*
- *También para el caso de los residuos especiales o industriales, el transportista deberá presentar además una declaración escrita de que los residuos transportados al relleno son los mismos recibidos del generador y que no se les han agregado materiales adicionales.*

-
-
- *En ningún caso el relleno deberá aceptar residuos considerados como peligrosos por los listados o las pruebas de laboratorio establecidas por la legislación ambiental vigente. De éstos, los que más comúnmente llegan a los rellenos son los siguientes:*
 - ◆ Cadáveres o partes de animales.
 - ◆ Residuos hospitalarios (contaminados).
 - ◆ Materiales altamente combustibles o explosivos (Gasolinas, aceites, etc.).
 - ◆ Excremento o estiércol sin previa estabilización biológica.
 - ◆ Residuos de procesos industriales.

 - *No se deben aceptar en el relleno líquidos, ni suelos o cualquier otro sólido con líquidos.*

 - *Tampoco es recomendable la aceptación de (Carroll, 1996):*
 - ◆ Residuos o materiales cuyo tamaño o peso excedan los límites y/o capacidades de los equipos utilizados para su manejo y disposición final.
 - ◆ Residuos de construcción, mantenimiento o demolición de obras civiles o generados por constructores o contratistas profesionales.
 - ◆ Partes y accesorios automotrices.

 - *Opcionalmente y dependiendo de las políticas del organismo responsable y/o de lo que establezca la legislación aplicable, se podrá restringir la recepción de (Carroll, 1996):*
 - ◆ Residuos generados fuera de la jurisdicción territorial de la entidad correspondiente.
 - ◆ Llantas usadas, con diámetros mayores de 0.80 m. o montadas en el rin, así como en cantidades superiores a cuatro unidades por semana, para los particulares.

 - ◆ Baterías automotrices o industriales.

7.3 Prácticas de Disposición de Residuos.

Como se ha mencionado en los primeros capítulos de este documento, existen dos métodos básicos para la operación de los rellenos sanitarios: el de Trinchera y el de Área. Otras opciones son simplemente modificaciones de los dos métodos anteriormente señalados. El método de trinchera es muy difícil de ejecutar, debido a que los diseños actuales demandan la implementación de un sistema de impermeabilización (natural o artificial) de la base del relleno y de sistemas de captación y desalojo de lixiviados. El método de área es actualmente el más utilizado, principalmente porque se adapta con mayor facilidad a la existencia de la infraestructura mencionada. En todo caso los diseños actuales, admiten excavaciones mayores para alcanzar la profundidad deseada y proceder a la construcción de sistemas de impermeabilización y captación de lixiviados, para posteriormente operar el sitio mediante el método de área.

La *celda* diaria constituye el elemento constructivo primario y común de cualquier relleno sanitario. En la **Figura 7.1**, se muestra la morfología de la celda diaria, para una mejor visualización de la misma. Los residuos sólidos recibidos son esparcidos y compactados en capas dentro de un área perfectamente delimitada y hasta un volumen definido. Al término de cada día de operación, el área ya ocupada con residuos compactados, es cubierta completamente con una capa delgada de tierra, que posteriormente es compactada. De esta forma, los residuos compactados y cubiertos diariamente con este material, constituyen una celda. Una serie de celdas adyacentes en forma lateral o transversal y con una misma altura, forman una *franja*. Una serie de franjas adyacentes y con una misma altura, forman una *capa* y una o más capas, pueden formar el total del área de *relleno sanitario* o una *etapa* del mismo, como se ilustra en la **Figura 2.1**, presentada en la sección 2, de estas notas.

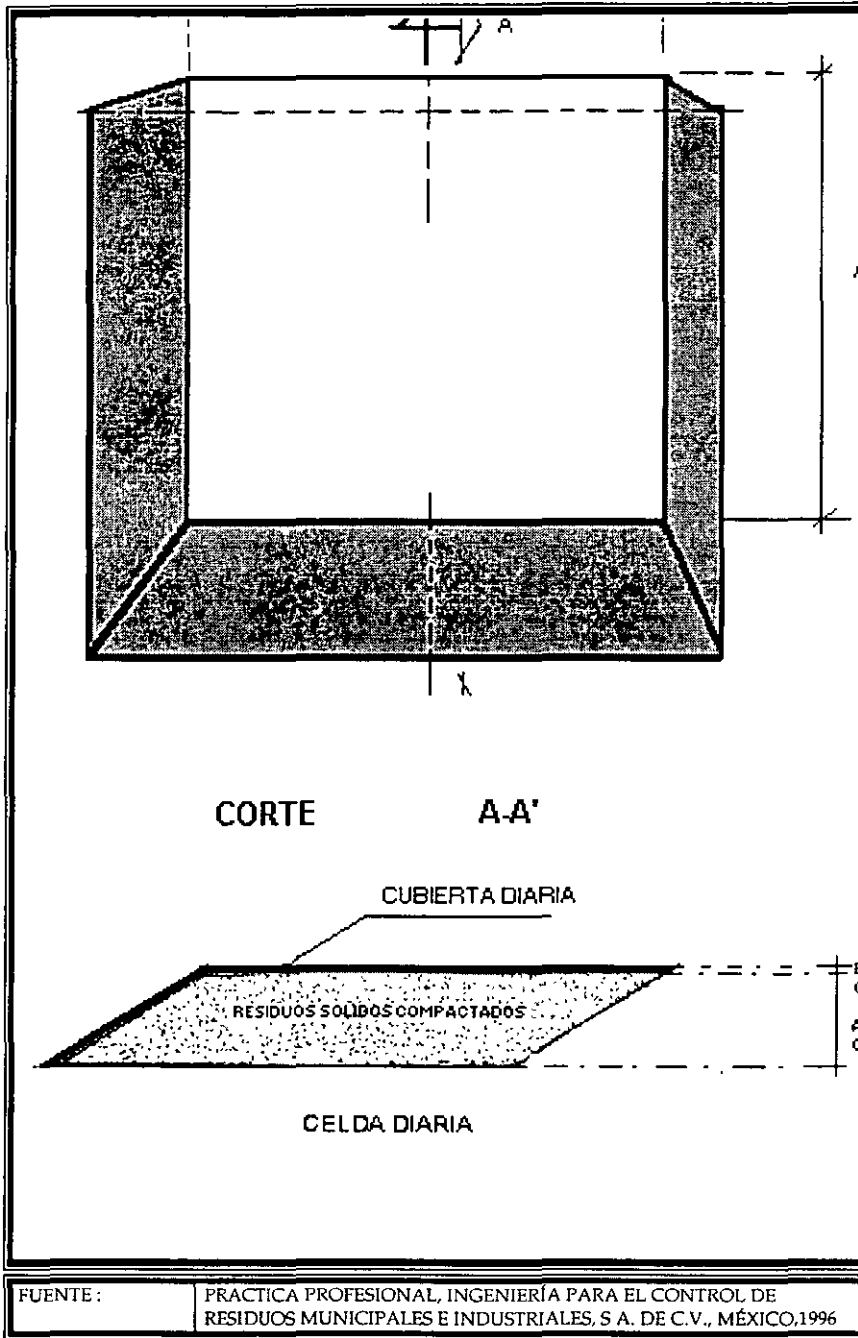
Cuando los residuos son confinados en una celda, las posibilidades de que se inicie fuego interno se reducen al mínimo y en todo caso éste no puede propagarse fácilmente, la fauna nociva como roedores, moscas principalmente, no pueden tener acceso fácil a los residuos para conseguir alimento o madrigueras, también se reduce la cantidad de materiales expuestos a los elementos ambientales con lo que se minimiza la dispersión de residuos, microorganismos y polvos, al igual que se mitigan o eliminan olores y la producción de lixiviados, facilitando finalmente el control de los gases que emanan de las celdas del relleno.

7.3.1 Construcción de celda

Una celda es construida mediante la compactación de residuos sobre una pendiente en capas sucesivas del mismo espesor. Los residuos son depositados al pie del frente de trabajo y empujados sobre el talud. Los pasos adecuados para la construcción de la celda se describen a continuación :

- ☑ Descargar los residuos sólidos sobre el área que conformará el correspondiente frente de trabajo del día.
- ☑ Usar estacas de nivelación para el control de la altura de la celda y dar la pendiente adecuada para facilitar el drenaje por gravedad. El nivel de la superficie superior de la celda debe ser entre 2 y 5 por ciento, mientras que la altura de celda comúnmente es de aproximadamente 2.4 a 3.5 m.
- ☑ Las dimensiones de la celda están especificadas en el proyecto y pueden consultarse también en el plan de relleno. Estas dimensiones deberán coincidir con el volumen de los residuos compactados en el sitio, al final del día de trabajo.

FIGURA 7.1 MORFOLOGÍA DE LA CELDA DIARIA



7.3.2 Cobertura.

Cubierta Intermedia.

La superficie que envuelve la celda diaria terminada y que estará expuestas al ambiente por un período de más de una semana; hasta que se coloque una nueva celda sobre ésta, sufrirá los efectos de las condiciones climatológicas y posiblemente el frecuente paso de vehículos. Normalmente estas superficies son cubiertas adicionalmente, con una capa de **0.30 m** de espesor de tierra compactada. A esta capa se le conoce como cubierta intermedia y tiene la función de proteger a la cubierta diaria y prevenir la intrusión de agua al relleno por un período más largo. Para la colocación de la cubierta intermedia, se debe seguir el siguiente procedimiento :

- Una vez que se tiene una superficie rellenada, ya sea una franja o una capa, en la cual no se tenga previsto depositar residuos sólidos por un tiempo largo; se descargará sobre la cubierta diaria, el material para la conformación de la cubierta intermedia.
- Esparcir y compactar el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de 30 cm.

Cubierta final

Cuando el relleno ha alcanzado el nivel planeado, se deberá colocar una cubierta final de no menos de **60 cm** de espesor. Esta cubierta es necesaria para permitir el tráfico ligero y minimizar los efectos que ocasionan los asentamientos diferenciales, tal como el afloramiento de residuos por el efecto de fracturas y agrietamientos. Esta cubierta, también ayudará a evitar que la lluvia fluya hacia el interior de los residuos confinados:

- Una vez que se tiene una área de una capa, etapa o la totalidad del relleno, terminadas; descargar sobre el área por cubrir, el material para la cubierta final.
- Posteriormente, se extenderá el material y se compactará el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de **30 cm**.
- Esparcir y compactar el material de cobertura, manteniendo un espesor mínimo de **60 cm**.

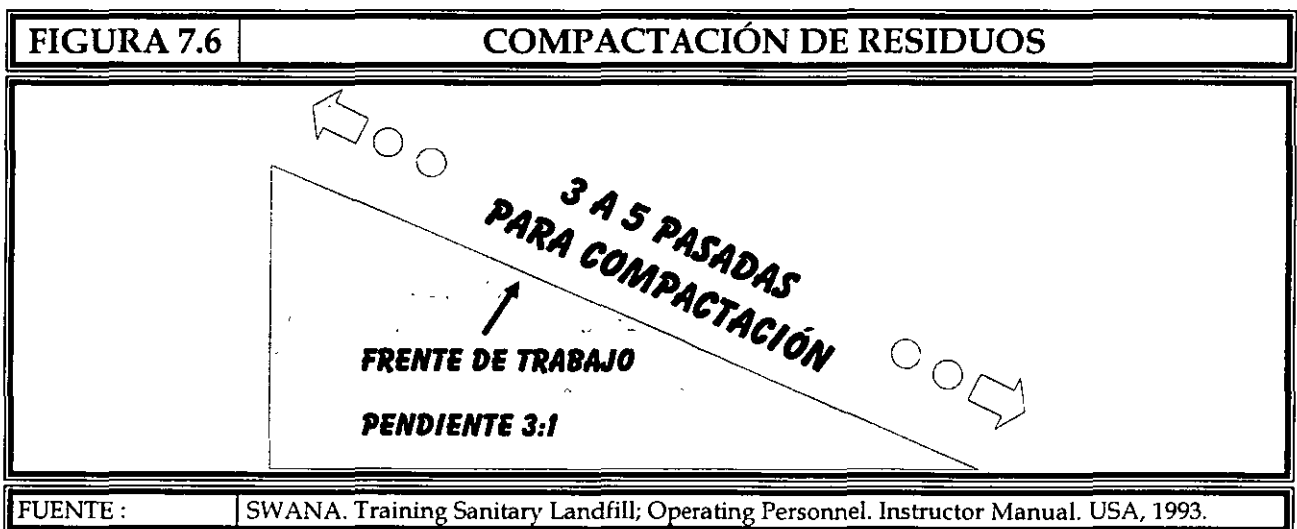
Hay algunas tendencias hacia el uso de geosintéticos como parte de la cubierta final. Para ello es necesario considerar factores de diseño muy especiales que aseguren el funcionamiento efectivo de dicha cubierta.

7.3.3 Prácticas de operación recomendables.

A continuación se presenta una serie de recomendaciones para lograr una efectiva operación del relleno sanitario :

- No se debe realizar disposición alguna cuando no este presente un supervisor. El sitio debe ser cerrado cuando no se cuente con el personal suficiente para la prestación del servicio.
- Mantener el menor ancho posible en el frente de trabajo.
- Mantener una separación de **2.5 a 3.0 m** entre los equipos de compactación y los vehículos recolectores o de transferencia.
- Todos los residuos recibidos en el relleno deben ser dispuestos sanitariamente y no deberá exceder un periodo de 48 horas después de su ingreso.
- Los residuos deben trabajarse inmediatamente después de ser depositados en el frente de trabajo y no permitir que se acumulen en montículos o que únicamente los residuos se conformen de una a dos veces por día.
- Para asegurar el máximo aprovechamiento de la capacidad del relleno, la residuos deben vaciarse en la base de la celda o rampa de disposición y trabajarse en ese mismo nivel. Este "fondo de descarga" reduce las posibilidades de esparcimiento de papeles debido al viento, permite máxima compactación y mejora el control de los residuos. Otra ventaja es que cuando los residuos están depositados en un área pequeña, también es menor la cantidad de material de cubierta que se utiliza.
- Los residuos deben ser esparcidos en la superficie del frente de trabajo en capas de entre 30 y 90 cm.
- Nunca se debe depositar residuos en el frente de ataque de aquellas áreas, en donde se estén efectuando maniobras de excavación.

- ☑ Los residuos esparcidos en el frente de trabajo se deben compactar conforme a los requerimientos de compactación establecidos en el proyecto ejecutivo y en concordancia con el plan de operación (generalmente con un mínimo de cuatro pasadas es suficiente, si la compactación se realiza con tractores de rueda metálica o de cadenas).
- ☑ Los residuos son manejados eficientemente, si éstos son esparcidos sobre un talud 3:1, utilizando maquinaria sobre orugas; pero se pueden obtener excelentes resultados en superficies planas, si se trabaja con equipo con ruedas dentadas. Utilizando un talud con determinada pendiente, se favorece el ahorro de material de cubierta, así como un menor tiempo en el extendido y compactado de los residuos. Sin embargo, la pendiente excesiva en los taludes (taludes mayores de 3:1), se obtiene una menor compactación (Ver Figura 7.6).



- ☑ Una vez que se ha cargado, mediante el equipo de movimiento de tierras, una cantidad de material de cubierta, no deberá descargarse en ningún lugar hasta que se defina el lugar en donde se colocará.
- ☑ El material de cobertura se debe humedecer lo suficientemente para lograr la compactación adecuada, además para controlar el arrastre del material por efecto del viento. Ahora bien, se debe tener cuidado de dosificar el agua necesaria para lograr el objetivo propuesto; pero se debe tener mucho cuidado de no agregar agua en exceso, debido a que se generan problemas de atascamiento y/o escurrimientos que afectan las propiedades de la cubierta de material generándose problemas operativos.

-
-
- ☑ Es recomendable remover cualquier acumulación de agua pluvial sobre las superficies rellenas, dentro de un período de 72 horas, después de haber identificado dicho problema.
 - ☑ Cuando se presentan lluvias de alta intensidad sobre el frente de trabajo, el agua acumulada debe ser bombeada hacia los canales de agua pluvial o fuera del sitio, antes de proceder a la descarga de residuos sólidos.
 - ☑ Todas las depresiones que aparezcan sobre las superficies ya trabajadas, deben ser rellenas lo más pronto posible, para evitar la acumulación de agua y de esta forma minimizar la posibilidad de infiltración de agua hacia los estratos inferiores.
 - ☑ La aceleración de la degradación de los residuos depositados en el relleno, mediante la adición de microorganismos o enzimas con acción específica, solamente tendrá sentido, si se cuenta con un plan bien definido que establezca la ubicación del área designada para este programa, composición del o los aditivos, método, cantidad y frecuencia de aplicación, así como las medidas de seguridad requeridas.
 - ☑ Si por alguna razón se reciben residuos especiales o industriales (aún siendo no peligrosos), deberán disponerse separadamente de los residuos de origen municipal. No debe haber disposición conjunta.

7.3.4 Uso Efectivo de Maquinaria.

La construcción de un relleno sanitario requiere de equipo pesado, conforme al grado de dificultad que presente el sitio para ello. Generalmente, este elemento de trabajo resulta ser una fuente importante en las inversiones destinadas al control de los residuos sólidos y por lo tanto, su uso efectivo es vital para el desarrollo eficiente de las operaciones en el relleno sanitario. La operación y el mantenimiento del equipo ocupan una lugar clave en los costos asociados con la operación de los sistemas de disposición final. Por tal razón, la adecuada selección del equipo por utilizar, debe realizarse de manera racional y tomando en cuenta el método de operación y las condiciones reales de trabajo a las que estarán sujetas.

Las funciones básicas del equipo para un relleno sanitario caen dentro de las siguientes categorías:

- ◆ Preparación del sitio incluyendo desmonte y despalme.
- ◆ Compactación y manejo de residuos.
- ◆ Excavación, transporte y aplicación de cubierta diaria.
- ◆ Esparcimiento y compactación de la cubierta final.
- ◆ Funciones de apoyo.

Con base en el tamaño de la instalación, el mismo equipo puede ser utilizado en más de una de las tres categorías. La versatilidad se convierte en una consideración esencial para la selección de equipo en situaciones en las cuales será utilizado para más de una sola función.

Funciones relativas al suelo:

La excavación, el manejo y la compactación de los suelos utilizados como sistema de impermeabilización o material de cobertura son los aspectos que deben considerarse cuando se determinan las funciones del equipo para el relleno. Los procedimientos y equipos utilizados para estas actividades difieren solo ligeramente de los utilizados para otras operaciones de movimiento de tierras. En consecuencia, el grado de mecanización y sofisticación del equipo disponible para el relleno sanitario, en una situación dada, no diferirá marcadamente de las actividades que son características en las operaciones de movimiento de tierras. Esta limitación se extiende a las variaciones en los procedimientos y requisitos específicos que se tienen que reunir, debido a las condiciones topográficas y características específicas del suelo. Por ejemplo, los equipos de ruedas, generalmente son eficientes para la excavación de suelos en los que predominan la arena, la grava, las arcillas limosas y los limos arcillosos. Por otra parte el equipo con cadenas o rieles es recomendable para trabajos en sitios que presentan problemas de accesibilidad y materiales difíciles de manejar. Otras variantes pueden ser de tipo estacionales. Si los suelos se van a mover en distancias menores a 100 m, los cargadores y bulldozers pueden servir perfectamente para ese propósito. Para distancias mayores se deben utilizar otros equipos.

Funciones relativas a los residuos.

Las funciones del equipo relacionadas con los residuos sólidos son el empuje, extendido, compactación y cobertura.

La función de compactación demanda atención total debido a sus efectos a muy corto y largo plazo sobre la operación del relleno y la velocidad y extensión de los

asentamientos, principalmente porque tiene una influencia importante en la capacidad del relleno (Figura 7.7). El equipo pesado especialmente diseñado para la compactación es aparentemente más efectivo y eficiente que el equipo ligero diseñado especialmente para el movimiento de tierras. Sin embargo, el peso puede ser significativamente compensado, incrementando el número de pasadas de equipo ligero sobre los residuos. El número de pasadas necesarias para obtener la compactación suficiente requerida también depende del contenido de humedad y de la composición de los residuos.

El equipo para el relleno debe ser resistente porque las condiciones para su uso se encuentran muy lejos de las ideales. Los radiadores presentan una alta frecuencia de saturación con partículas, lo que los daña considerablemente y el cuerpo y las partes operativas del equipo pueden dañarse por los residuos protuberantes o voluminosos. Las llantas, aún las de uso rudo, pueden resultar pinchadas o cortadas, reduciendo su vida útil.

Funciones de Apoyo.

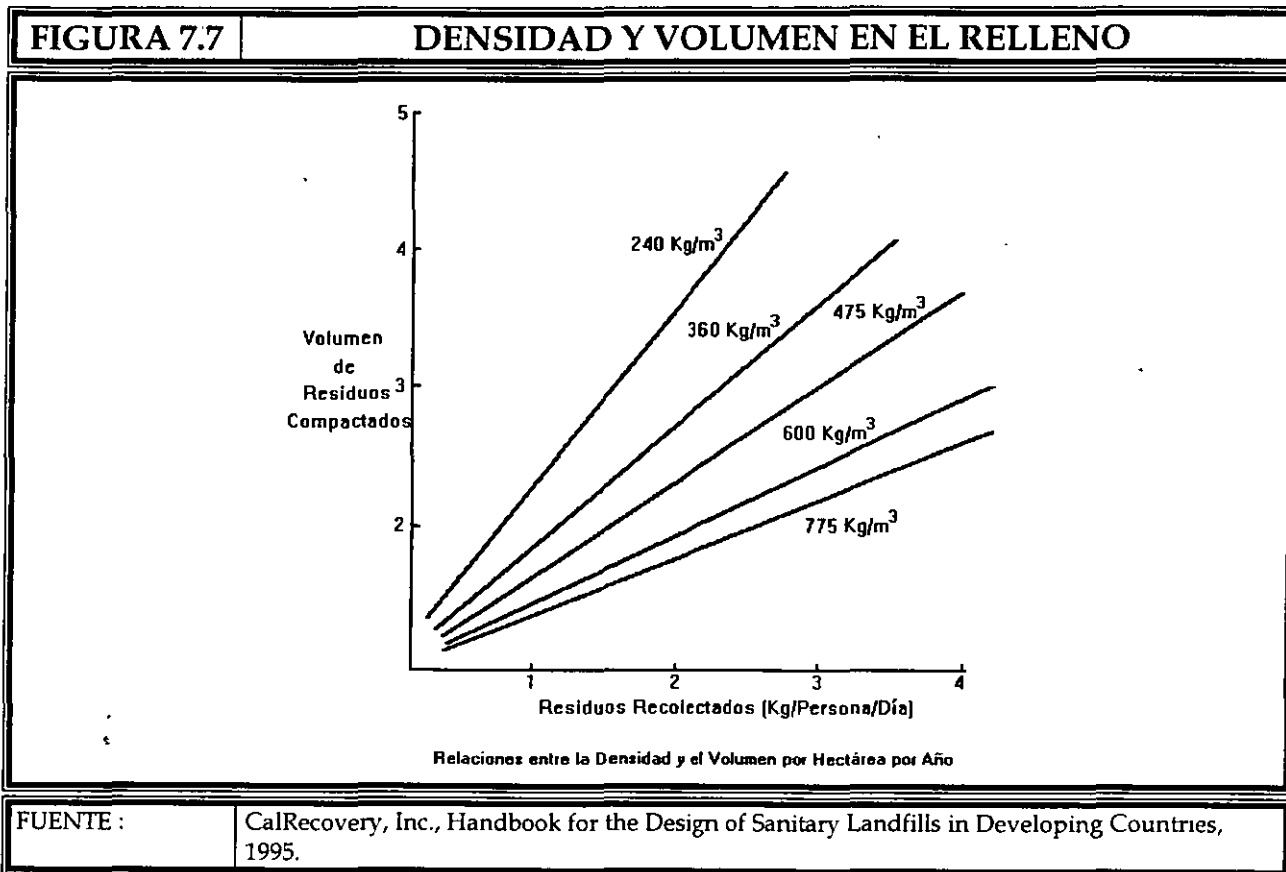
Con respecto a las etapas inicial y subsecuentes de construcción del relleno, se necesitará equipo de apoyo para la instalación de los sistemas de control ambiental tales como las geomembranas impermeables y cubiertas, las instalaciones para el manejo de lixiviados y los venteos para gas.

Las funciones de apoyo durante la fase de operación incluyen la extensión y el mantenimiento de los caminos hasta el frente de trabajo del relleno, control de polvos y combate de incendios. A menos que los vehículos de recolección y transporte estén equipados con sistemas de autodescarga, el equipo de soporte puede ser requerido para ayudar en la descarga. Si el trabajo es abundante la descarga se puede complementar manualmente. Este sería el caso con los vehículos de recolección más viejos. Generalmente algunas de las funciones de apoyo (tales como la ampliación y el mantenimiento de caminos) pueden ser realizadas durante la fase de operación mediante la maquinaria utilizada para la distribución y compactación.

Algunos aspectos especiales sugeridos para aplicarse en la operación de rellenos sanitarios son:

- La descarga se debe realizar a corta distancia del frente de trabajo, evitando que los vehículos recolectores y de transferencia interfieran con la actividades de la maquinaria pesada.

- Cercado completo de las máquinas (lateralmente y en la parte superior);



- Resguardar carters;
- Proteger el radiador;
- Instalar alarmas;
- Montar guardias;
- Resguardar furgones vacíos (cargadores y tractor con cuchilla);
- Limpiadores anteriores y posteriores;
- Sistema para detectar en las máquinas baja presión de aceite y alta temperatura del agua; pesada carga de aire del sistema de limpieza;
- Ruedas especiales para compactación de rellenos, reemplazare, (en compactadores);
- Extinguidor
- El desmonte se realizará por etapas para no favorecer las tolvaneras.
- Uso de Tractores de Cadenas

8. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS LIXIVIADOS Y BIOGAS.

8.1 Procesos de Descomposición de los Residuos

Antes de analizar las prácticas de manejo de los lixiviados y biogas, es importante comprender de manera general los principios de la descomposición de los residuos dentro del relleno sanitario. El objetivo de comprender dicho proceso, se basa en lo siguiente :

- ♦ La localización y el diseño de las instalaciones están apoyadas en los impactos ambientales potenciales derivados de los productos que resulten de la descomposición.
- ♦ Las prácticas de operación afectan directamente la velocidad de la descomposición de los residuos sólidos.
- ♦ Los efectos adversos pueden ser planeados para minimizar sus consecuencias; y
- ♦ La viabilidad de la clausura y post-clausura es seriamente afectada también por los productos generados durante la descomposición de la materia orgánica.

Todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero la fracción orgánica es la que sufre los cambios más importantes. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos. La descomposición se lleva a cabo a través de procesos químicos y biológicos, como se mencionó en el Capítulo 2 de este manual. En la **Tabla 4.6**, se presentan las diferentes categorías de residuos, los procesos y los subproductos generados.

TABLA 8.1		DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS	
RESIDUOS	PROCESOS	SUBPRODUCTOS	
Materiales orgánicos (papel, alimentos, trapo, etc.)	Biológico (Microorganismos)	Líquidos, gases y sólidos.	
Residuos inorgánicos (metales)	Químico (Oxidación)	Compuestos de metales	
Otros residuos	Biológicos y Químicos	Según el tipo de residuos	
FUENTE :	Governmental Collection and Disposal Association, Inc., Training Course Manual, Marung Sanitary Landfill Operation, 1988.		

8.1.1 Velocidad de la descomposición

Hay diferentes factores que afectan la velocidad de descomposición de los residuos sólidos. Estos incluyen las características físicas, químicas y biológicas de los residuos, tales como :

- ◆ Tamaño de partícula.
- ◆ Forma de partícula
- ◆ Densidad
- ◆ Composición.
- ◆ Componentes químicos.
- ◆ Número y distribución de microorganismos
- ◆ Oxígeno
- ◆ Humedad.
- ◆ Temperatura.
- ◆ pH

Debido a la complejidad de las reacciones potenciales e interacciones, la cantidad, la velocidad de generación y los componentes químicos de los subproductos no puede ser fácilmente determinados. Sin embargo, en la mayoría de las veces, es mejor diseñar y operar las instalaciones para reducir la generación de los mismos.

8.1.2 Efectos de la descomposición.

Hay tres principales eventos que ocurrirán en el relleno sanitario por la degradación de los residuos sólidos :

- HUNDIMIENTOS Y ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES.**
- GENERACIÓN Y MIGRACIÓN DE BIOGAS.**
- GENERACIÓN Y MIGRACIÓN DE LIXIVIADOS.**

8.2 Hundimientos y Asentamientos Diferenciales.

Este es el problema más obvio y más fácil de controlar.

8.2.1 Hundimientos.

Los hundimientos (asentamientos uniformes o fallas) de el relleno ocurren lentamente con el tiempo y éste es causado por :

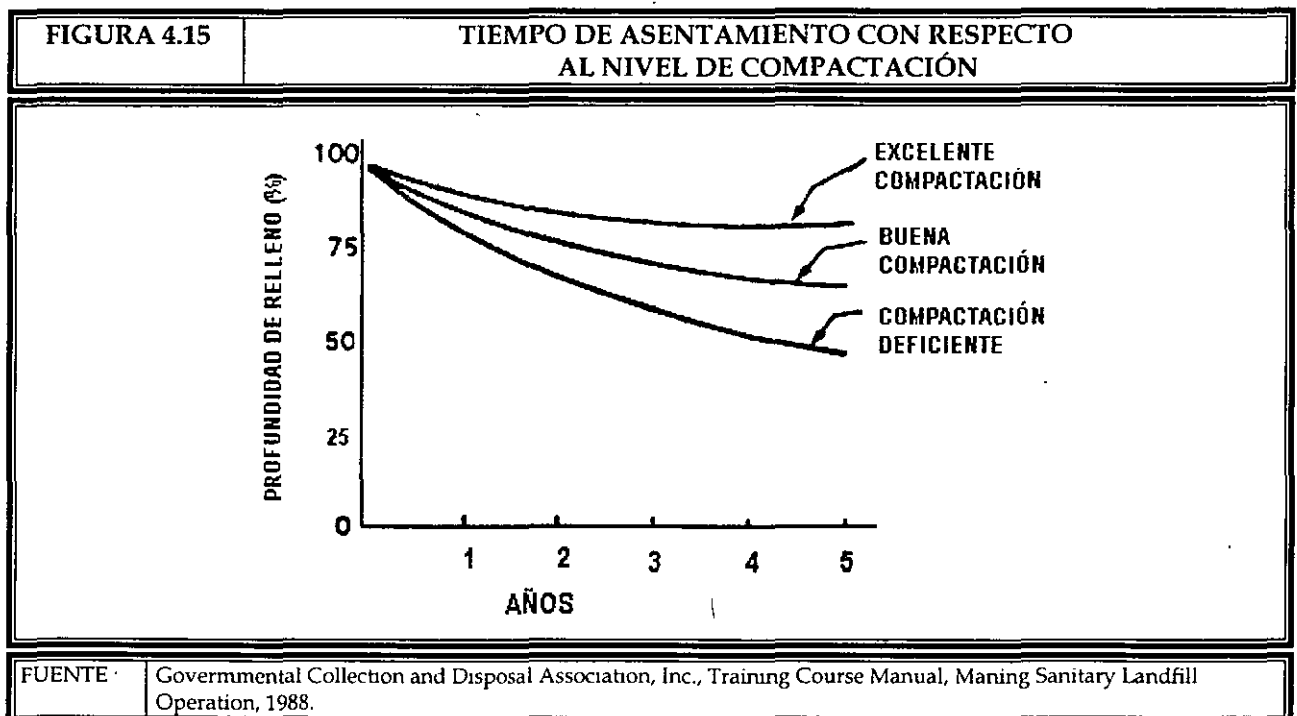
- ◇ **Peso del relleno (con respecto a la altura).**
- ◇ **Descomposición de los residuos sólidos (disminución del volumen)**
- ◇ **Compactación deficiente.**

El control se efectúa por medio de la compactación de los residuos sólidos. En la **Figura 4.15**, se presenta el asentamiento potencial con respecto al tiempo, basado el grado de compactación.

8.2.2 Asentamientos diferenciales.

Los asentamientos de ciertas áreas rellenas son llamados asentamientos diferenciales y originan depresiones de diversos tamaños, su ocurrencia se dá de manera aleatoria a través del tiempo. Los problemas básicos creados por los asentamientos diferenciales incluyen el encharcamiento de agua, incrementando la generación de lixiviados, la producción de biogas y la reducción del crecimiento de especies vegetales. Los asentamientos diferenciales son provocados por :

- ◆ Tráfico vehicular
- ◆ Compactación deficiente.
- ◆ Depósito de grandes cantidades de residuos orgánicos a lado de residuos inorgánicos e inertes (diferentes velocidades de degradación).
- ◆ Llenado irregular de las celdas.
- ◆ Asentamiento de materiales o el llenado de huecos provocados por la descomposición.



8.2.3 Control de asentamientos.

Los métodos de control de asentamientos incluyen :

- Buena compactación
- Separado o recuperación de materiales de los residuos voluminosos.
- Compactación de los residuos voluminosos lo más posible
- Mantener el área de trabajo liso y uniforme.
- Acondicionamiento de caminos con materiales inertes.
- Nivelación de áreas para favorecer los escurrimientos.
- Llenar las depresiones con material de relleno si estas son evidentes.
- Durante la construcción del sitio, las grandes depresiones pueden ser rellenadas con residuos fácilmente manejables (domiciliarios) para renivelar.

8.2.4 Identificación de la presencia de asentamientos.

La identificación de los problemas de asentamientos se hace a través de la observación directa sobre las áreas rellenadas.

- ◆ Agrietamiento en la cubierta
- ◆ Depresiones visibles.
- ◆ Fracturas profundas.
- ◆ Estancamiento de agua.

8.3 Manejo de Lixiviados.

Cuando el agua pasa (percola) a través de varios materiales, remueve algo de los sólidos, a esta agua y lo que contiene se llaman lixiviado.

El lixiviado es de aspecto desagradable, comúnmente tiene mal olor y puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales. Contiene materia orgánica e inorgánica. Algunos de estos materiales son tóxicos a los humanos y los animales. Esto significa que el lixiviado se debe mantener alejado de lagos y corrientes, así como del agua subterránea que puede consumir la gente.

La producción de lixiviados se puede prevenir:

- ☑ **MANTENIENDO LOS LÍQUIDOS FUERA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**
- ☑ **MANTENIENDO EL AGUA DE LLUVIA FUERA DEL RELLENO**

La legislación (en países desarrollados) requiere que los lixiviados que hayan sido generados, se recolecten y traten para su disposición final. Este requerimiento dio

como resultado la exigencia de dos o más capas de impermeabilización en el fondo de los rellenos. En un sistema de doble capa impermeable se requiere también de un sistema de detección de fugas. Un relleno diseñado y construido con doble capa impermeable tiene una muy baja probabilidad de que el lixiviado pueda escapar, pero existe el riesgo.

Se han probado también capas impermeables hechas con materiales naturales tales como arcilla fina, o sintéticos como plásticos. En el futuro los más utilizados serán los plásticos.

Es necesario perforar pozos de monitoreo de agua subterránea alrededor del relleno. Los requerimientos básicos son de un pozo aguas arriba del área de relleno y tres aguas abajo. Las muestras colectadas de estos pozos se analizan. Esto se hace para asegurar que el lixiviado no llegue al manto freático.

El estancamiento del agua causará el ingreso de más agua al relleno. Las causas más comunes del estancamiento son:

- Depresiones en la superficie del relleno (ver sección 4.2.1)
- Prácticas inadecuadas de construcción y fallas del sistema de impermeabilización en la reproducción del contorno de superficies planas y pendientes, así como en la operación donde se llega a obstruir el drenaje.

4.2.3.1 Migración de Lixiviados

Las buenas prácticas de operación pueden resultar en una reducción de la generación de lixiviados. No hay técnicas que eliminen absolutamente la generación de lixiviado y éste no representa ningún problema, a menos que migre desde el punto de generación hacia las aguas superficiales o subterráneas.

Características de Migración

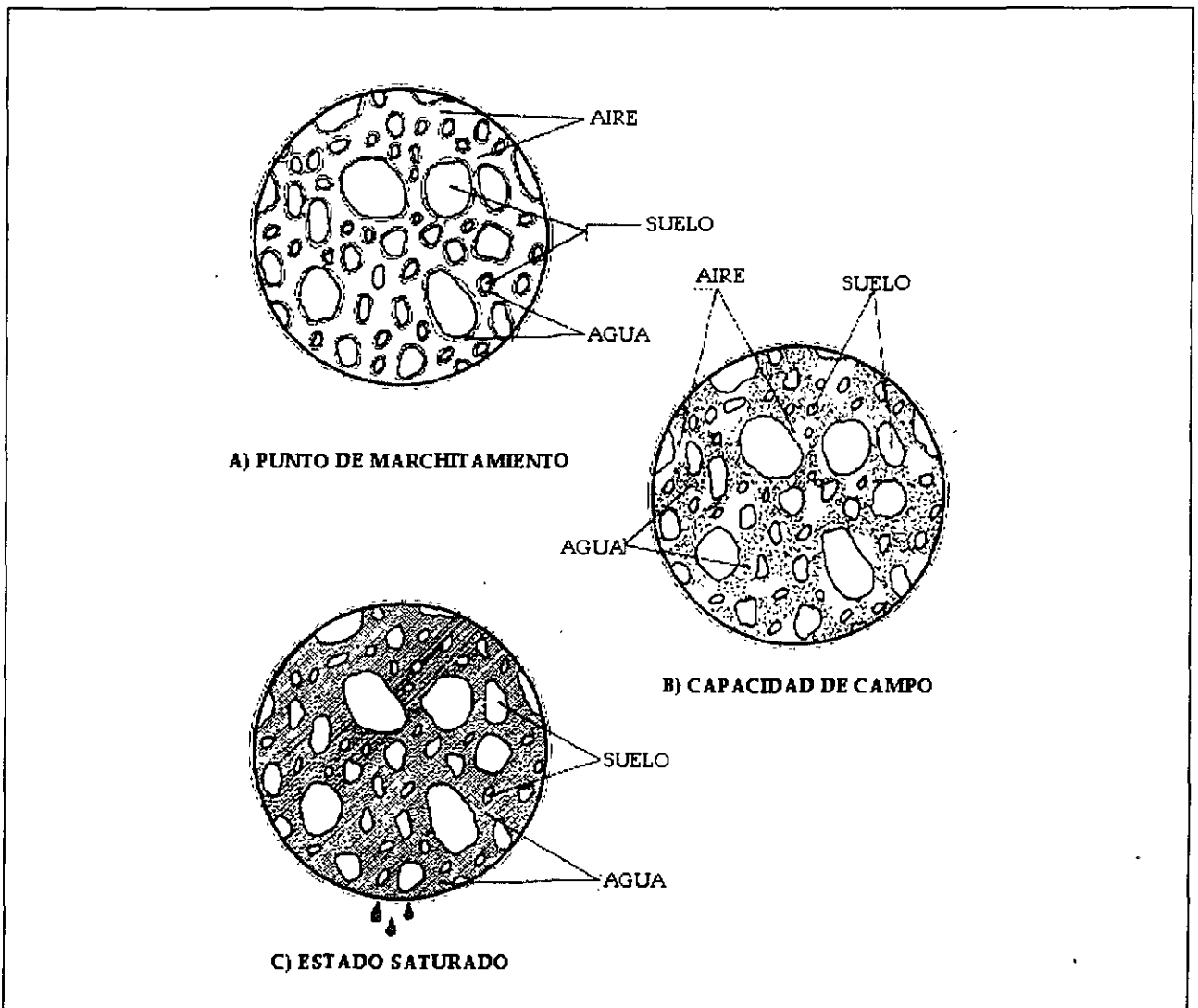
La migración de lixiviados ocurre cuando se satura una condición conocida como Capacidad de Campo. Dicha condición se refiere a la capacidad de un material para retener humedad libre en contra de la fuerza de gravedad. Una vez que se alcanza la capacidad de campo, la migración de lixiviados puede iniciar. Capacidad de campo no es lo mismo que saturación. Saturación significa que todos los espacios libres (de otra forma ocupados por aire) están llenos con agua. En al **Figura 4.16**, se ilustra el fenómeno de la capacidad de campo.

Procesos de Migración que pueden ocurrir:

La migración se puede dar cuando cualquier porción del relleno alcanza su capacidad de campo o desde los vacíos entre los residuos.

El lixiviado también puede migrar a la superficie del suelo (base del relleno) o hasta el agua subterránea (normalmente a lo largo de pendientes o escurrimientos). A lo largo de la vía de menor resistencia dentro del relleno y en el suelo circundante.

FIGURA 4.16 CAPACIDAD DE CAMPO



FUENTE : Governmental Collection and Disposal Association, Inc., Training Course Manual, Managing Sanitary Landfill Operation, 1988.

Descarga Superficial del Lixiviado

La descarga superficial normalmente ocurre a lo largo de la base de taludes, en el punto más débil en un sistema de cubierta o donde el suelo tiene la mayor permeabilidad. El uso de suelos impermeables como cubiertas diarias o intermedias puede originar escurrimientos a los lados del relleno. dichos escurrimientos superficiales pueden producir:

- ◆ Olores y condiciones desagradables
- ◆ Contaminación potencial del agua superficial
- ◆ Infiltración del lixiviado al agua subterránea
- ◆ Impacto a la flora del sitio

Si se presenta un escurrimiento, generalmente aparecerá como una descarga oscura, de color café rojizo y olor fétido. Frecuentemente aparecen burbujas en el escurrimiento. Una vez que la descarga se detiene, el suelo presenta una mancha de color café rojizo.

El control de las descargas superficiales se realiza mediante:

- Control de la generación de lixiviados.
- Excavando zanjas alrededor del escurrimiento y rellenándola con suelo de textura fina y bien compactado para interrumpir el flujo.

Descarga de Lixiviado al Agua Subterránea

La contaminación del agua subterránea se presenta si el lixiviado llega a alguno de estos cuerpos. Un método utilizado, para detectar la migración, es el monitoreo de la humedad del suelo bajo el relleno con lisímetros. Dicho monitoreo se efectúa principalmente para evaluar la calidad del agua, con respecto a la presencia del lixiviado.

Es importante diseñar el programa de monitoreo al mismo tiempo que se diseña el relleno, tomando en cuenta las etapas de construcción.

Control de la Migración de Lixiviados

La ubicación adecuada del sitio, el diseño y la construcción pueden dar seguridad en el control de la migración de lixiviados. La infraestructura necesaria incluye sistemas de impermeabilización empleando materiales de baja permeabilidad (naturales y/o sintéticos), colocados con cierta pendiente para conducir por

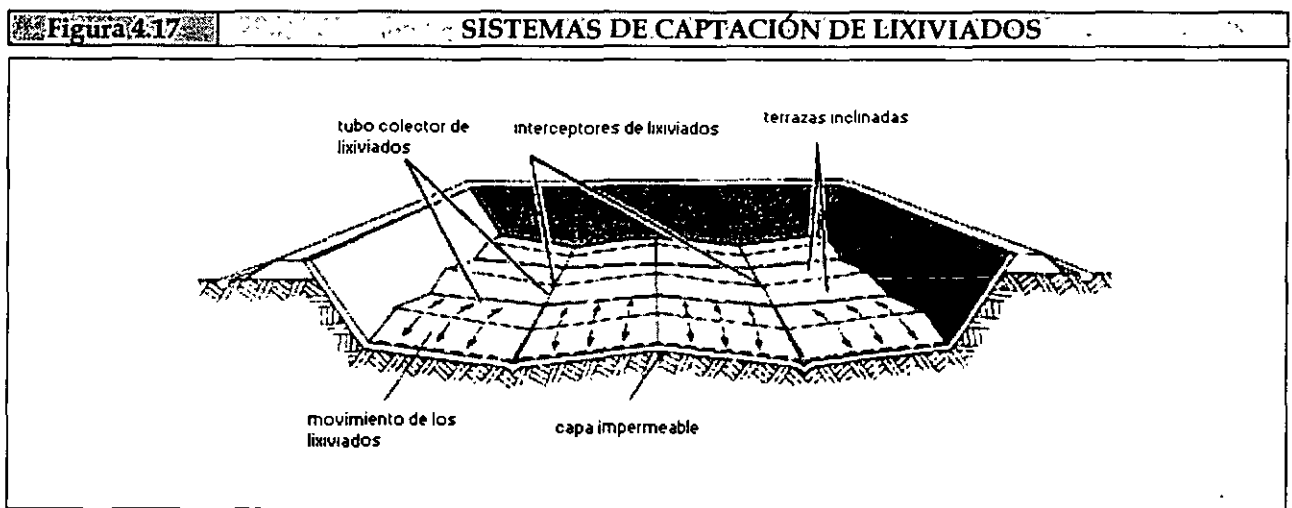
gravedad el lixiviado a los tubos colectores. Estos tubos colectan el lixiviado para su posterior extracción y tratamiento. La operación adecuada de dichas instalaciones, la colocación de cobertura final de acuerdo a las especificaciones del proyecto, y el mantenimiento de la cubierta vegetal reducirán migaración de lixiviado.

Selección de Sitio

En México, generalmente se han utilizado para la disposición de residuos sólidos, sitios inadecuados como: minas de materiales permeables, cauces de ríos, ondonadas y barrancas, principalmente; los cuales por el tipo de suelo, ubicación, etc., se han convertido en focos de contaminación de alto riesgo para los seres vivos.

Es por ello que las legislaciones actuales no permiten que los rellenos sanitarios se ubiquen en suelos que faciliten la infiltración de los lixiviados al manto freático; por lo que en la mayoría de los casos tanto los sistemas naturales de impermeabilización hechos con suelos arcillosos, los sistemas artificiales o combinaciones de ambos son necesarios para controlar dicha migración de lixiviados. Aún en ausencia de requisitos legales que exijan sistemas de impermeabilización, las prácticas adecuadas dictarán casi siempre el uso de sistemas de impermeabilización.

En la **Figura 4.17** se ilustran los conceptos de un sistema de colección de lixiviados típico.



Impermeabilización con Materiales Naturales.

El uso de materiales naturales requiere de consideraciones especiales para asegurar que:

La permeabilidad del suelo iguale o exceda los estándares legislados.

La densidad del suelo en el sitio sea comparable a la utilizada en la prueba para determinar el coeficiente de permeabilidad.

El espesor del suelo sea el adecuado para proporcionar al sitio la seguridad establecida por el diseñador.

Impermeabilización con Materiales Geosintéticos (sistemas de membrana flexible).

El tipo geosintéticos utilizados pueden ser: georedes, geotextiles, geomallas y geomembranas. Dichos geosintéticos deben ser compatibles con las condiciones físicas de la obra, además de cumplir con un alto control de calidad tanto del mismo material, como de su instalación, algunas fallas que se pueden presentar en dichos materiales, son:

- pinchadura.
- abrasión.
- raspones.
- organismos biológicos.
- asentamientos.
- pérdida de plasticidad.
- choque térmico (Stress).
- luz ultravioleta/luz infrarroja.

Los geosintéticos más frecuentemente utilizados pueden ser fabricados de:

- polietileno clorado.
- polietileno clorosulfonado.
- polietileno de alta densidad.
- cloruro de polivinilo.

Impermeabilización

No existen los sistemas totalmente impermeables. La migración normal del lixiviado a través de las capas impermeables se llama "permeación" para distinguirla de las fugas.

La mayoría de los sistemas convencionales de impermeabilización están diseñados con sistemas de colección y remoción de lixiviados que disminuirán el tirante de los líquidos sobre la superficie impermeable hasta una altura de aproximadamente de 15 cm. Bajo estas condiciones, un sistema de impermeabilización cuidadosamente construido que contenga una capa de 30 cm de arcilla colocada y compactada, con una permeabilidad en el sitio de 1×10^{-7} cm./seg., mantendrá una permeación de aproximadamente 150 m³/ha-año, de lixiviado. Sin embargo, el agrietamiento en las arcillas debido a una mala compactación o al resecamiento y el fisuramiento pueden favorecer una mayor fuga de dichos lixiviados.

En contraste una capa de geomembrana sintética de 40 mil (0.0035 ft) deberá permitir no más de 1 m³/ha-año de permeación cuando el tirante máximo de lixiviado sobre la superficie impermeable sea de 15 cm.

No obstante que los geosintéticos tengan propiedades de alta resistencia; no dejan de ser susceptibles a sufrir daños durante su traslado e instalación en el sitio; se considera que si la geomembrana llega a tener 20 orificios de aproximadamente 2 cm. de diámetro por ha., reduce su eficiencia de impermeabilización a un valor similar al de una capa de arcilla de 30 cm. Por otra parte 16 agujeros del tamaño de una cabeza de alfiler pueden ser suficientes para dañar una geomembrana. La instalación de estos sistemas sintéticos de impermeabilización sin que se presenten esas imperfecciones es casi imposible. Algunos daños durante la construcción se deben prevenir.

Diseño de Capas impermeables.

Los sistemas convencionales de impermeabilización para rellenos se conforman por capas de arcilla o membranas sintéticas para impedir la migración del lixiviado. Los sistemas compuestos incluyen una capa de arcilla sobre una membrana sintética.

Los sistemas más importantes de impermeabilización son:

- capa natural de arcilla.

-
- capa de arcilla compactada.
 - geomembrana sintética sencilla.
 - sistema doble de geomembrana sintética/arcilla.
 - sistema compuesto.
 - doble sistema compuesto.

Los diferentes sistemas varían enormemente en su capacidad para contener el lixiviado y en su costo de inversión. En la selección de un sistema de impermeabilización, el diseñador de rellenos debe evaluar las necesidades y condiciones específicas y el grado de contención requerido para prevenir la contaminación del suelo o el agua subterránea. También debe preocuparse de las tendencias nacionales y regionales en la legislación de los rellenos que puede influir en gran medida las obligaciones asociadas con el proyecto.

Minimización de fugas.

Las fugas son el resultado de imperfecciones en los sistemas de impermeabilización. Las fugas se pueden presentar tanto en los sistemas construidos con arcillas como en los que utilizan materiales sintéticos. La tasa de flujo en las fugas es directamente proporcional a:

- La altura del lixiviado sobre la superficie impermeable.
- El tamaño de la imperfección.
- La permeabilidad de las capas subyacentes al sistema de impermeabilización.

La primera acción para evitar las fugas de lixiviados, consiste en efectuar una instalación bajo una estricta supervisión. Las pruebas constructivas y destructivas de los sistemas de impermeabilización, conjuntamente con especificaciones de construcción a detalle, son esenciales para eliminar los problemas asociados con materiales de mala calidad, mano de obra deficiente y daños accidentales.

Un método alternativo para reducir las fugas es la construcción de una doble capa impermeable. La doble capa incorpora dos capas de idéntico diseño, una inmediatamente encima de la otra. Comúnmente se encuentra doble geomembrana sintética o doble capa de arcilla en los diseños actuales de rellenos sanitarios. La capa superior se identifica como capa primaria. La capa inferior como capa secundaria. Las fugas a través de la capa impermeable superior o primaria serán una pequeña fracción del total del lixiviado generado. La altura del nivel de lixiviado sobre la capa impermeable inferior o secundaria siempre será mucho menor que aquella que se da en la capa impermeable primaria. La

efectividad de las dobles capas es reforzada por la probabilidad de que una falla en la capa impermeable secundaria no caerá directamente bajo una falla en la capa primaria. En la práctica, se mejora en alrededor de 10 veces la eficiencia de impermeabilización con las dobles capas si se les compara con los sistemas de capa sencilla.

Tratamiento de Lixiviados.

Un sistema de colección de lixiviados se construye con el fin de utilizarse para desplazar el lixiviado del relleno. El proceso consiste en coleccionar, bombear y conducirlo hacia una planta municipal de tratamiento de aguas residuales o para su manejo en el mismo sitio.

Sistemas de Tratamiento de Lixiviados.

Hay varias opciones de tratamiento de lixiviados. La selección del proceso de tratamiento depende de la caracterización final del lixiviado. Las opciones de disposición caen en cualquiera de las cuatro categorías siguientes:

- ◆ Descarga directa a un cuerpo receptor de aguas.
- ◆ Descarga a una planta de tratamiento pública.
- ◆ Recirculación al relleno.
- ◆ Aplicación o tratamiento sobre el suelo.

La recirculación normalmente no utiliza ningún tipo de tratamiento. Por otra parte, el tratamiento extensivo es normalmente necesario para impedir la descarga del lixiviado a las aguas superficiales. Si el lixiviado se descarga una planta de tratamiento pública, el grado de tratamiento preliminar depende de la capacidad de la planta y de lo que acepte el operador de la misma.

Recirculación del Lixiviado.

El tratamiento de lixiviados puede ser complementado por la recirculación de ese lixiviado de regreso al interior de las celdas del relleno. Esta técnica también tiene el beneficio de acelerar la estabilización de los materiales orgánicos presentes. El

uso de la recirculación no elimina la necesidad final de tratamiento. Eventualmente, el lixiviado en exceso tendrá que ser removido y tratado.

Se pueden utilizar tres diferentes tipos de sistemas de recirculación de lixiviados: **irrigación por aspersión, flujo superficial e irrigación por inyección.**

Irrigación por Aspersión:

Se realiza mediante el bombeo periódico del lixiviado a través de las boquillas de aspersión situadas a intervalos de 15 a 30 m. de separación a lo largo y ancho del relleno. La ventaja de la irrigación por aspersión es que el lixiviado puede quedar sujeto a tratamiento por aereación durante el proceso de aspersión y vía adsorción por el material de cobertura durante su infiltración.

Flujo Superficial:

Es una técnica en la que se utilizan trincheras, tubos sobre la superficie del relleno o campos de infiltración para distribuir el lixiviado recirculado. El lixiviado es periódicamente bombeado a los sistemas de distribución y se permite su infiltración al interior del relleno. El tratamiento se da en la superficie mediante medios biológicos, adsorción y absorción.

Irrigación por Inyección:

Los lixiviados se distribuyen al interior del relleno mediante pequeños tubos o medios de infiltración (porosos), enterrados bajo la cubierta final. Ya que el sistema se instala bajo la superficie, la irrigación no es afectada por las condiciones climatológicas y tiene la ventaja de minimizar los problemas potenciales de olores.

A pesar de las ventajas potenciales de la recirculación de lixiviados, no se utiliza ampliamente. Las desventajas de la recirculación de lixiviados incluyen altos costos de inversión, concentraciones crecientes de metales en el lixiviado, saturación de la capacidad de campo, lo que puede finalmente detener la actividad biológica y la desaprobación legal en muchos casos de este procedimiento. La actitud legislativa, en los países desarrollados, puede ser el resultado de las tendencias recientes para prohibir el manejo de líquidos en los rellenos sanitarios.

Tecnologías de Tratamiento de Lixiviados.

Las tecnologías para el tratamiento de lixiviados pueden clasificarse de manera general en dos categorías: biológica y fisicoquímica. Hoy existe la tecnología adecuada para tratar en forma efectiva los lixiviados provenientes de los rellenos para residuos sólidos municipales. Los factores que requieren atención especial tanto en el diseño como en la operación son: la dificultad potencial para obtener una caracterización representativa de los lixiviados, la variación de la calidad de los lixiviados con respecto al tiempo y la falta de datos basados en casos de tratamiento de lixiviados anteriormente implementados.

4.2.4 Manejo del Biogas.

El biogas se produce de la degradación de los materiales orgánicos. El proceso se llama descomposición anaerobia. Los dos principales gases formados son metano (CH_4) y bióxido de carbono (CO_2). El metano es del grupo de los alcanos, una mezcla del 5 al 15 % de metano en aire puede causar una explosión si existe una fuente de ignición.

El biogas se puede desplazar por el subsuelo e inclusive fuera del relleno. Si el gas se acumula dentro o bajo estructuras tales como edificios, drenajes u otros sistemas de conducción, puede ocasionar explosiones; es por ello que se construyen pozos de monitoreo en perímetro del sitio, con el fin de evaluar la cantidad de biogas que puede acumularse en dichas zonas no controladas.

Existe una creciente preocupación acerca de la liberación sin control del gas proveniente de los rellenos sanitarios a la atmósfera, por ser una amenaza para la salud humana y el ambiente, por ello existe una creciente presión para que el biogas sea extraído y por lo menos venteado.

Muchos rellenos en el mundo ya cuentan con sistemas para control del biogas. Esto asegura a que se minimice su emigración de manera incontrolada. El gas colectado puede ser incinerado en un quemador o utilizado como fuente de energía alterna en diversos usos, por ejemplo: para la calefacción de espacios cerrados o para el funcionamiento de equipos, como combustible doméstico o industrial, etc.

4.2.4.1 Biogas.

La cantidad y composición del biogas depende entre otros factores, del tipo de materia orgánica contenida en los residuos sólidos, del grado de descomposición de ésta, etc. Se considera que los residuos con una gran fracción de material orgánico de fácil degradación producirán mayor cantidad de biogas. La tasa de producción de biogas es gobernada por la velocidad a la que los residuos se descomponen, así como a factores ambientales. Cuando la descomposición cesa, la producción de gas también se termina. La producción de gas comienza casi inmediatamente después de que los residuos sólidos son confinados en el relleno. Además del metano y el bióxido de carbono, en el biogas se pueden encontrar otros componentes, de los cuales se deriva su olor característico, así como orgánicos no metánicos que pueden impactar la calidad del aire cuando son desalojados hacia la atmósfera.

En la **Tabla 4.7**, se presentan las características típicas de los componentes del biogas.

TABLA 4.7		COMPONENTES DEL BIOGAS	
COMPONENTE	% DEL COMPONENTE (VOLUMEN, BASE SECA)		
METANO	47.5		
BIÓXIDO DE CARBONO	47.5		
NITRÓGENO	3.7		
OXÍGENO	0.8		
HIDROCARBUROS PARAFINICOS	0.1		
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS Y CÍCLICOS	0.2		
HIDROGENO	0.1		
ÁCIDO SULFHÍDRICO	0.01		
MONÓXIDO DE CARBONO	0.1		
COMPUESTOS TRAZAS	0.5		
CAPACIDAD CALORÍFICA	300-550		
GRAVEDAD ESPECÍFICA	1.04		
CONTENIDO DE HUMEDAD	SATURADO		
TEMPERATURA(EN LA FUENTE)	41 °C		

4.2.4.2 Factores que influyen en el desplazamiento del biogas.

El movimiento del biogas dentro de los estratos del relleno depende de la siguiente información:

- ◆ Espesor de los estratos, y edad de los residuos sólidos.
- ◆ Composición física de los residuos sólidos depositados.

- ◆ Permeabilidad del terreno y del material de cobertura.
- ◆ Características y clasificación del suelo adyacente al relleno
- ◆ Porcentaje de compactación de los residuos y del material de cubierta.

4.2.4.3 Evaluación del suelo para detectar la presencia del biogas.

La emigración del biogas hacia zonas no controladas puede detectarse de la siguiente forma:

- ◆ Percibiendo su olor característico.
- ◆ Revisando fracturas o grietas de la cobertura mediante un explosímetro.
- ◆ Observando incendios o desprendimiento de vapores entre las celdas así como en zonas circundantes.
- ◆ Muestreando sitio donde se sospeche que hay emigración de biogas.

Respecto al muestreo, se tienen las siguientes recomendaciones:

La profundidad del muestreo varía dependiendo de la geología y la distancia al relleno. Las pruebas iniciales se realizan normalmente entre 30 y 45 cm bajo la superficie del suelo debido a la capacidad limitada del equipo de prueba. Las pruebas se deben realizar principalmente, en el perímetro de zonas habitacionales.

Pozos de Monitoreo de Biogas.

Son estructuras que se construyen principalmente en las zonas circundantes al sitio, con el fin de evaluar y detectar el biogas acumulado en tres estratos del suelo. Tales instalaciones permanentes:

- El fácil análisis de rutina.
- Las ubicaciones de prueba uniformes.
- La verificación de los resultados con pruebas repetidas.

Equipo de Monitoreo.

Se utilizan explosímetros para detectar la presencia de metano. Estos equipos pueden utilizarse para varios propósitos como:

- ◆ Medición del porcentaje de gas en relación al límite explosivo inferior.
- ◆ Medición de la concentración total de gas como un porcentaje referido a gases totales.

Dichos equipos presentan variantes como:

- ◆ Alarmas auditivas.
- ◆ Alarmas visuales.

El equipo para límite explosivo inferior es más útil porque el peligro de explosión es una preocupación primordial. El límite explosivo inferior del metano es 5% en volumen en el aire, y es la concentración más baja de gas que puede producir una explosión si existe una fuente de ignición.

El límite explosivo superior del metano en aire es 15% en volumen, y es la máxima concentración de una gas que causa una explosión. Si las concentraciones de metano rebasan el 15% pueden provocar incendios pero no explosiones.

Características de las Emisiones de Biogas a la Atmósfera.

El biogas también contiene menos del 1% de compuestos orgánicos no metánicos. Así la migración del biogas propicia un mecanismo de transporte para los compuestos orgánicos no metánicos contenidos en los residuos del relleno. Algunos de estos compuestos pueden causar daño a la salud humana y al ambiente.

Las Emisiones del Biogas a la Atmósfera.

Las emisiones del biogas a la atmósfera requiere de la estimación, tanto su concentración, como del flujo de éste. Se han desarrollado varios modelos teóricos para estimar la tasa de generación que es alrededor de la mitad del total del volumen del biogas. El modelo de Scholl Canyon parece ser uno de los más

utilizados para la estimación de las emisiones de los compuestos orgánicos no metánicos.

La única forma para verdaderamente estimar la generación de biogas o sus tasas de emisión, de un relleno sanitario, es a través de la realización de pruebas en el mismo sitio. Estas pruebas son extremadamente caras, por lo tanto, se requiere un método económicamente más accesible para dichos estudios.

Control del Biogas.

Se pueden utilizar varios tipos de sistemas para controlar las emisiones y la migración del biogas (sistemas activos y pasivos), dependiendo de la cantidad que se genere. Dicho control puede consistir en:

- ◆ Venteo a la atmósfera
- ◆ Combustión en pebeteros o quemadores
- ◆ Incineración
- ◆ Recuperación como fuente alterna de energía

Para ello pueden utilizarse los siguientes sistemas:

Sistemas de Control Activo.

Son pozos construidos a diferentes profundidades, equipados con un ducto y equipo mecánico, como sopladores y bombas de extracción. Estos sistemas incluyen:

- ◆ Pozos de extracción y/o trincheras (captación).
- ◆ Pozos de inyección de aire o trincheras (barreras).

La selección, el diseño y los costos de los sistemas son específicos para cada sitio y están determinados en base a investigaciones de campo, requerimientos de desempeño y planes del desarrollo del sitio.

Sistemas Perimetrales de Pozos de Extracción de Biogas

Estos sistemas pueden ser de extracción natural y consisten de una serie de pozos verticales instalados en el perímetro del sitio.

Sistemas Perimetrales de Trincheras de Extracción.

Consiste en una línea de zanjas interceptoras equipadas con grava y tubos de P.V.C. perforados o ranurados.

Sistemas Perimetrales de Pozos de Inyección de Aire.

Consisten en una serie de pozos verticales instalados en suelo natural, entre el límite de los residuos sólidos depositados y del área de amortiguamiento requerida.

Trinchera Perimetral de Inyección de Aire.

Es similar al de trinchera de extracción descrita anteriormente.

Sistemas Pasivos de Control.

Su construcción es semejante a la de los sistemas activos, excepto su forma de extracción, ya que ésta se realiza de manera natural.

Dichos sistema incluyen:

- ◆ Sistemas de trincheras de venteo (barrera).
- ◆ Quemadores y venteos (captación).

Sistema de Trincheras de Venteo.

Consiste en una trinchera interceptora rellena de grava que contiene un tubo horizontal perforado o ranurado. El tubo se conecta a ductos verticales que permiten la acumulación del biogas para ventearlo a la atmósfera.

Quemadores y venteos.

Los quemadores y venteos son instalaciones sencillas de tubo colocado dentro del estrato de residuos sólidos para permitir el venteo del biogas a la atmósfera. Un sistema de quemadores pasivos es muy similar a un sistema de venteo, excepto que el gas se quema y es necesaria cierta infraestructura adicional para mantener la combustión.

Estructuras de Protección para los Sistemas de Control del biogas.

Dichas protecciones pueden ser de metal, concreto, tabique, etc., previamente diseñadas en base a los requerimientos del sistema a proteger.

Recuperación y Uso de Biogas.

La recuperación y usos del biogas producido en rellenos sanitarios, se ha desarrollado en varias ciudades de Estados Unidos. Los grandes rellenos en California, New York y otros estados, fueron de los primeros en aprovechar el gas a gran escala para fines comerciales.

Entre algunos de sus usos se pueden mencionar los siguientes:

- Combustible para uso industrial.
- Combustible para generación de electricidad
- Combustible para uso doméstico.
- Combustible para vehículos.
- Producción de metanol.

En todos los casos se requiere cierto grado de procesamiento antes de poder utilizar el biogas. Las compañías que instalan sistemas de recuperación de biogas indican que para un proyecto sea económicamente viable a gran escala se deben reunir las siguientes condiciones:

- ◆ El relleno debe contener como mínimo 1'000,000 de ton. Mientras mayor sea el contenido orgánico es mejor.
- ◆ El sitio debe estar en operación o tener cinco años de haber cerrado.
- ◆ El espesor de los estratos de residuos sólidos debe ser como mínimo de 12 m.
- ◆ El material de cobertura es necesario que sea impermeable para reducir el movimiento del biogas.

Calidad del Biogas para su Uso.

Como ya se mencionó las concentraciones del biogas fluctúan entre el 50 y 55% para el metano y 45 y 50% para el dióxido de carbono. Lo cual equivale a un valor energético del biogas entre 4.5 y 5.0 kilocalorías por m³. Los gases con este valor energético se llaman gases de calidad media. Puede ser utilizado directamente en calderas, calefactores, máquinas de combustión interna, entre otros. Los contaminantes presentes en el biogas pueden causar corrosión, abrasión y desgaste excesivo de las cámaras de combustión.

El biogas puede tratarse para remover las impurezas y mejorarlo hasta obtener 9 kilocalorías por m³. Este gas se llama gas de calidad para gasoducto y puede ser inyectado a los sistemas de distribución existentes, convertirse en fertilizante o licuarse. Se deben realizar análisis de mercado y viabilidad económica para definir el uso más adecuado.

Procesamiento del Biogas para su Aprovechamiento.

Si el biogas va a ser aprovechado como energético, debe procesarse por las siguientes razones:

- ◆ Control de la corrosión en las instalaciones.
- ◆ Control de la humedad y otros compuestos no deseables.
- ◆ Mejoramiento de su valor energético.
- ◆ Requerimientos de la legislación ambiental.

El control de la corrosión en las instalaciones importante debido a que los componentes como el ácido sulfhídrico, bióxido de Carbono, etc., siempre están presentes en el biogas. Cada relleno sanitario es diferente y el biogas producido varía de un sitio a otro, consecuentemente, la naturaleza corrosiva del biogas también diferente.

La necesidad de reunir las especificaciones comerciales relacionadas con el agua y algunos hidrocarburos es de particular importancia principalmente cuando el biogas tiene que ser transportado a largas distancias mediante gasoductos subterráneos. Es por ello que se deberán eliminar los condensados que se presentan en las instalaciones.

Se requiere mejorar la calidad energética del biogas únicamente hasta el grado mínimo aceptable por el consumidor en los sistemas de distribución de gas. Alrededor de 9 kilocalorías por m³., es el máximo valor energético obtenible en



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

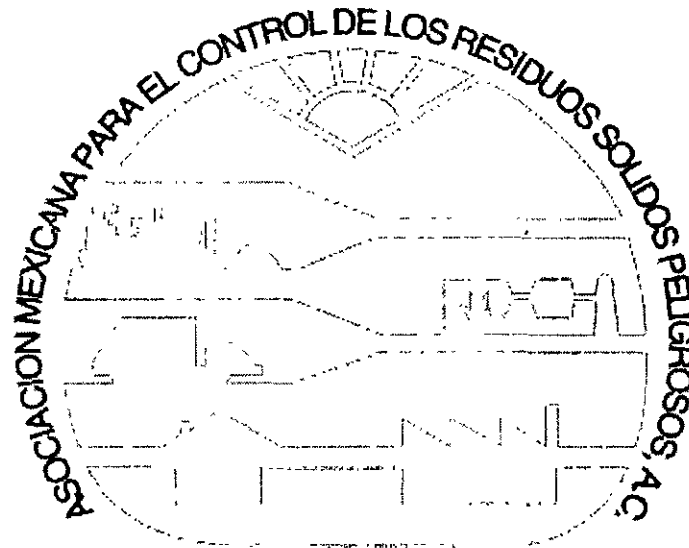
MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TEMA

SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO LEGISLACIÓN NOM-083-ECOL-1996

**EXPOSITOR: ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

SELECCIÓN DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO LEGISLACIÓN NOM-083-ECOL-1996



AMCRESPAC

ING. JOSÉ JUAN MORALES REYES

COORDINADOR DE CURSOS

MAYO, 2001



ANTECEDENTES

- **LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN**

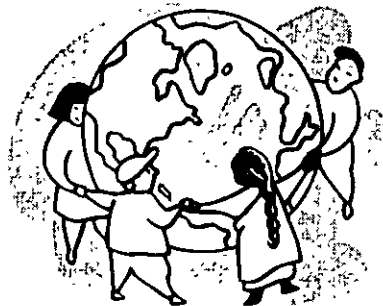
1º/JULIO/1992

- **REGLAMENTO DE LA LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN**

14/ENERO/1999

NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM)

ES LA REGULACIÓN TÉCNICA DE OBSERVANCIA OBLIGATORIA, QUE ESTABLECE REGLAS, ESPECIFICACIONES, ATRIBUTOS, DIRECTRICES, CARACTERÍSTICAS O PRESCRIPCIONES APLICABLES A UN PRODUCTO, PROCESO, INSTALACIÓN, SISTEMA, ACTIVIDAD, SERVICIO O MÉTODO DE PRODUCCIÓN U OPERACIÓN



PROCEDIMIENTO PARA SU ELABORACIÓN

- **ELABORACIÓN DE ANTEPROYECTO**
- **SE TURNA AL COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (CCNN)**
- **CCNN REvisa, ADECUA Y PUBLICA EN EL DOF**
- **60 DÍAS NATURALES PARA CONSULTA PÚBLICA**
- **CCNN ESTUDIA COMENTARIOS Y MODIFICA PROYECTO EN 45 DÍAS**
- **CCNN RESPONDE COMENTARIOS, 15 DÍAS ANTES DE SU PUBLICACIÓN**
- **CCNN APRUEBA E INFORMA A LA DEPENDENCIA CORRESPONDIENTE**
- **LA DEPENDENCIA PUBLICA LA NOM EN EL DOF**

COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Presidente

Director General de Regulación Ambiental

Secretario Técnico

Dirección de Normas

Vocales

**Secretarías de Estado (SECOFI, SCT, SG, SEMARNAP,
SS, STPV, SHyCP, SE, S. MARINA, GDF, SEEDOMEX)**

Entidades Paraestatales (PEMEX, IMP, CFE)

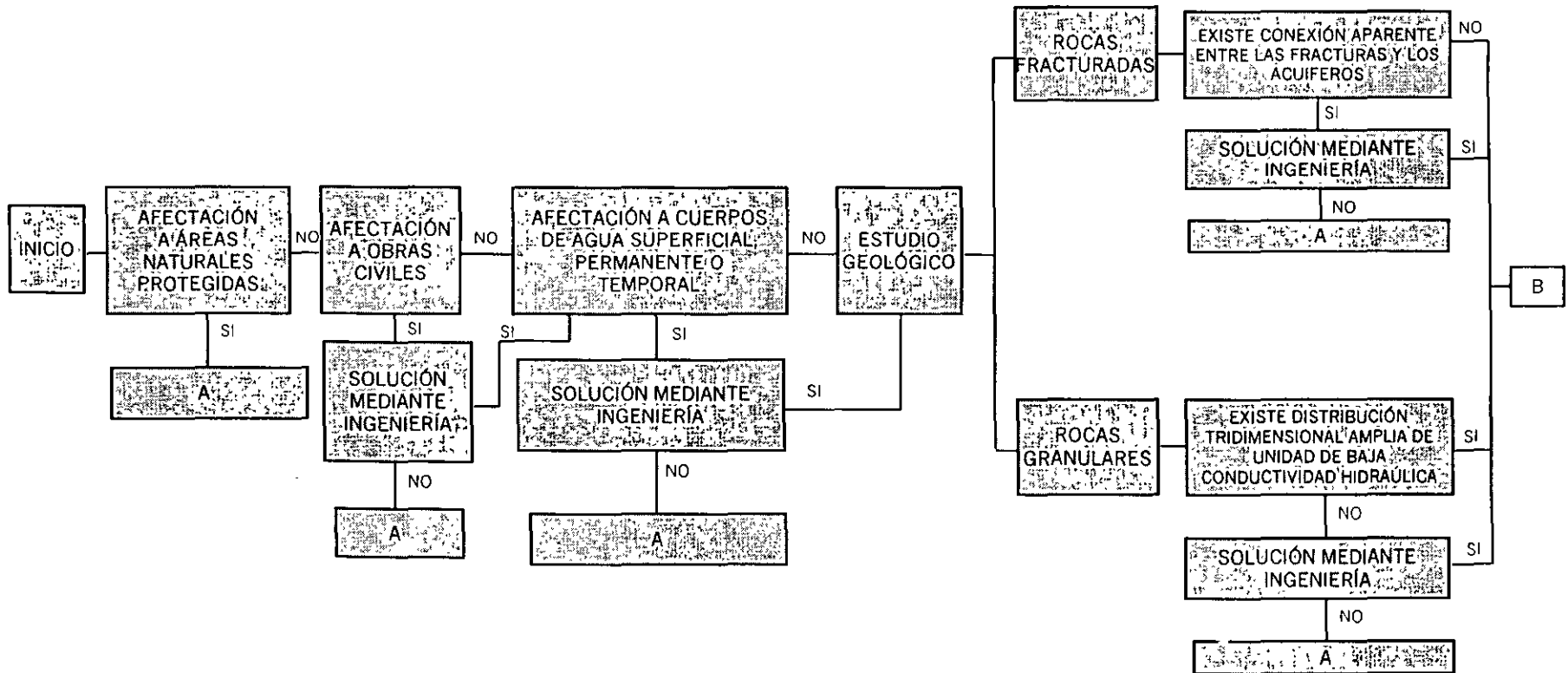
**Instituciones de Enseñanza Superior y de Investigación
(UNAM, UAM, IPN, etc.)**

**Cámaras (CONCAMIN, COPARMEX, CANACINTRA,
CONCANACO, etc.)**

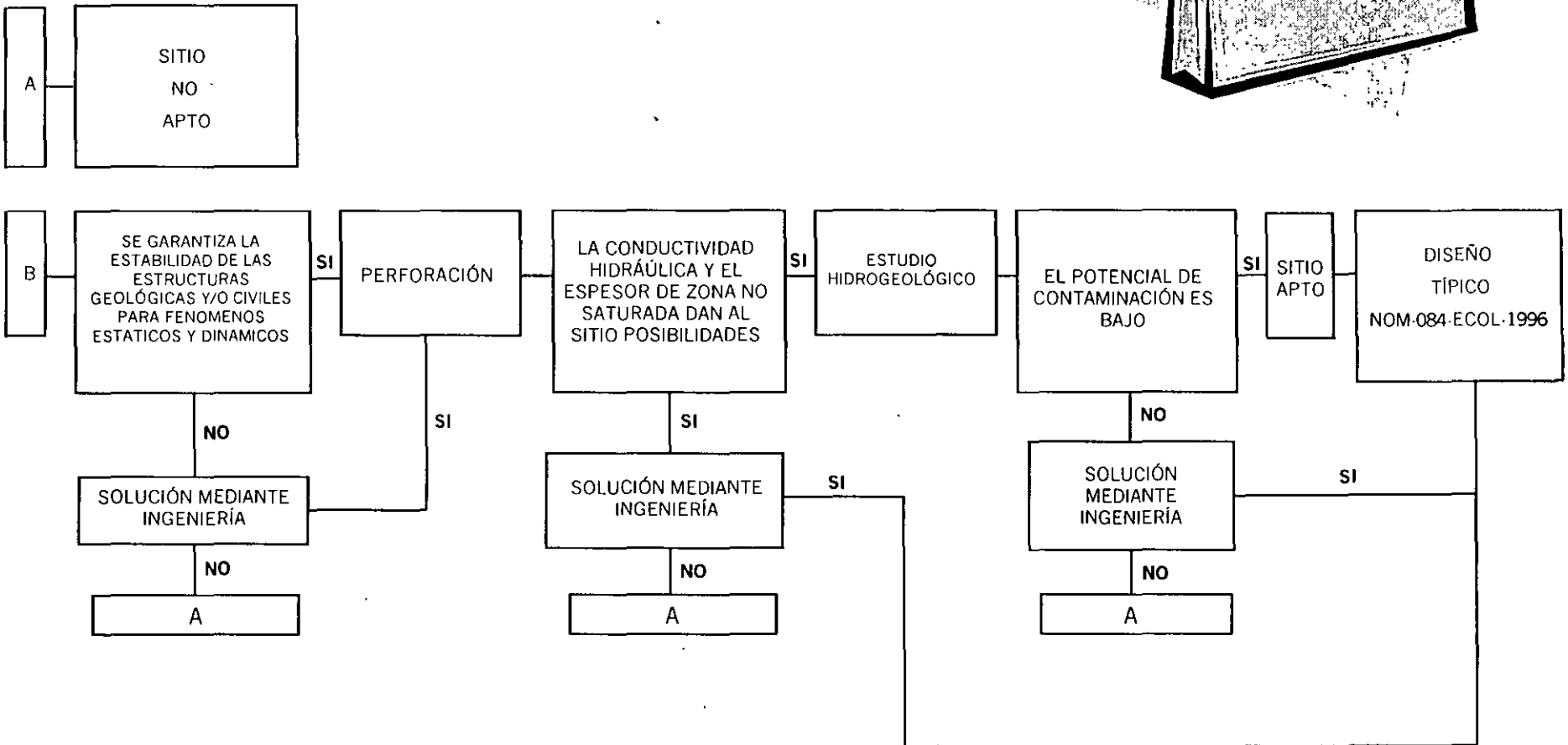
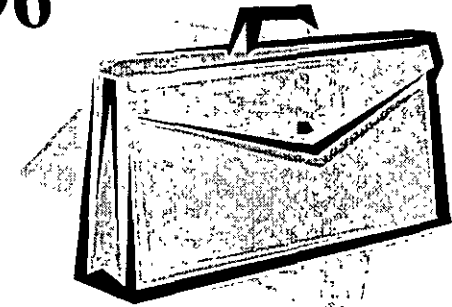
Asociaciones y Grupos

NOM-083-ECOL-1996

ANEXO 1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LOS ESTUDIOS



NOM-083-ECOL-1996



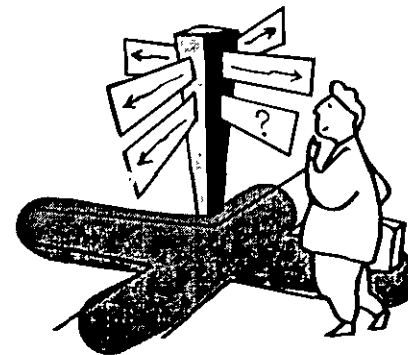
CRITERIOS DE SELECCIÓN



- **Afectación a áreas naturales protegidas**
- **Distancia a Aeropuertos**
- **Derecho de vía de carreteras**
- **Derecho de vía de ferrocarriles**
- **Derecho de vía de obras públicas federales (Oleoductos, Gasoductos, Poliductos, Torres de Energía, Acueductos)**
- **Distancia a Fuentes Activas de Extracción de Hidrocarburos**
- **Distancia al límite de traza urbana o poblaciones rurales de hasta 2500 hab.**
- **Distancia a pozos de extracción de agua**
- **Fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años.**
- **Fuera de zonas de pantanos, marismas y similares.**
- **Distancia a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo**
- **Distancia a falla activa**
- **Fuera de zona con taludes inestables**
- **Garantizar que no hay conexión natural con acuíferos**
- **Factor de tránsito de Infiltración menor a 3×10^{-10} seg-1**

PRINCIPALES DIFICULTADES PARA SU APLICACIÓN

- **IMPACTO ECONÓMICO DE SU APLICACIÓN**
- **DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DE INFORMACIÓN**
- **APLICACIÓN DE OTRAS NOM QUE NO SE MENCIONAN**
- **CONSIDERAR LOS EFECTOS SOBRE LA DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE MATERIALES, TÉCNICAS Y SERVICIOS**
- **SOLICITA REALIZAR ESTUDIOS QUE NO SE UTILIZAN**
- **LENGUAJE CONFUSO**
- **OBLIGA AL USO DE MÉTODOS DE PRUEBA ESPECÍFICOS**
- **DISCRECIONALIDAD EN LAS FUNCIONES DE INSPECCIÓN**
- **CARENCIA DE NOM COMPLEMENTARIAS**
- **SOLUCIONES DE INGENIERÍA NO REGULADAS**





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE
RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES**

TEMA

TRATAMIENTO PARA LIXIAVIADOS DE DESECHOS MUNICIPALES

**EXPOSITOR: ING. ANDRES NOE MENDOZA
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

CURSO DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TRATAMIENTO PARA LIXIVIADOS DE DESECHOS MUNICIPALES.

ING. ANDRES NOE MENDOZA

La transformación de los desechos municipales en los rellenos sanitarios por su naturaleza y composición genera subproductos que se caracterizan por presentar cualidades contaminantes, mismas que deben ser controladas para evitar la contaminación a la atmósfera y a los subsuelos.

Los aspectos ambientales de la contaminación generada por la disposición de los desechos sólidos en rellenos sanitarios, contemplan dos vertientes: la contaminación generada por la emisión de vapores y gases propios de la descomposición de materia orgánica y en el otro extremo la contaminación que puede originar la lixiviación de líquidos concentrados.

En este caso, que es el que se expondrá en esta oportunidad, la cantidad y concentración de las sustancias químicas contaminantes presentes en un lixiviado dependerán de una serie de factores propios a los desechos y otros más indirectos como la composición de suelos y la forma de operar un relleno sanitario, que sin embargo, requieren de un control ambiental, esto es, el tratamiento de los lixiviados de los desechos municipales, en la actualidad es una etapa más conceptualizada en la ejecución de los proyectos nuevos y la alternativa de sitios en operación o ya clausurados.

Generación de Lixiviados.

La transformación de la basura se lleva a cabo en dos etapas, la primera de ellas denominada como fase aerobia, donde los materiales orgánicos complejos como celulosa, lípidos y carbohidratos son hidrolizados, convirtiéndose en compuestos orgánicos simples, por medio de microorganismos facultativos de tipo aerobio, también conocidos como " formadores de ácidos". En esta etapa no se genera biogas ya que la cantidad de oxígeno con que se cuenta es muy poca, los procesos aerobios son cortos en tiempo y se desarrollan en las partes superiores exclusivamente, propiciando con esto un incremento de la temperatura (+25C) de los desechos.

Durante la segunda etapa, las bacterias anaerobias utilizan los ácidos orgánicos para generar principalmente metano y bióxido de carbono, las bacterias metanogénicas son anaerobias estrictas, es decir, no toleran variaciones cantidades de oxígeno, Durante el desarrollo de este proceso, la fracción orgánica cuenta únicamente con la fracción característica del tipo de basura de que se trate, o con la que queda al aportarle el agua de lluvia que se filtra a través de la cubierta. La composición y el porcentaje de humedad que presenten los desechos confinados determinarán el grado y la velocidad de la transformación que se llevará a cabo.

Hidrodinámica de los lixiviados.

La cantidad de lixiviado generado está en función del contenido de humedad y capacidad de absorción de los desechos, humedad producida por la precipitación pluvial, el agua generada y consumida en las diferentes fases de biodegradación.

Los factores que afectan la formación de los lixiviados en las celdas de los rellenos sanitarios se puntualizan como:

Composición de Residuos	Humedad PH
Hidrogeología regional y/o local	
Régimen de precipitación pluvial y Temperatura	
Degradación de los Residuos	
Compactación de los Residuos	
Diseño del sitio de Disposición.	

Estos factores en forma individual darán una cualidad a los lixiviados generados, misma que se reflejará de la siguiente manera:

La composición de los residuos, reflejara el tipo de contenido orgánico y la capacidad de biodegradación, la composición de los suelos donde son depositados los desechos, ofrecerán a los lixiviados contenidos inorgánicos provocados por el arrastre de las aguas pluviales, la temperatura de la región es importante en el balance de generación ya que está comprobado que la generación en sitios de temperaturas templadas y calientes es mayor a lugares donde la temperatura ambiental es menor, llevándose en forma más rápida la descomposición de los residuos orgánicos.

La operación del sitio de disposición resulta ser el complemento de los factores para la generación de los lixiviados, en el caso de la compactación de los residuos, cuando la carga proporcionada a los desechos para la formación de las celdas es alta la generación de lixiviados es menor ya que la penetración de las aguas de escurrimiento son menores a través de la totalidad de los desechos.

El diseño de los sitios permite operaciones de cobertura inmediata o en su defecto de mayor tiempo en exposición al aire, situaciones que aceleran la descomposición de la materia orgánica y permiten un mayor aceleramiento de la temperatura en el interior de las celdas originando una mayor degradación.

Características de los lixiviados.

Las características del lixiviado incluyen altas concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Color, entre otros. Los contaminantes presentes se encuentran en dos fracciones: soluble e insoluble.

A) Fracción insoluble.

La fracción insoluble incluye sólidos de diversas dimensiones que pueden ser separados por vía física (sedimentación, decantación, filtración, etc.), así como, sólidos coloidales, grasas y aceites emulsificados que son susceptibles de removerse por medios fisicoquímicos (principalmente coagulación y floculación). Además, la reducción de este tipo de contaminantes lleva implícito el decremento en los niveles de DQO y DBO.

En lo general, los sólidos suspendidos tienden a separarse de la matriz líquida en forma espontánea a excepción de los coloides, los cuales forman un sistema estable difícil de separar, por lo cual nos remitiremos únicamente a explicar éste último caso.

• Estabilidad de materia suspendida coloidal.

Los coloides se definen como sólidos suspendidos menores a 1 micrómetro (valor comprendido entre el respectivo a partículas en solución verdadera y el de partículas en suspensión) cuya naturaleza juega un papel importante en la estabilidad del coloide [Pérez y Kirchmer, 1981].

Los coloides que son termodinámicamente estables son denominados reversibles, es decir, de rápida agregación con tendencia a mantenerse unidos, en tanto que en los coloides termodinámicamente inestables (irreversibles) su velocidad de agregación es lenta y difícilmente vuelven a su estado coloidal [Weber, 1980].

Las partículas coloidales poseen una carga eléctrica, pero la dispersión coloidal en su conjunto no tiene una carga eléctrica neta, por lo que la carga primaria de la partícula debe ser equilibrada en la fase acuosa a través de una doble capa eléctrica que está formada por un exceso de iones de carga opuesta (contraiones), que se acumulan en la superficie de la partícula. Los contraiones están influidos por la atracción electrostática a la partícula coloidal y la difusión de los iones en la masa de la solución. La estabilidad del coloide se alcanza cuando dos partículas coloidales se acercan entre sí, provocando que la carga coloidal actúe repeliendo ambas partículas, mientras que las fuerzas de Van Der Waals ocasionan su acercamiento induciendo al sistema a mantenerse en suspensión.

- **Desestabilización de coloides.**

La definición de coagulación es referida por algunos autores como la desestabilización por compresión de la doble capa eléctrica, lo cual provoca la precipitación de las partículas coloidales.

Existen varios modelos que explican el proceso de desestabilización, sin embargo, nos referiremos únicamente al modelo de la compresión de la doble capa, que es el que explica el fenómeno de coagulación en la mayoría de los sistemas.

La desestabilización ocurre cuando se adicionan iones con carga eléctrica diferente a la del coloide disminuyendo la repulsión entre partículas coloidales. De esta manera las fuerzas de Van Der Waals quedan libres para favorecer el acercamiento de los coloides a lo cual contribuyen también una serie de movimientos desordenados entre las partículas llamados movimientos Brownianos. De esta manera, los coloides se aglomeran volviéndose más pesados y fáciles de sedimentar.

B) Fracción soluble.

La fracción soluble está representada por aquellas sustancias que poseen una alta constante de disolución y que se encuentran formando soluciones verdaderas en el lixiviado y pueden transformarse por oxidación química o biológica hacia material de tipo suspendido fácil de separar. La eficiencia de transformación esta en función de las características del lixiviado y de la alternativa tecnológica empleada, fluctuando entre 40% - 80%.

Esta fracción es la responsable de más del 50 % de la contaminación medida en DQO y DBO. Está conformada por compuestos cuya constante de solubilidad es alta y se encuentran formando soluciones verdaderas en el agua, siendo por esta causa sumamente estables en lo general y por tanto, difíciles de eliminar. En el caso de estos compuestos existe la posibilidad de transformar su estado soluble a insoluble a través de reacciones químicas y biológicas de óxido-reducción.

- **Reacciones químicas de óxido-reducción.**

El principio es provocar una oxidación o reducción del contaminante por medio de la adición de agentes químicos para provocar un cambio hacia especies químicas con menor grado de solubilidad.

En los métodos químicos de óxido-reducción suelen adicionarse agentes como ozono, peróxido de hidrógeno, cloro, etc. El inconveniente principal de éste tipo de procesos es que se está atacando el problema de contaminación con productos químicos, lo cual es contradictorio con la filosofía de "tecnologías limpias".

- **Reacciones biológicas de oxidación.**

El principio se basa en la oxidación del contaminante por la acción de los microorganismos bajo condiciones controladas. Tradicionalmente, se emplean sistemas con microorganismos o plantas para utilizar los contaminantes como sustrato, es decir, usados para el desarrollo de material celular o en los procesos metabólicos. El incremento de material celular se refleja en la formación de lodo, el cual puede ser removido del agua residual por medio de sistemas físicos [Mitchell, 1974].

Alternativas de Tratamiento para Lixiviados.

A) Alternativa Físicoquímica.

Los procedimientos físicoquímicos para la reducción de la contaminación en fase líquida están basados en el aprovechamiento de las propiedades físicoquímicas de los compuestos contaminantes y su interacción con las correspondientes de los compuestos de tratamiento. Incluyen extracción por solventes, precipitación, intercambio iónico, adsorción en carbón activado y zeolitas, entre otros.

Sus principales ventajas radican en su adaptación a fluctuaciones en carga contaminante, altas eficiencias de remoción

Entre sus desventajas se encuentran altos costos de operación, principalmente cuando se tratan volúmenes grandes, generación de subproductos [Davis, 1994].

B) Alternativa Biológica.

Los sistemas de tratamiento biológicos se encuentran clasificados en dos grandes grupos:

- **Aerobios.**

Los sistemas aerobios se fundamentan en el empleo de plantas o microorganismos que utilizan una ruta metabólica en la cual el elemento donador de los electrones necesarios para realizar la oxidación de la materia orgánica es el oxígeno, por lo que toda la fase de reacción tiene que ser llevada en presencia de éste [Ramalho, 1991].

Este tipo de sistemas son muy eficientes en la remoción de materia orgánica y son las de uso más extendido en todo el mundo y en particular en México [Revah, 1996], tanto por su versatilidad, como por su eficiencia y bajos costos de operación, además de que no generan malos olores. Sin embargo, tienen como deficiencias generales el alto consumo energético (caso de lodos activados), algunos presentan requerimientos espaciales considerables (lagunas de estabilización y lagunas aeradas) y son susceptibles a variaciones de flujo y concentración de contaminantes, además de no ser efectivos ante altas cargas de materia orgánica (mayores a 6000 mg/l de DBO).

Existe una gran cantidad de variantes de sistemas aerobios, entre los cuales destacan: lodos activados, lagunas de estabilización, filtros percoladores, lechos empacados, biodiscos, etc.

- **Anaerobios.**

El otro gran grupo de sistemas biológicos de tratamiento lo constituyen los tratamientos anaerobios [Noyola, 1994], en los cuales la degradación microbiana se realiza en ausencia de oxígeno [Ramalho, 1993]. Los sistemas anaerobios presentan una serie de ventajas con respecto a los sistemas aerobios, algunas de las cuales son: capacidad de soportar variaciones importantes de carga orgánica, (mayores a los 6000 mg/l), bajo consumo de energía. Sus principales desventajas son: altos tiempos de residencia hidráulica, generan malos olores y efluentes negruzcos de mala apariencia.

C) Alternativa electroquímica.

Este tipo de sistemas son usados con éxito en países como Estados Unidos, Brasil, Polonia y Rusia, tanto a nivel experimental como en la industria, siendo posible encontrar diseños patentados que son utilizados para la purificación del agua [Arenko, 1982], así como para tratamiento de agua residual [Ibañez, 1994] presentando una serie de ventajas con respecto a las tecnologías convencionales tales como :

- Bajos tiempos de residencia hidráulicos.
- Costos de operación, mantenimiento y de inversión competitivos.
- Menor generación de lodos [Ibañez, 1994].
- Facilidad para implementar la automatización del sistema.
- Disminución del uso de productos químicos en el orden del 75 al 100 %.
- Menores requerimientos de mano de obra.
- Fácil operación.
- Posibilidad de remover material suspendido y soluble al mismo tiempo.
- Alta selectividad para la eliminación de algunos compuestos [Coeuret, 1992].
- No se ve afectado en forma relevante por incrementos de la carga contaminante [Zappi, 1998].
- Los intervalos de concentración de contaminantes son muy amplios y no presenta alteraciones por la presencia de tóxicos [Pickett, 1986].
- Buena calidad de tratamiento, eficiencias en el rango de 75-95 % en agua residual de industria de alimentos [Ibañez, 1994].

Su principal desventaja consiste en el gasto de energía (depende del diseño y puede disminuir considerablemente) y el desgaste de la superficie electrodica.

Tratamiento de los Lixiviados.

Durante los últimos diez años los lixiviados generados bajo condiciones normales de sitios de disposición final, caso nacional de sitios en México, han presentado características diferentes en su composición y por tanto presentaron cualidades diferentes a casos de literatura extranjera.

Los lixiviados estudiados en sitios como el Distrito Federal, Tlaxcala, Estado de México, Guanajuato, Querétaro y Quintana Roo presentan un comportamiento similar en cuanto a su viabilidad electroquímica y fisicoquímica y la deficiencia en tratamientos biológicos, punto por el cual se analizarán a continuación los principios de aplicación para los dos casos:

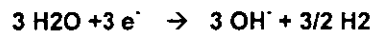
Principio de aplicación de la alternativa electroquímica en el tratamiento de lixiviados, vía electrocoagulación.

El proceso consiste en pasar una corriente directa a través de los electrodos, inmersos en el lixiviado a tratar, donde ocurre una disolución anódica (electrólisis) de la superficie electroactiva, liberando iones metálicos que interactúan con los grupos oxhidrilo transformándolos a los hidróxidos correspondientes. Estos hidróxidos se adhieren a las partículas coloidales suspendidas, provocando su coagulación-floculación. En algunos casos el ión metálico liberado del electrodo (por ejemplo para el caso de electrodos de aluminio, se libera Al^{3+}) reacciona con los compuestos solubles en el agua residual (contaminantes), transformándose en compuestos de aluminio (flóculos insolubles). Las reacciones que ocurren tanto en el electrodo como en la solución son:

Anodo:



Cátodo:



En el seno de la solución ocurre la oxidación del aluminio en la siguiente forma:



El hidróxido de aluminio desestabiliza las suspensiones coloidales ya que neutraliza las cargas de las partículas.

Los complejos hidroxilados (monómeros, dímeros, polímeros) formados con dosis bajas de aluminio $\text{Al}(\text{III})$ pueden ser absorbidos por los coloides y así se realiza la desestabilización. Si se agrega más $\text{Al}(\text{III})$ al agua, los coloides pueden reestabilizarse con carga positiva.

Cuando se excede el producto de la solubilidad de hidróxidos metálicos como el $\text{Al}(\text{OH})_3$ en las soluciones de sales metálicas como el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ se produce una precipitación rápida de los hidróxidos gelatinosos. Estos hidróxidos pueden atrapar las partículas coloidales a medida que éstas aparecen y forman precipitados.

Principio de aplicación de la alternativa fisicoquímica en el tratamiento de lixiviados, vía coagulación.

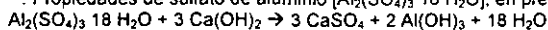
Desestabilización del sistema (lixiviado) por neutralización de cargas eléctricas con sulfato de aluminio (coagulación).

Se lleva a cabo la desestabilización de la emulsión por medio de la adición de un agente químico con carga eléctrica (sulfato de aluminio [^]), que es la causante de debilitar las fuerzas de repulsión entre partículas al alterar la carga neta del sistema. En esta forma las partículas tienden a agregarse.

Transporte de masa de sólidos suspendidos alrededor de un núcleo de conglomeración (floculación).

Las fuerzas de atracción entre partículas en la coagulación, no son lo suficientemente intensas como para permitir la formación de un floculo consistente que no se disgregue y que posea un buen tamaño y peso, para lo cual se hace indispensable introducir una etapa de floculación. En ella, normalmente se suele usar polimeros de alto peso molecular (mayores a 20×10^6 u) que atrapen las partículas suspendidas formando agregados lo suficientemente grandes para ser separados del seno del líquido.

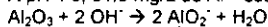
[^] : Propiedades de sulfato de aluminio $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O]$, en presencia de alcalinidad



El hidróxido de aluminio es anfotérico (puede actuar como ácido o base) Bajo condiciones ácidas

$$[Al^{+3}][OH^-]^3 = 1.9 \times 10^{-33}$$

A pH 4.0, 51.3 mg/L de Al^{+3} están en solución. Bajo condiciones alcalinas



$$[AlO_2^-][H^+] = 4 \times 10^{-13}$$

A pH 9.0, 10.8 mg/L de Al^{+3} están en solución

Los floculos de aluminio son menos solubles a pH 7.0. La carga del floculo es positiva debajo de pH 7.6 y negativa arriba de pH 8.2. Altas dosis de aluminio provocan una postprecipitación de los floculos, dependiendo del pH de la floculación

Eficiencia de Tratamiento para Lixiviados.

Las diferentes experimentaciones que se han desarrollado con doce diferentes lixiviados de diferentes sitios, arrojan comportamientos similares en los que puede resumirse en la siguiente tabla en la que se puede mostrar claramente la tendencia de los lixiviados según la edad y operación de los sitios

Tabla de comportamiento en el tratamiento de los lixiviados.

LIXIVIADOS TIPO	TRATAMIENTO	DQO	DBO
3 - 6 AÑOS	ELECTROQUÍMICO	70%	70%
	FISICOQUÍMICO	60%	50%
7- 9 AÑOS	ELECTROQUÍMICO	85%	80%
	FISICOQUÍMICO	65%	65%
10-12 AÑOS	ELECTROQUÍMICO	90%	90%
	FISICOQUÍMICO	85%	80%

Resultados sobre muestras de lixiviados.

El comportamiento de los lixiviados tratados bajo los esquemas de tratamiento electro o fisicoquímico pueden ser conceptualizados como:

Conductividad Eléctrica.

Los valores de este parámetro son característicos de materiales propios de los suelos depositados en los sitios y marcan una tendencia de estabilidad química según las materiales de cubierta, normalmente si su procedencia es natural, la tendencia será alcalina ya que teóricamente, la conductividad se asocia a los sólidos disueltos.

En el tratamiento electroquímico este parámetro tenderá a incrementarse hasta en un 5% del contenido original, ya que debe recordarse que las reacciones de transferencia que se llevan a cabo, agregan una cantidad de sólidos disueltos provenientes del electrodo de sacrificio.

En el caso fisicoquímico, su tendencia será de incremento por las cantidades de sólidos que se agregan en solución para que ocurran las reacciones de coagulación y floculación, en este tratamiento los lixiviados pueden alcanzar hasta un 10% de incremento en etapas antes de filtración.

Potencial de Hidrógeno.

El potencial de hidrógeno estará establecido básicamente por el comportamiento de los residuos y las cargas que los suelos de cubierta poseen, normalmente, el pH en el lixiviado tratado para estos casos, será alcalino y antes de tratamiento deberá ser neutralizado para poder interactuar favorablemente con las cargas eléctricas de las reacciones.

En el caso electroquímico, la tendencia de este parámetro será la acidificarse, normalmente por la tendencia de generar ácidos carbónicos como reacción de la descomposición hidrogenica.

En el caso fisicoquímico, el potencial de hidrógeno tenderá a comportarse dependiendo del tren de tratamiento, normalmente si se trata de etapas de oxidación y reducción, la tendencia será a mantenerse neutro o con ligera tendencia alcalina, a menos que sean empleados ácidos para provocar reacciones de aceleración en la desestabilización.

Alcalinidad Total.

El valor en concentración de CaCO_3 presentará una tendencia definida por la ausencia o presencia de CO_2 en cantidades apreciables y prácticamente sólo se encontrará como formas de bicarbonatos y carbonatos en equilibrio, correspondientes al equilibrio del ión carbonato CO_3H .

En el tratamiento electroquímico la tendencia posterior al tanque de reacción será de decrementar por la descomposición de las moléculas hidrogenizadas y por ende en el arrastre de los sólidos llevados de estados disueltos a suspendidos.

Para el caso fisicoquímico, la tendencia de este parámetro se trazará mediante el tipo de compuestos químicos agregados, en el caso de aceleradores ácidos, la tendencia resulta a favor de la acidez mineral y por ende, la alcalinidad se verá afectada reducida ligeramente. Bajo estas condiciones, el estado en que se encuentran las muestras tratadas es muy probable que el ión carbonato en presencia del ion calcio reaccione y forme carbonato de calcio, lo que representa para un sistema de tratamiento una desventaja importante, debido principalmente a que se trata de un compuesto insoluble

Debe recordarse que este parámetro indicará el comportamiento de los lixiviados a estabilizarse y mineralizarse.

Color Real.

En los lixiviados generados en sitios de disposición final no puede atribuirse el color a algún constituyente específico; sin embargo, la composición de los lixiviados se ve alterada por el tipo de materiales empleados como cubierta.

En forma general, puede citarse que los lixiviados al presentar concentraciones importantes de fierro y manganeso les confieren un color rojizo y negro intenso respectivamente. El color promedio del lixiviado es 9,600 unidades y muestra variaciones similares a los sólidos disueltos en forma total lo que evidencia la propiedad mineralizada del lixiviado. El tratamiento electroquímico ofrece reducciones de color real hasta del 88% antes de filtración por arena carbón y hasta los 98% bajo la filtración.

Fisicoquímicamente la tendencia es de reducción, pero, existe el problema de la formación de complejos moleculares disueltos que darán al lixiviado una propiedad de color agregada y que después de filtrarse su eficiencia será de hasta 85% de color. Este efecto es parecido a el color como propiedad asociada a los sólidos minerales presentes, que tiende a concentrarse en años siguientes.

Sólidos.

Los sólidos los podemos concentrar en dos formas a analizar, los sólidos disueltos y los sólidos suspendidos, estos dos comportamientos durante el tratamiento varían dependiendo de los procesos empleados para su tratamiento.

En el proceso electroquímico la tendencia en los sólidos suspendidos será la reducción hasta del 90% de los sólidos y posterior a la filtración dual, el comportamiento puede ser del 98% de reducción.

En el tratamiento fisicoquímico los sólidos suspendidos se comportan en forma similar al electroquímico pero su eficiencia se reduce a un 75% antes de filtración. En el caso de los sólidos disueltos la tendencia será la de incrementarse por la concentración de productos químicos agregados para las reacciones de este tratamiento.

Demanda Química de Oxígeno.

El parámetro indica la capacidad de consumo de un oxidante químico por las materias contenidas en el agua.

Este parámetro en el proceso electroquímico se ve afectado favorablemente en todos los casos y los valores son entre 80% hasta un 90% de eficiencia de remoción.

En el caso fisicoquímico, los lixiviados tratados presentaron comportamientos irregulares que fluctúan entre 65% y 85%, en algunos casos la eficiencia puede llegar a incrementar la DQO e función de las sustancias oxidantes para su reacción de descomposición, sin embargo, este valor puede considerarse como "carga inorgánica agregada".

Demanda Biológica de Oxígeno.

La demanda biológica como indicativo de contaminación en otro tipo de muestras, en el caso de los lixiviados muestra la cantidad de oxígeno requerido para la eliminación de la materia orgánica,

En el caso electroquímico, la DBO presente en las muestras tenderán a reducirse en forma importante con valores que varían entre un 75% y un 90%.

Para el tren de tratamiento fisicoquímico, la tendencia de este parámetro será de hasta un 80% de remoción, ya que este tren de tratamiento no está diseñado para recibir cargas orgánicas fluctuantes y de tan altos valores como los lixiviados.

Metales.

En el caso del tratamiento electroquímico la tendencia de metales como el fierro, el manganeso y el plomo, será a la reducción hasta en un 75%, sin embargo algunas reacciones tenderán a desarrollar complejos que incrementarán la presencia de algunos metales como el cobre, el níquel, o el aluminio.

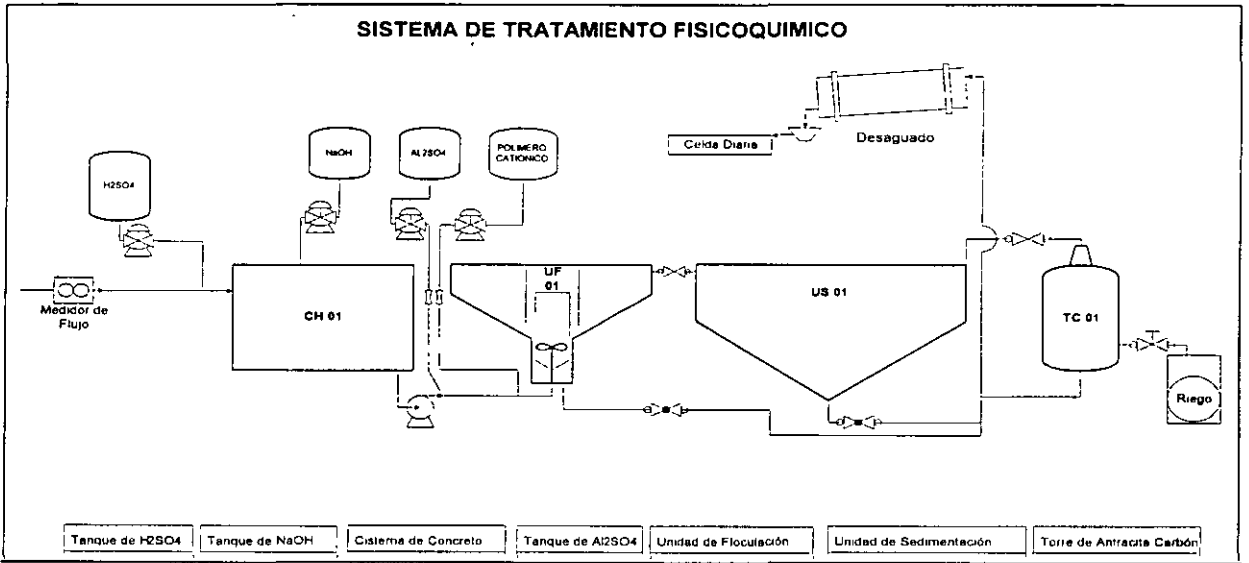
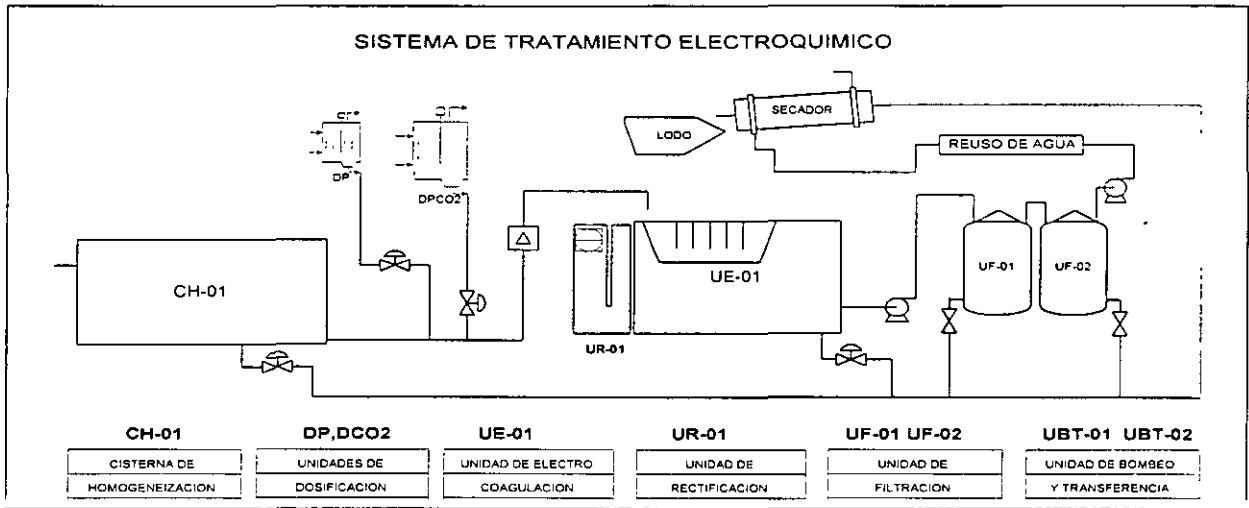
Para un proceso fisicoquímico, la tendencia será de reducciones de hasta un 25%, y en algunos metales como el fierro o el aluminio la tendencia será de incrementarse por la presencia de complejos que contienen estos metales como base.

Bacteriológicos.

El grupo de los coliformes totales es indicativo de la presencia de materia fecal en las muestras de los lixiviados analizados y en el caso del tratamiento electroquímico muestran valores de eficiencia de hasta un 45% antes de la desinfección del efluente.

En el tratamiento fisicoquímico, este comportamiento presenta valores de hasta un 20% originado básicamente por las reacciones de oxidación y los cambios de pH que suceden durante las etapas del tren de tratamiento.

Trenes de Tratamiento





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

“Tres décadas de orgullosa excelencia” 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE
RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES**

TEMA

ANEXO

**EXPOSITOR: ING. ANDRES NOE MENDOZA
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

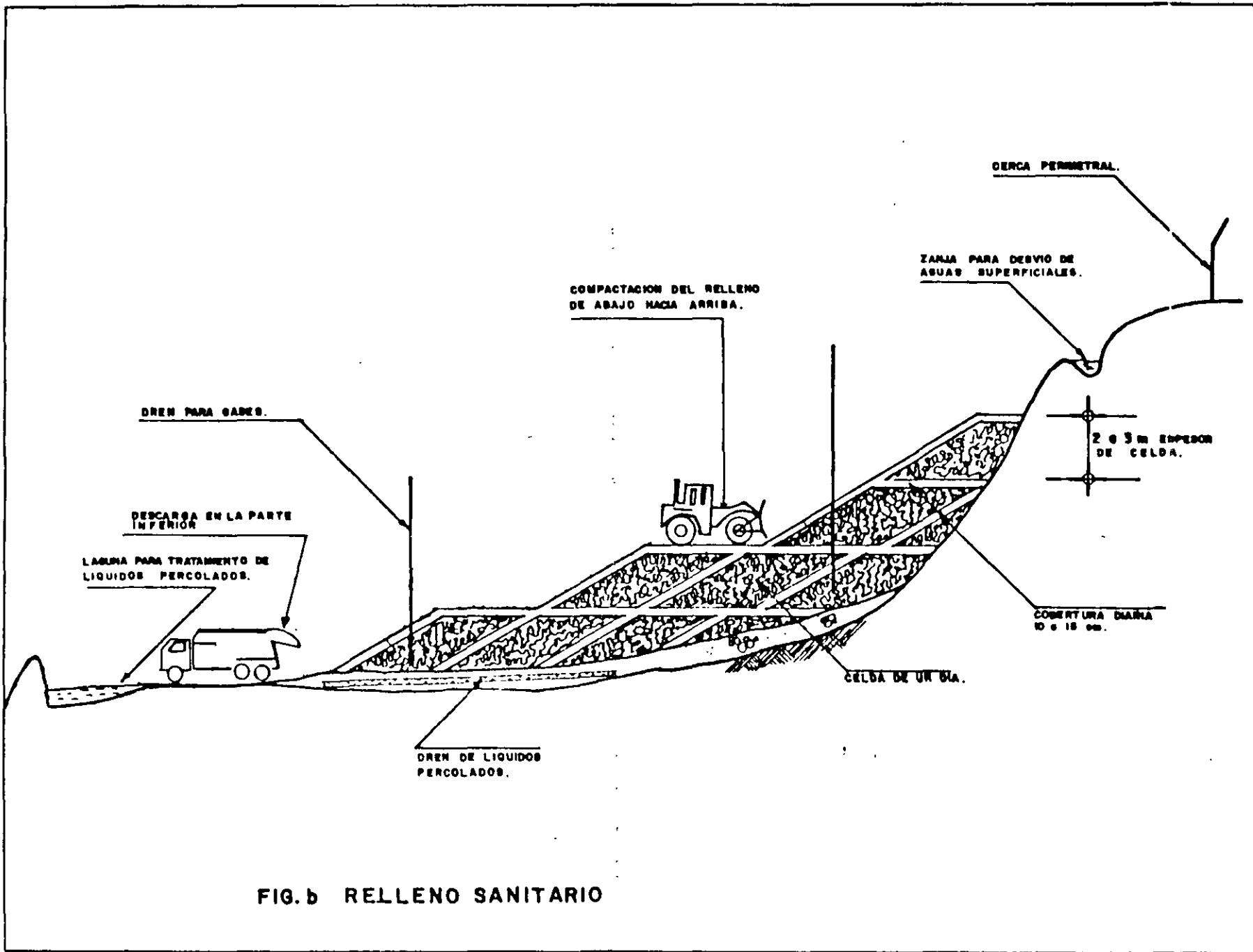
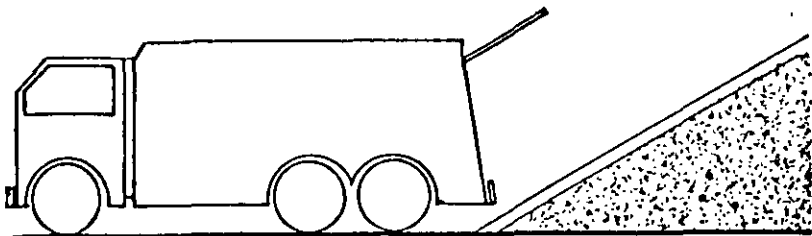
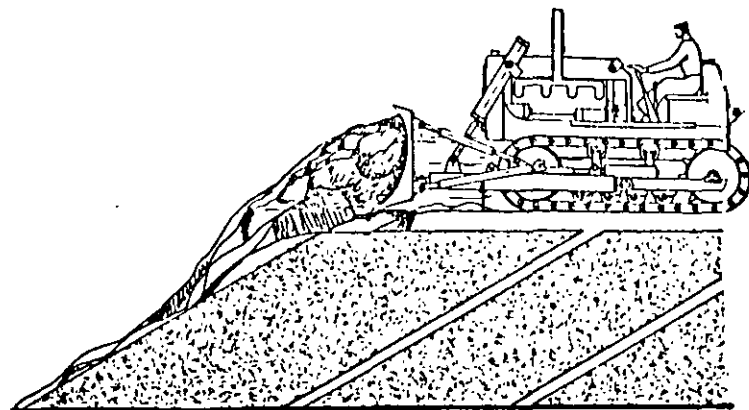


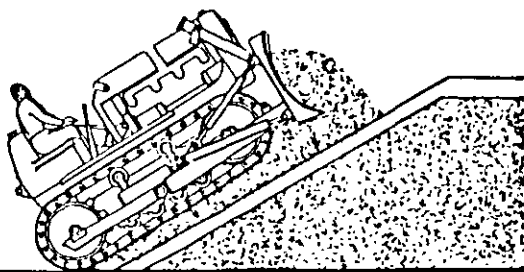
FIG. b RELLENO SANITARIO



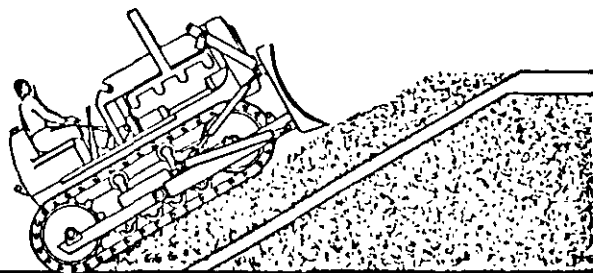
1° DESCARGA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN EL FRENTE DE TRABAJO



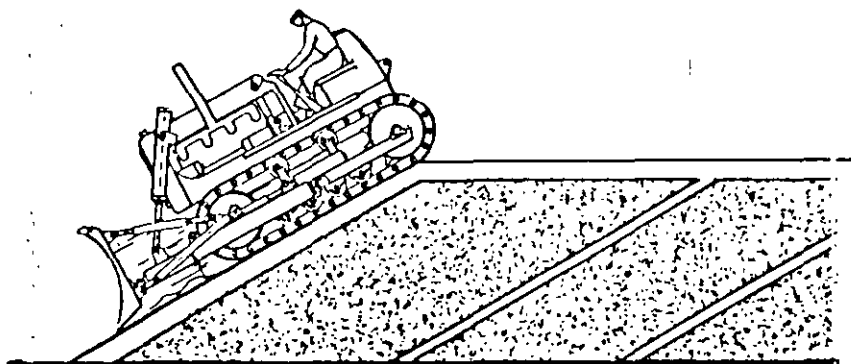
4° EL MATERIAL DE CUBIERTA ES EMPUJADO DE ARRIBA HACIA ABAJO



2° ESPARCIR CON EL EQUIPO EN CAPAS DE 60 CM. APROXIMADAMENTE



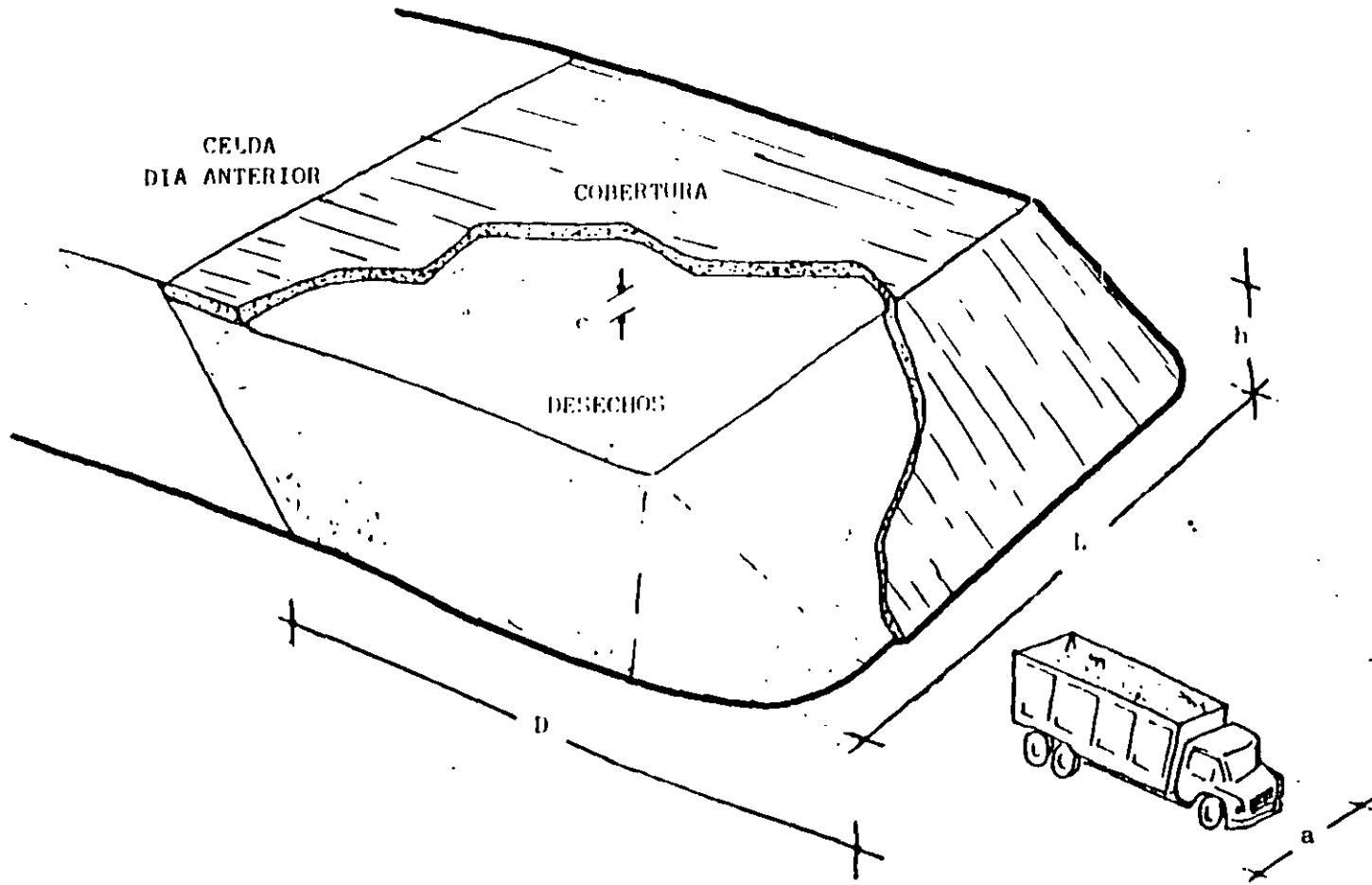
3° COMPACTAR CADA CAPA PASANDO EL EQUIPO DE 2 A 4 VECES



5° SE COMPACTA EL MATERIAL DE CUBIERTA PARA FORMAR LA CELDA

FIG. 6. SECUENCIA DE LA OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO

FRENTE DE TRABAJO CELDA DIARIA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE
RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES**

TEMA

SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION

**EXPOSITOR: ING. ALEJANDRO ROMIREZ MANZANO
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

CURSO

Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales

24 – 26 Mayo del 2001

División de Educación Continua.

Facultad de Ingeniería UNAM

AMCRESPAC

Tema:

SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION

Alejandro Ramírez Manzano

geoproductos@terra.com.mx

55-79-12-47

Opción tradicional de impermeabilización

- **ARCILLA COMPACTADA**

- **VENTAJAS:**

- Solución conocida
- Solución económica en sitios donde abunda la arcilla. En ocasiones la explotación de los bancos tiene muy bajo costo.
- Existen constructores y supervisores experimentados que lo pueden ejecutar.
- Existen laboratorios competentes para realizar su control de calidad.
- Las pruebas de control de calidad son de fácil y rápida ejecución

DESVENTAJAS DE LA ARCILLA COMPACTADA

- Involucran grandes movimientos de tierra
- Por lo mismo, requieren mucho tiempo para ejecutarse
- Se pierde mucho volumen que serviría para depositar los residuos
- Cuando no existen bancos de materiales con el volumen y la calidad necesaria, el costo por acarreo se eleva considerablemente
- Se generan otros problemas ambientales, como deforestación, erosión y generación de polvos.
- Impráctico de ejecutar en época de lluvias
- **Agrietamiento de la arcilla por secado**
- **Dificultad de construcción (control de la humedad, dificultad de obtener la compactación en taludes)**

Flujo a través de fisuras en capas de arcilla compactada

- **Se establecen flujos horizontales y verticales a través de pequeñas fisuras superficiales y de juntas entre las capas de compactación.**
- **Los flujos parciales se intercomunican y con el tiempo atraviesan la capa del material.**
- **Factores que agravan la situación:**
 - Mal drenaje, bajas pendientes
 - Daños a la terracería durante la construcción por incrustación de materiales (baches), remoldeo por el tránsito

Alternativa actual: Geomembranas y otros geosintéticos auxiliares

- **Geomembranas:**
- Son hojas o láminas de plástico de muy baja permeabilidad y alta resistencia química y biológica.
- Polietileno de Alta Densidad (**PEAD**) principalmente
- **Geotextiles**
- Textiles de polipropileno o poliéster
- Sirven como filtro en los sistemas de drenaje y como protección contra el daño mecánico a las geomembranas
- **Geodrenes**
- Combinación de mallas de drenaje con geotextiles
- Conducen los lixiviados y sustituyen a los filtros de grava-arena

Ventajas de las geomembranas de PEAD

- No requieren grandes movimientos de tierra
- Su ejecución es muy rápida
- Por ser materiales muy delgados, se maximiza el espacio para depositar los residuos
- Son mucho más impermeables que la arcilla
- Su resistencia química es superior a la de la arcilla. Poseen resistencia a un rango de sustancias mucho mayor que la arcilla, particularmente a algunos químicos industriales.
- Su control de calidad, en una planta industrial donde se controlan material primas y condiciones de proceso, es más seguro.
- El control de calidad de su instalación es muy sencillo y rápido

Desventajas de las geomembranas de PEAD

Producto ampliamente conocido y utilizado. Sin embargo, la tecnología **completa** que involucra su diseño, control y aseguramiento de la calidad es muy poco conocida y practicada.

- Requiere supervisión **especializada**.
- **Requieren un programa de aseguramiento de la calidad realizado por especialistas, que no abundan.**
- La eficacia de los sistemas que las incluyen son muy sensibles a los cambios, que sólo los debe autorizar el proyectista
- Requiere de especificaciones, licitaciones y contratos elaborados con suficiente conocimiento de la problemática específica del sistema. Pueden haber conflictos con el Contratista general que impactan la calidad del suministro y la instalación.
- No existen suficientes supervisores capacitados para inspeccionar la calidad de los suministros y la instalación.
- No existen laboratorios en México que puedan verificar las pruebas de calidad de material y uniones selladas con la rapidez que se requiere
- Las pruebas de control de calidad son prácticamente desconocidas
- A diferencia de países más desarrollados, prácticamente no existe retroalimentación (análisis forense) ni se instalan sistemas para la detección y contención de fugas.

Principios básicos de los sistemas impermeables que utilizan geomembranas

Una geomembrana es tan impermeable como el más pequeño de los agujeros que se le cause y no sea reparado. Se debe proteger a la geomembrana en todo momento.

No existen productos impermeables. Existen sistemas impermeables a base de geomembranas y un drenaje eficiente para reducir la carga hidráulica sobre el producto.

Las geomembranas no son elementos estructurales sino barreras hidráulicas. Otros materiales deben tomar los esfuerzos.

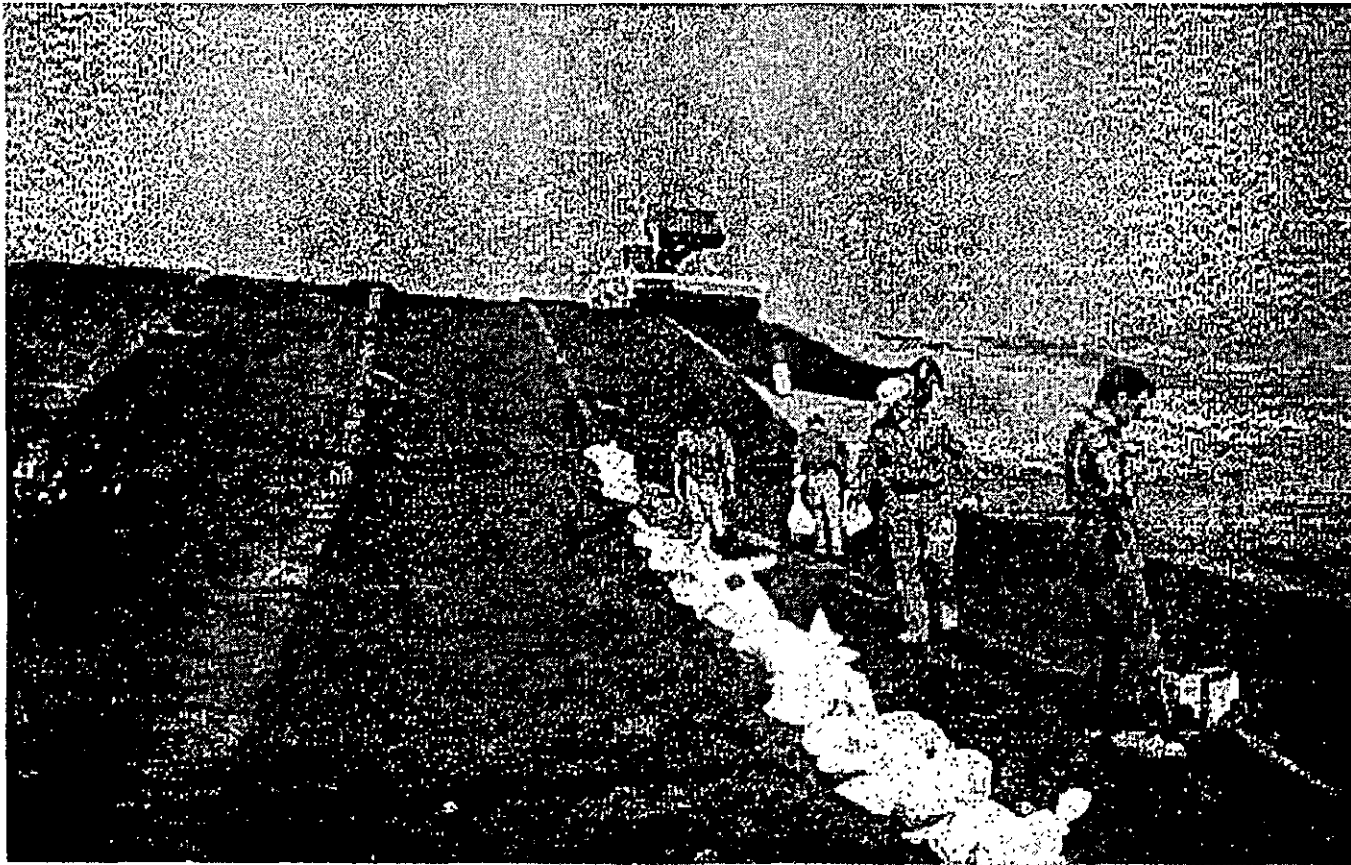
El simple hecho de especificar el empleo de una geomembrana de buena calidad no garantiza la eficacia del sistema. Se requiere un programa muy intenso de Aseguramiento de la Calidad por un tercero independiente..

En caso de utilizar capas de arcilla compactada combinadas con geomembranas, se debe cuidar que existan las condiciones que aseguren la sinergia entre ambos materiales.

Instalación de geomembranas de PEAD

- Unión entre rollos por termofusión
- Parches y trabajo de detalle con aire caliente y extrusión.
- Paralelamente a la instalación, la misma empresa especialista ejecuta una serie de **Pruebas de control de calidad**, para determinar:
 - Ausencia de fugas en uniones selladas (continuidad de sellado)
 - Resistencia de las uniones selladas
 - Ausencia de fugas en trabajo de detalle

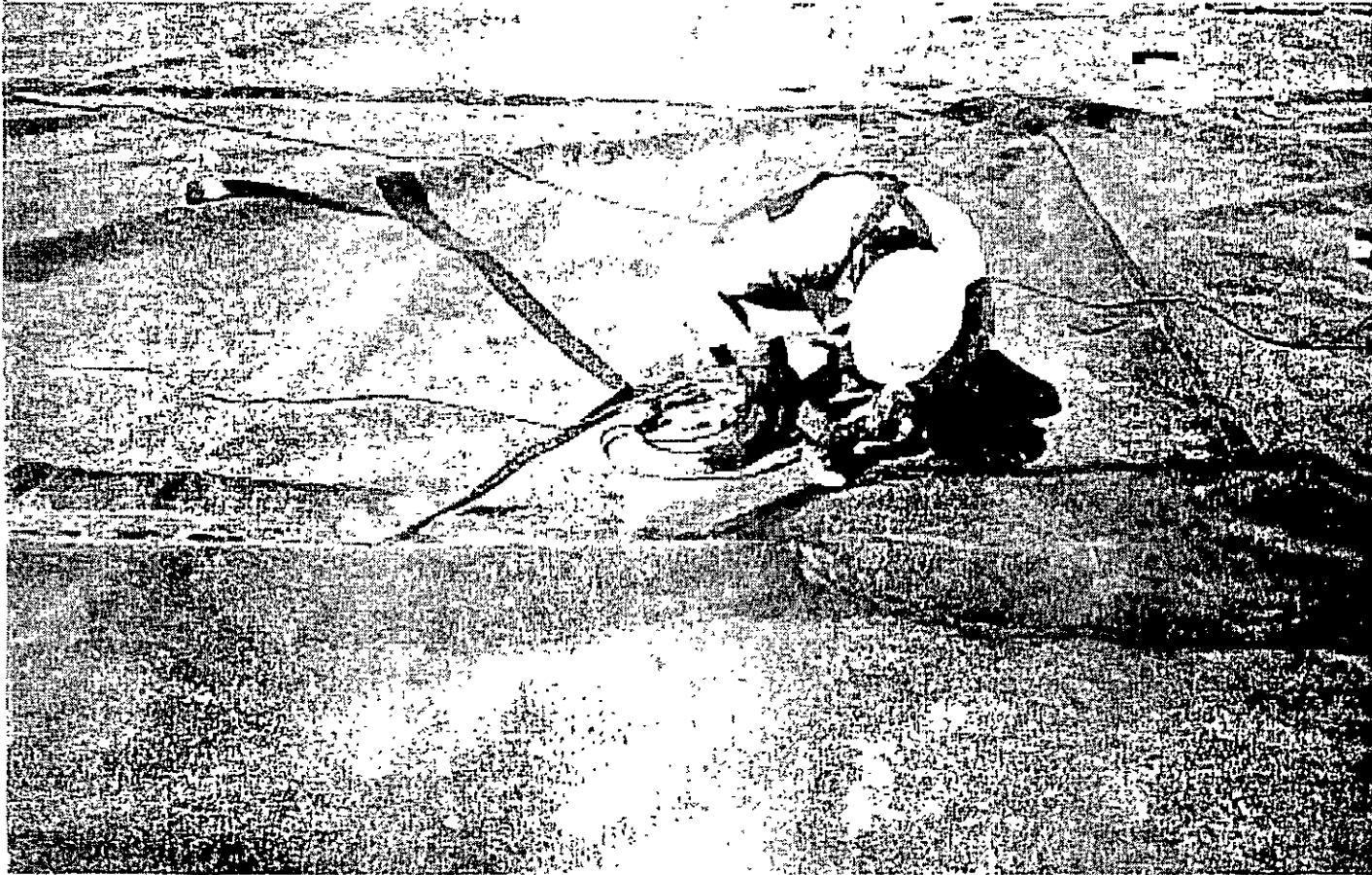
Colocación, fijación y sellado de rollos de geomembrana de más de 6 m de ancho



Pruebas no destructivas (aire comprimido)



Preparación de área que va a recibir un parche (esmerilado)



Unión de parche con un cordón de soldadura (extrusión)



Pruebas de vacío en parches y reparaciones



Pruebas destructivas

- Pruebas de tensión en muestras de uniones cortadas con un suaje. Se revisa el valor de la tensión de ruptura y la forma de ruptura.
- Se deben tomar muestras adicionales para revisión de resultados por la Supervisión

Resumen de Control de Calidad de la instalación de geomembranas de PEAD

- La propia empresa especialista ejecuta un programa de control de calidad.
- Debe entregar un reporte de los resultados
- Debe entregar muestras del material y de las uniones selladas para su verificación por la Supervisión
- Debe entregar Certificados de Calidad de la geomembrana suministrada
- Control de calidad significa verificar que se cumple con las especificaciones. Lo deben realizar y autorizar supervisores con conocimiento de los materiales, de los métodos de instalación y de las pruebas de laboratorio.

Aseguramiento de la calidad

- **Es verificar que con**
 - a) **las especificaciones y**
 - b) **su cumplimiento,****se logra el fin deseado,** que es la prevención de la filtración de contaminantes al medio ambiente.
- Se realiza por un grupo independiente del instalador.
- **Incluye lo siguiente:**
- Revisión del diseño original y de las especificaciones, detectando problemas potenciales, revisando las consideraciones establecidas y vigilando cambios de cualquier naturaleza que pueden afectar la calidad del trabajo.
- Revisión y autorización o modificación del programa de trabajo de terracero y del instalador de la geomembrana, para proteger la funcionalidad del diseño.
- Supervisión de la ejecución de las terracerías
- Revisión de la calidad de la geomembrana suministrada
- Revisión de la capacidad técnica del instalador, de las condiciones de su equipo y de los procedimientos de instalación y control de calidad que realiza.
- Supervisión de las etapas constructivas posteriores a la instalación de la geomembrana

Esencia del Aseguramiento de la calidad (1)

- **Vigilar que las consideraciones implícitas en el diseño se cumplen:**
- **Materiales**
Empleo de los materiales adecuados, con las propiedades adecuadas.
- **Procedimientos**
Evitar daños o defectos en los geosintéticos y la terracería, que pueden afectar su funcionamiento (perforaciones en la membrana, falta de espesor en la terracería, etc).
- Prevenir defectos que pueden ocasionar el crecimiento de la carga hidráulica sobre la geomembrana (pendientes inadecuadas, contra pendientes, baches o hundimientos locales, obstrucción de drenajes, etc.)

Esencia del Aseguramiento de la Calidad (2)

- Verificar que el proyecto o modificaciones efectuadas a posteriori del proyecto, cumplen con el objetivo de evitar la filtración de contaminantes al terreno o a acuífero.
- Verificar que las especificaciones y el programa de construcción son consistentes con el objetivo deseado.
- Anticipar acciones preventivas o correctivas.
- **GENERAR DOCUMENTACION DE LAS ACTIVIDADES INSPECCIONADAS**

Ejemplos de cambios que pueden afectar la calidad

- Cambio de ubicación del relleno sanitario
- Cambio de niveles (cambio de pendientes)
- Cambio del espesor de la geomembrana
- Cambio de bancos de materiales (criterio del terracero vs. criterio del diseñador.
 - Ejemplo 1: Material expansivo o no expansivo
 - Ejemplo 2: Material anguloso o redondeado
 - Ejemplo 3: Material friccionante o material poco plástico
- Cambio de la fecha de construcción (época de secas o época de lluvias)
- Cambio del programa de ejecución: Ejecución total o en partes



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE
RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES**

TEMA

**PROPUESTAS PARA LA ATENCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
MUNICIPALES EN EL CORTO Y MEDIANO PLAZO**

**EXPOSITOR: ING. GUSTAVO ROSILES CASTRO
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**



PROPUESTA PARA LA ATENCION DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL
CORTO Y MEDIANO PLAZO

(2001-2010)

enero de 2001

CONTENIDO

- 1.- SITUACION ACTUAL
- 2.- AVANCES EN EL PERIODO 1990-2000
- 3.- ESTRATEGIA DE ATENCION PROPUESTA
 - ⇒ OBJETIVO
 - ⇒ METAS
 - ⇒ LINEAMIENTOS DE ACCION
- 4.- NECESIDADES DE INVERSION
- 5.- PROPUESTAS ESPECIFICAS PARA LA CAMPAÑA SOBRE MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS

2

1. SITUACION ACTUAL

GENERACION DE BASURA

TIPO DE LOCALIDAD	NUMERO DE LOCALIDADES	POBLACION /(Mill, Hab.)	GENERACION (t / día)	GENERACION (kg /hab/ día)
ZONAS METROPOLITANAS	7	30	37,400	1.247
100 CIUDADES (Ciudades Medias)	126	30	28,600	0.953
LOCALIDADES URBANAS PEQUEÑAS	267	8.3	6,600	0.795
LOCALIDADES SEMIRURALES Y RURALES	199,600	29	11,600	0.400
TOTAL	200,000	97.3	84,200	0.865

3

Situación...

COMPOSICIÓN DE LOS RSM (Valores en %)

SUBPRODUCTO	FRONTERA NORTE	NORTE	CENTRO	SUR	D.F.
RESIDUOS ALIMENTICIOS	27	21	39	16	34
RESIDUOS JARDINERIA	16	20	7	27	5
VIDRIO	7	6	9	4	11
CARTON / PAPEL	16	15	15	14	20
METAL	4	3	3	5	3
OTROS	30	35	27	34	27
GENERACION PER CAPITA	0.98	0.91	0.79	0.69	1.37

Situación...

COBERTURA DE SERVICIOS Y TIPO DE DISPOSICIÓN FINAL

TIPO DE LOCALIDAD	COBERTURA %	
	RECOLECCION	DISPOSICION ADECUADA
ZONAS METROPOLITANAS	95	85
100 CIUDADES	80	43
AREAS URBANAS PEQUEÑAS	70	6
SEMIRURALES Y RURALES	60	0
TOTAL	83	53

5

HISTORIA DEL RELLENO SANITARIO

- **3000 A.C.** - Los Griegos de Creta enterraban los residuos en grandes hoyos cubriéndolos con tierra en varios niveles.
- **1407** - En Londres los residuos se venden como abono y se descarga en los pantanos cercanos.
- **1700-1800** - A partir de la Revolución Industrial el aumento en la producción conduce al aumento en la generación de residuos.

- **1848** - Britania promulga primer Acta de Salud Pública iniciando proceso de regulación de residuos.
- **1930** - Ministerio Británico de Salud prohíbe descargar desechos crudos sin tomar precauciones adecuadas.
- **1936** - Reforma al Acta Británica de Salud Pública estableciendo que acumulación de residuos perjudica salud y prohíbe, penales, también reglamenta ubicación y manejo de rellenos, pero no se aplicaba.

HISTORIA (continuación...)

- **1930s** - Los años de post-guerra enfrentan el legado de grandes tiraderos de basura anti-higiénicos y descontrolados rodeando las ciudades más grandes. Situaciones espantosas se desarrollan en diversos lugares del mundo donde los inmensos tiraderos en ocasiones mayores de una milla de largo se queman continuamente.

- **1947** - Se promulgan legislaciones para planear los nuevos sitios, pero la mayoría de los tiraderos existentes no pueden controlarse. La economía restringe la incineración e inicia el auge del relleno sanitario junto con una creciente preocupación pública por el ambiente.

HISTORIA (continuación...)

- **1956** - Se prohíbe en varios países la combustión al cielo abierto y cambia la composición de los residuos que llegan a los rellenos, agravando su potencial contaminante.
- **1960** - Se crean las primeras agencias ambientales (La Royal Commission on Environmental Pollution en Inglaterra y la Environmental Protection Agency en U.S.A.)

- **1965** - Se establece el primer relleno sanitario privado (Inglaterra).
- **1968** - Contratistas Ingleses forman la Asociación Nacional de Contratistas de Disposición de Residuos.
- **1974** - Promulgación de legislaciones que favorecen un control más amplio de la disposición final y la regulación de sitios y empieza el endurecimiento de métodos para la disposición final de residuos.

HISTORIA (continuación...)

- **1996** - Estrategias nacionales de residuos que incluyen la introducción de un impuesto al relleno sanitario (7 libras por tonelada en Gran Bretaña) para animar el uso de otras alternativas como reutilización y reciclaje, promoviendo la minimización de residuos.

- **Actualmente** se estima que en países desarrollados el 83% de los residuos generados son dispuestos en relleno sanitario y 3% en relleno sanitario con recuperación de energía.

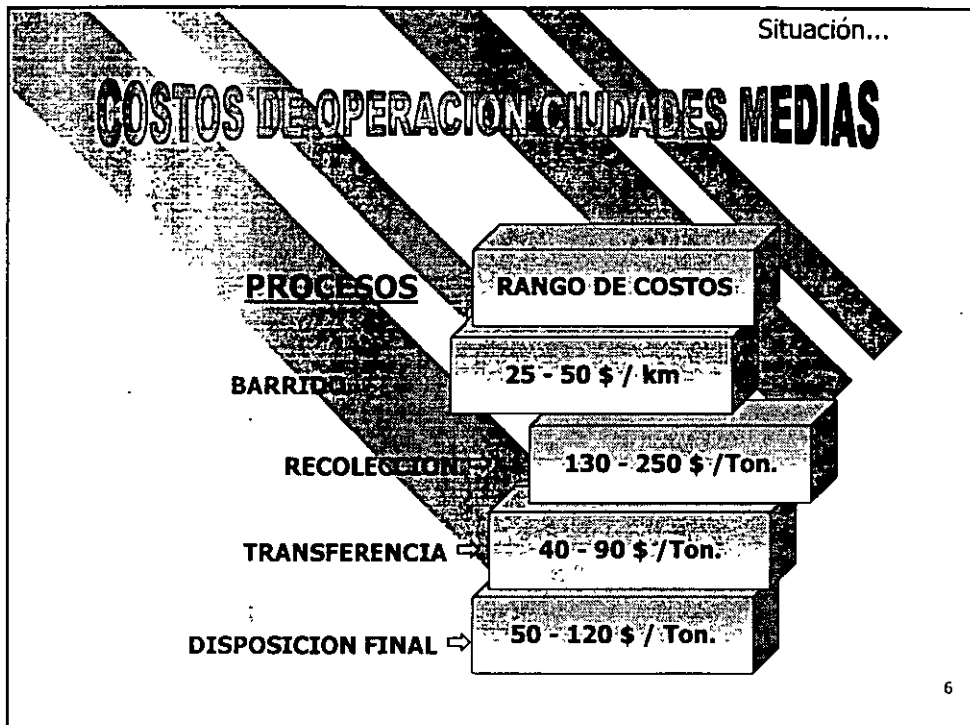
USO MUNDIAL DEL RELLENO SANITARIO PARA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES



OPCIONES DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS

- ### ACEPTABLES
- BIORECUPERACIÓN
 - RELLENO SANITARIO
 - INYECCIÓN EN POZO PROFUNDO, CAVERNA SALINA O YACIMIENTO ABANDONADO
 - INCINERACIÓN

- ### NO ACEPTABLES
- DESCARGA NO CONTROLADA A CIELO ABIERTO
 - COMBUSTIÓN A CIELO ABIERTO



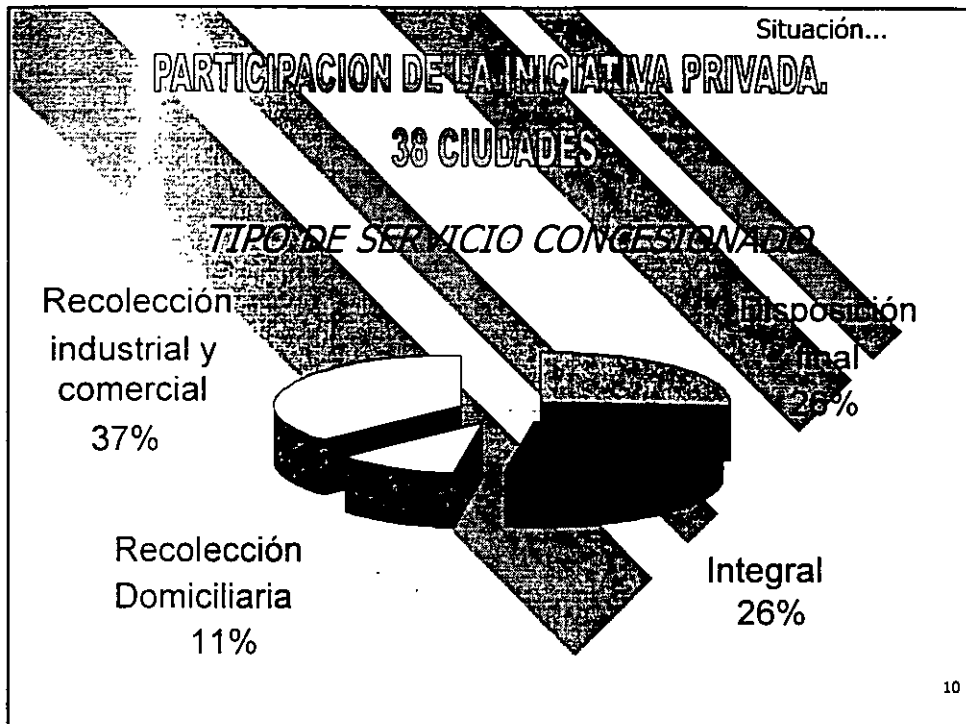
- Situación...
- # PROBLEMÁTICA
- ## ASPECTOS INSTITUCIONALES
- ⇒ Rompimiento continuo de la curva de aprendizaje.
 - ⇒ Escasa comprensión de la problemática integral.
 - ⇒ Estructuras de organización poco funcionales y limitadas.
 - ⇒ Falta de esquemas de recuperación de inversiones.
 - ⇒ Recursos Humanos, Financieros y Materiales limitados.
 - ⇒ Escasa normatividad a todos los niveles para el manejo integral de los RSM.
- 7

PROBLEMATICA ASPECTOS TÉCNICOS

- ⇒ Equipos obsoletos y en mal estado.
- ⇒ Falta de capacitación técnica.
- ⇒ Falta de programas de mantenimiento preventivo.
- ⇒ Aplicación de tecnología inapropiada.
- ⇒ Dificultad para seleccionar sitios adecuados de disposición final.

PROBLEMATICA ASPECTOS SOCIALES

- ⇒ Baja participación ciudadana en la solución de la problemática de los Residuos Sólidos Municipales.
- ⇒ Poca cultura ambiental de la ciudadanía.
- ⇒ Escasa comprensión de la problemática de los pepenadores.



2. AVANCES EN EL PERIODO 1990-2000

Nivel Nacional

- ⇒ En 5 áreas metropolitanas se han apoyado programas para ampliar la cobertura de recolección y mejorar la disposición final a través de rellenos sanitarios y plantas de reciclaje.
- ⇒ Estudio de factibilidad y plan conceptual de infraestructura requerida para una planta de generación de energía eléctrica a partir del gas metano que se genera en el relleno sanitario de Monterrey, N.L.
- ⇒ En ciudades medias y pequeñas se ha apoyado con recursos financieros la construcción y equipado 37 rellenos sanitarios y 9 estaciones de transferencia y adquirido equipo de recolección en 38 ciudades.
- ⇒ Se han realizado 52 proyectos ejecutivos de rellenos sanitarios y planes maestros, en una zona metropolitana, 40 en ciudades medias y 8 en ciudades pequeñas (proyecto tipo)

11

Nivel Nacional

- ⇒ En 5 zonas metropolitanas y 33 ciudades medias se ha impulsado la participación de la iniciativa privada.
- ⇒ En más de 90 municipios se ha proporcionado asistencia técnica.
- ⇒ Se han capacitado aproximadamente 1,000 personas de 250 municipios del país.
- ⇒ Elaboración de 20 manuales técnico-administrativos.
Relleno sanitario manual...9
Técnicos.....10 y Administrativos...9

EN LA FRONTERA NORTE

- ⇒ Entre SEDESOL, COCEF y BANDAN se han desarrollado 17 planes maestros y proyectos ejecutivos en 11 municipios y 3 zonas regionales.
- ⇒ En ciudades medias y pequeñas se dio apoyo financiero para construcción de 10 rellenos sanitarios 3 estaciones de transferencia y equipamiento en 10 ciudades.
- ⇒ Participación de la iniciativa privada en 2 zonas metropolitanas, 10 ciudades medias y pequeñas.
- ⇒ Se proporcionó asistencia técnica a 20 ciudades.
- ⇒ Se han capacitado aproximadamente 500 personas de los municipios de la franja fronteriza.

3. ESTRATEGIA DE ATENCION PROPUESTA

OBJETIVO:

MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACION REDUCIENDO LOS IMPACTOS NEGATIVOS QUE TIENEN EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE EL MANEJO INADECUADO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS. ELEVANDO LA COBERTURA Y EFICIENCIA DE LOS SERVICIOS DE RECOLECCION Y SU DISPOSICION FINAL.

METAS:

SE PROPONE PARA EL AÑO 2010 ALCANZAR LAS SIGUIENTES COBERTURAS:

TIPO DE LOCALIDAD	COBERTURA %			
	RECOLECCION		DISPOSICION	
	2000	2010	2000	2010
ZONA METROPOLITANA	95	97	85	100
CIUDADES MEDIAS	80	95	43	90
CIUDADES PEQUEÑAS	70	90	6	50
LOCALIDADES RURALES	60	80	0	20
NACIONAL	83%	94%	53%	82%

14

Estrategia...

LINEAMIENTOS DE ACCION

Tomando en cuenta las características que presenta el manejo y disposición de los residuos sólidos dependiendo del tipo de localidad, se plantean lineamientos de acción por rango de tamaño de población.

15

LINEAMIENTOS DE ACCIÓN GENERALES

- Para todo tipo de ciudades.
- Reducir la generación de Residuos Sólidos en sus fuentes.
- Reutilización y reciclaje de los RSM separados en los fuentes.
- Participación social responsabilizando a la ciudadanía y tomándola en cuenta para el avance de los objetivos comunes, con lo que se garantiza que no sea solo un juez que se limita a demandar mejoras.
- Participación ciudadana en la recuperación de costos de operación y mantenimiento del servicio de aseo.
- Capacitación al personal técnico y administrativo.
- Fortalecer el marco normativo a todos los niveles.

LINEAMIENTOS DE ACCIÓN PARA ZONAS METROPOLITANAS Y GRANDES CIUDADES

(Mayoría 200,000 hab.)

- ⇒ Desarrollo de Planes Maestros de Residuos Sólidos Municipales.
- ⇒ Proyectos específicos para estaciones de transferencia, llenos sanitarios y rutas de recolección.
- ⇒ Creación y fortalecimiento institucional de organismos operadores.
- ⇒ Establecer sistemas de recuperación de Inversiones.
- ⇒ Fomentar la participación de la iniciativa privada en la prestación del servicio.
- ⇒ Buscar nuevas alternativas para la disposición final de los Residuos Sólidos (Aprovechamiento del biogás como fuente alterna, en la generación de energía eléctrica).

LINEAMIENTOS ESTRATEGICOS CIUDADES MEDIAS

(de 50,000, hasta 200,000 hab.)

- ⇒ Diagnóstico por localidad de la problemática del manejo de los residuos sólidos.
- ⇒ Proyectos específicos para rellenos sanitarios y zonas de recolección.
- ⇒ Impulsar la creación y el fortalecimiento institucional de organismos operadores.
- ⇒ Ampliar las fuentes de financiamiento y reorientar los Recursos de los municipios para mejorar el equipamiento e infraestructura.
- ⇒ Fomentar la participación de la inversión privada.

LINEAMIENTOS DE ACCION PARA CIUDADES PEQUEÑAS

(de 10,000 hasta 50,000 hab.)

- ⇒ Proyectos tipo para rellenos sanitarios.
- ⇒ Creación y fortalecimiento institucional de los departamentos del servicio de Limpia.
- ⇒ Reorientar los Recursos Municipales para mejorar el equipamiento e infraestructura.
- ⇒ Implementar reglamentos de Limpia.

LINEAMIENTOS DE ACCIÓN PARA LOCALIDADES RURALES

(menores de 10,000 hab.)

Rellenos sanitarios con operación manual y recolección de contenedores a mayores de 1,500 hab. Entierro sanitario a nivel viviendas a 1,500 hab.

Crear oficina de limpieza en las Unidades Municipales.

Guías Técnicas para el manejo de residuos a nivel unidad habitacional.

4. NECESIDADES DE INVERSION

(Período 2001-2010)

en millones de pesos

REQUERIMIENTOS

INVERSION	ESTUDIOS PROYECTOS	INFRAESTRUCTURA	EQUIP. RS	EQUIP. REC.	TOTALES
ZONAS METROPOLITANAS Y GRANDES CIUDADES	13.00	81.00	74.00	932.00	1,100.00
CIUDADES MEDIAS	43.00	162.00	215.00	950.00	1,370.00
CIUDADES PEQUEÑAS	247.00	356.00	267.00	880.00	1,750.00
COMUNIDADES RURALES	158.00	152.00		50.00	360.00
PROY. ESPECIALES					
PROYECTO DE GAS METANO, USO ALTERNO DE ENERGIA EN MONTERREY, N. L.		150.00			150.00
GENERACION DE ENERGIA POR INCINERACION DE BASURA EN ZMCM	15.00	1,000.00 ¹			1,015.00
TOTALES	476.00	1,901.00	556.00	2,812.00	5,745.00
ASISTENCIA TECNICA					200.00
CAPACITACION					200.00
INVERSION TOTAL	476.00	1,901.00	556.00	2,812.00	6,145.00

1 INCLUYE EQUIPO DE CONTROL ECOLOGICO

5. PROPUESTAS ESPECIFICAS PARA LA CAMPAÑA SOBRE MANEJO Y DISPOSICION

En junio de este año, el C. Presidente Vicente Fox podría anunciar un programa con una serie de acciones específicas que incidan en el mejoramiento de la recolección y disposición de la basura:

Nombre general de la campaña: *Por un México Limpio*

Acciones propuestas:

⇒ Campaña en medios masivos de comunicación

- **Objetivo:** Campaña amplia de 6 meses de difusión en TV y Radio, con apoyo de las televisoras y las principales cadenas de radio en México.
- **Título:** *Por un México Limpio
Hoy, Mañana y Cada Día*
- **Mecánica:** Elaboración de 4 ó 5 spots de 15 a 20 segundos de duración, con mensajes clave, induciendo a la participación de la gente.

22

PROPUESTAS ESPECIFICAS

➤ Ideas para spots:

- Participa. No la tires en la calle, en terrenos ni en parques (urbano)
- Participa. Denuncia tiraderos clandestinos y exige el servicio a tus autoridades (urbano)
- Participa. Recoge basura cursta y contamina. Cubre tus contribuciones y tarifas (urbano)
- Participa. Si en tu localidad o colonia hay selección de basura, contribuye a ella (urbano)
- Participa. Si vives en el campo no la tires ni la quemes, entiérrala correctamente (rural)
- Participa. Barre el frente de tu casa todos los días (urbano y rural)
- Participa. No te opongas a la instalación de rellenos sanitarios cerca de tu comunidad (urbano y rural)

➤ **Periodo de operación:** Junio a Octubre de 2001.

23

⇒ **Campaña de limpieza de espacios públicos**

- **Objetivo:** Lanzar una campaña de limpieza de espacios públicos con participación directa de la población, organizándola a través de escuelas, dirigentes de manzanas y colonias, clubes de servicio (Leones, Rotarios), ONG's y grupos ecologistas.
- **Mecánica:** Organizar la participación, principalmente de mujeres, niños y jóvenes, en actividades de limpieza de espacios públicos en fines de semana.
- **Periodo de operación:** Los 4 fines de semana de Mayo y un fin de semana al mes de Junio a Octubre.

24

⇒ **Publicación de revista educativa para niños sobre basura**

- **Objetivo:** Publicar a través de la SEP (colección Sepan Cuantos u otra) un número especial sobre la basura, enfocado al público infantil, con temas sobre como se genera, como se debe manejar, el reciclaje, los efectos nocivos de la basura, etc.
- **Mecánica:** Negociar con la SEP la edición de un número especial.
- **Publicación:** Fines de 2001

25

⇒ **Inclusión en libros de texto gratuito un tema específico sobre la basura**

- **Objetivo:** Incluir en los textos de primaria un tema específico sobre la basura, manejo adecuado, sus efectos nocivos, etc.
- **Mecánica:** Acordar con la SEP la inclusión del tema en los libros de texto gratuitos.
- **Publicación:** Textos para el ciclo escolar 2002 – 2003.

⇒ **Programa de reciclaje a nivel nacional** Propuestas Específicas ...

- **Objetivo:** Impulsar una campaña nacional de reciclaje de productos como papel, cartón, vidrio, plásticos usados y PET; involucrando a los demandantes potenciales de estos productos con las grandes cadenas de supermercados, escuelas públicas y privadas.
- **Mecánica de operación:** Definir con los demandantes potenciales de productos reciclados las ciudades en que podrían captar el material de reciclaje y negociar con las cadenas comerciales y escuelas que funcionen como posibles centros de acopio de estos productos. En cada ciudad definir los productos reciclables y los centros de acopio participantes.
- **Periodo de operación:** Iniciar con un periodo de prueba de 6 meses y posteriormente hacerlo permanente en los lugares en que haya funcionado con éxito.

⇒ **Programa de apoyo al fortalecimiento de los organismos operadores del servicio de limpia**

- **Objetivo:** Lanzar un Programa para fortalecer la capacidad operativa de los organismos operadores encargados de la recolección y disposición de la basura.
- **Mecánica:** Intensificar los programas de asistencia técnica, capacitación y financiamiento; que se han desarrollado la SEDESOL y el BANOBRAS.

28

Programa de apoyo ...

➤ **Componentes:** El Programa tendrá los siguientes componentes:

- Programa de capacitación y profesionalización a administradores y operadores.
- Programa de asistencia técnica y transferencia de tecnología.
- Programa de difusión e implantación del proyecto de mejores prácticas para la gestión del servicio.
- Reedición y distribución de manuales y guías técnicas.

29

Programa de apoyo . . .

Se cuenta con 20 manuales de guías técnicas listos, que requieren una edición. Se podría editar con apoyo de alguna empresa cubriéndole los costos correspondientes, y distribuirlos a estados y municipios. Hacer 1000 ejemplares de cada manual presentaría un costo de alrededor de un millón de pesos.

Para el mejoramiento de una guía técnica para entierro sanitario, que podría editarse y distribuirse a estados y municipios, a través de las Delegaciones de SEDESOL, SEMARNAT, DICONSA, INI y SEPOMEX. Habría que estimar el costo de acuerdo al volumen que se edite.

➤ **Periodo de operación:** Se inició en 2001 con los recursos que tiene SEDESOL, buscando incrementar éstos para intensificar las actividades del 2002 al 2006. Se podría contar con el apoyo del BDAN para la frontera norte y de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) y Multivisión (MVS) para teleconferencias y capacitación a distancia.

Propuestas Específicas ...

⇒ **Creación de un fondo para construcción de rellenos sanitarios**

- **Objetivo:** Contar con un fondo de inversión para apoyar la construcción de rellenos sanitarios en ciudades medias.

- **Composición del fondo:** El fondo se integraría con recursos federales, estatales, municipales, privados y de crédito.

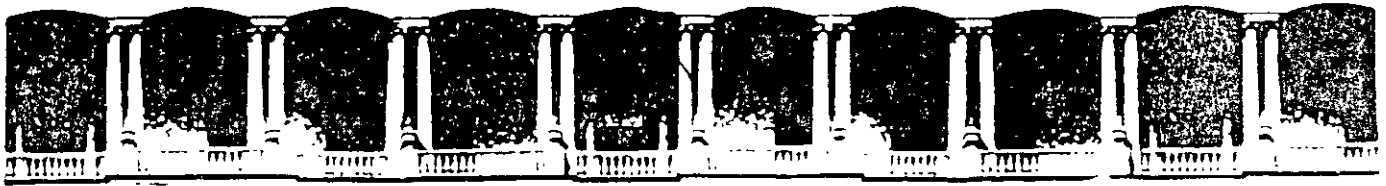
- **Mecánica de operación:** Se aportaría recursos federales hasta por el 35% de la inversión para mezclarlos con recursos estatales, locales, privados y de crédito. La aportación federal estaría sujeta a condiciones como la disponibilidad por parte de los municipios de planteamientos o diagnósticos del servicio, existencia de proyecto ejecutivo del relleno sanitario y programa de fortalecimiento y profesionalización del organismo operador.

31

Creación de un fondo para

➤ **Alcance:** Una aportación mensual de \$50 millones anuales, permitiría alcanzar, considerando una mezcla de recursos de aportación municipal, crédito, privado y de beneficiarios, una inversión total del orden de \$440 millones, con lo que sería posible construir entre 15 ó 20 rellenos sanitarios por año en ciudades medias y pequeñas. El ejercicio de los recursos sería totalmente descentralizado, utilizando y ejecutando las obras los propios municipios u organismos beneficiados (los ejecutores).

➤ **Periodo de operación:** ~~Del 2002 al 2006.~~



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE
RESIDUOS SÓLIDOS**

**MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES**

TEMA

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RSM BIOGAS

**EXPOSITOR: ING. JOSE LUIS ARVIZU FERNANDEZ
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

Curso

DISPOSICION FINAL DE LOS RSM

BIOGAS

JOSE LUIS ARVIZU FERNANDEZ
Gerencia de Energías No Convencionales
IIE

Palacio de Minería 24 – 26 Mayo 2001

UNAM /AMCRESPAC

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

CONTENIDO

- 1. Generación**
- 2. Movimiento y control**
- 3. Usos**

BIOGAS

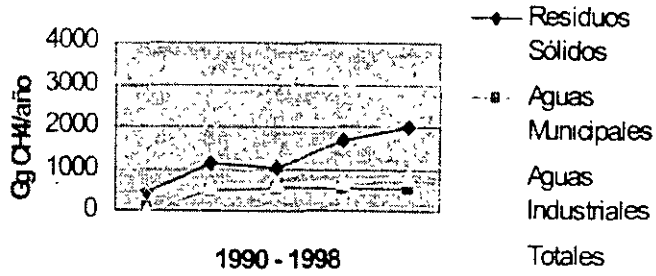
- El biogás es una mezcla de CH_4/CO_2 y trazas de H_2S , O_2 , N_2 , H_2 y otros Gases.
- El biogás se genera por la conversión microbiana de desechos de materia orgánica (basura, aguas residuales, desechos agrícolas y pecuarios) en condiciones anaeróbicas.

BIOGAS

- El biogás tiene propiedades combustibles y apreciable poder calorífico que oscila entre las 3,500 y 5,500 kcal/m³.
- El biogás contribuye al efecto invernadero y calentamiento global de nuestro planeta.
- El metano equivale a 21 veces el bióxido de carbono en términos del propio efecto invernadero.

BIOGAS

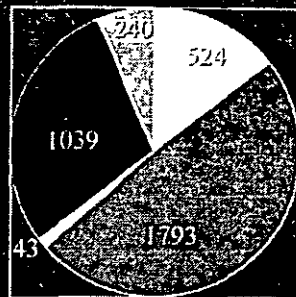
Emisiones de CH4 de Desechos



BIOGAS

FUENTES DE EMISIONES DE METANO 1990

(Miles de Toneladas)

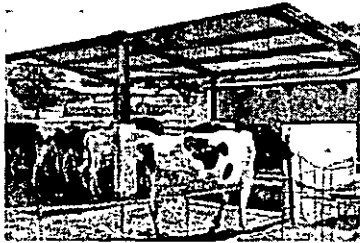


- Basura y Aguas Residuales 14.4%
- Agricultura y Ganadería 49.2%
- Quema de Combustibles 1.2%
- Petróleo, Gas y Minas 28.6%
- Cambio de Uso de Suelo 6.6%

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

Digestores Rurales:

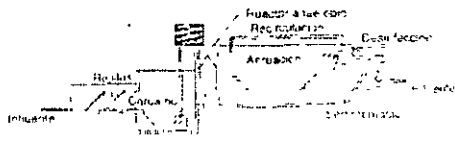
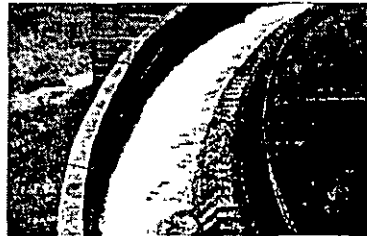


Los proyectos de conversión de biomasa a energía se iniciaron en el IIE en la segunda mitad de la década de los setentas, con la producción de biogás a partir de desechos de ganado bovino en digestores anaeróbios para aplicación en el medio rural.

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

Proceso Anaeróbico/Aeróbico para el tratamiento de las aguas residuales municipales.



Con ahorro de energía
en un 50 -60% y
reducción en la misma
proporción de la
generación de lodos
residuales.

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

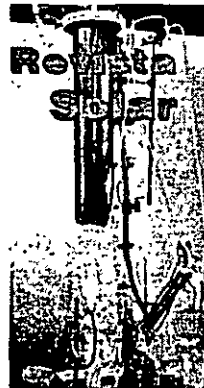
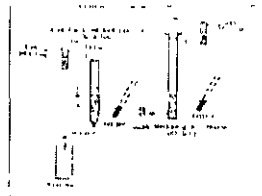
**Medición y análisis del
Biogás producido en la
Planta de Tratamiento
Norte "Monterrey IV"
en 1996 y 2000.**



Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

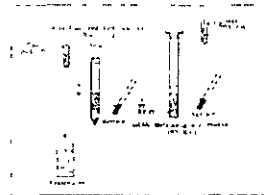
**Tratamiento Anaerobio
Acidogénico/Metanogénico
en Lecho Fluidizado de
aguas residuales de la
industria del Acido Cítrico.**



Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

**Tratamiento Anaerobio
Acidogénico/Metanogénico
en Lecho Fluidizado de
aguas residuales de la
industria del Acido Cítrico.**



Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

**Diseño de Digestores y
Sistemas para el tratamiento
de desechos de granjas
pequeñas y medianas.**

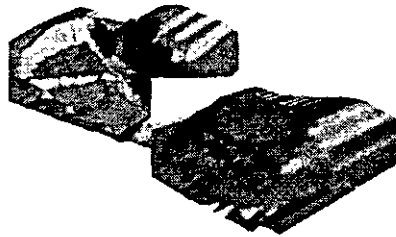


**Con abatimiento de la
contaminación y generación
de energía para el
autoabastecimiento de las
granjas.**



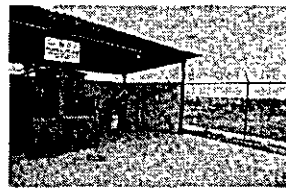
Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



Evaluación de las Emisiones de Biogás y Caracterización de la Potencia Energética del Relleno de Prados de la Montaña D.F. en 1995 a solicitud de CONAE y DDF.

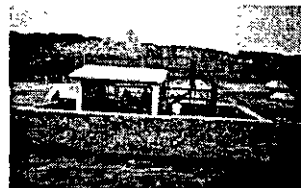
Planta Piloto de Generación con Biogás instalada en el tiradero controlado de Santa Cruz Meyehualco D.F., en coordinación con CFE, CLyF y DDF; en 1991.



Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

Pruebas de laboratorio en muestras de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios para determinar su potencial de producción de biogás.



Metodologías para la evaluación de rellenos sanitarios para determinar su potencial energético.

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



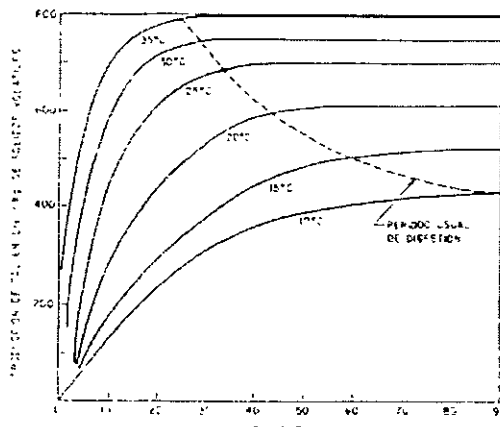
Zapopan, Jalisco



Tlalnepantla de Baz
Estado de México

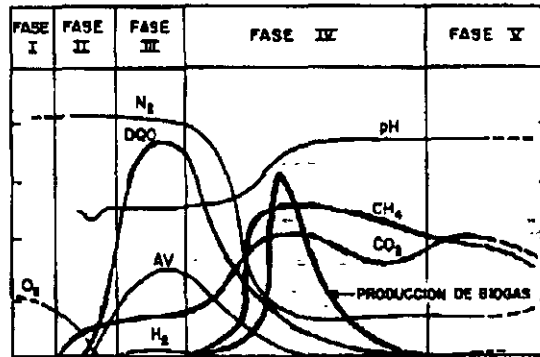
Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



Producción de biogás en Digestores

BIOGAS



Fases de estabilización de los RSM

BIOGAS

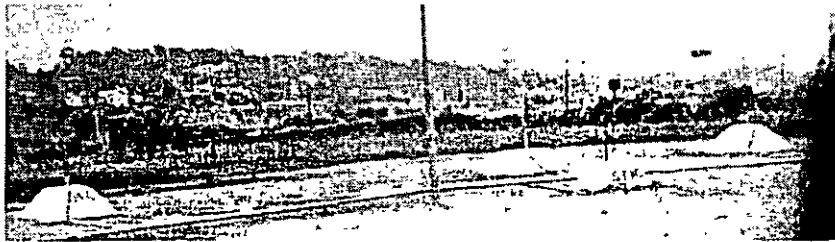
El biogás siempre se estará produciendo en mayor o menor cantidad.

Siempre se estará escapando a la atmósfera y migrando aún kilómetros del relleno sanitario o tiradero.

Por lo que se debe prever su control y uso, no solo su venteo.

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



Pozos y Red de Recolección y
Conducción de Biogás

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

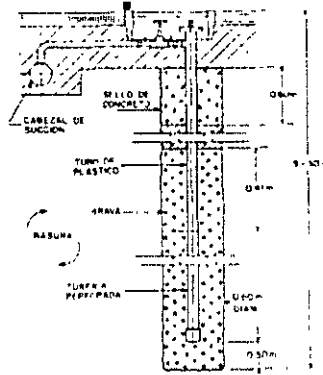
BIOGAS



Excavación de Pozos para
extracción de biogás mostrando
las limitaciones del primer
equipo y el adecuado para
perforar hasta el 75% del
espesor de los RSM

BIOGAS

Pozo típico para la
extracción de biogás



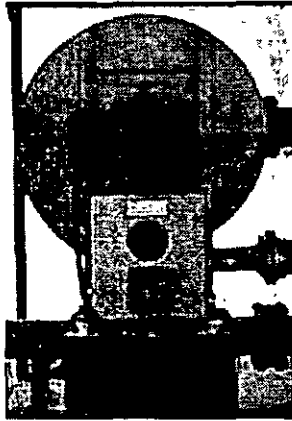
BIOGAS



Pozos construidos antes de
iniciar el llenado de la celda

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

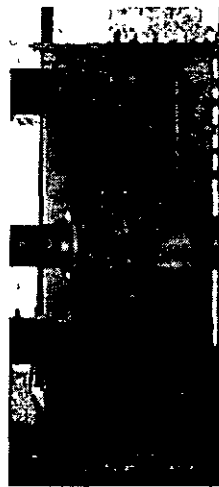
BIOGAS



Soplador de extracción
de Biogás conectado al
cabezal de la tubería
conectada a cada pozo

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

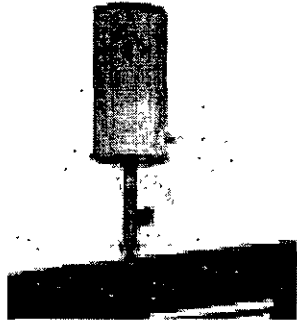
BIOGAS



Tanque Knockout o
condensador de Biogás
instalado antes del
Soplador para retirar la
humedad de saturación
y lixiviados arrastrados
por el Soplador

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS

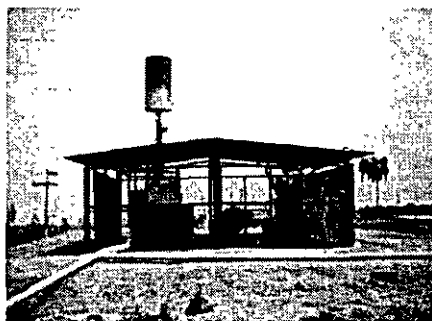


Quemador abierto de
biogás para combustión
del mismo y evitar sus
efectos al medio
ambiente

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

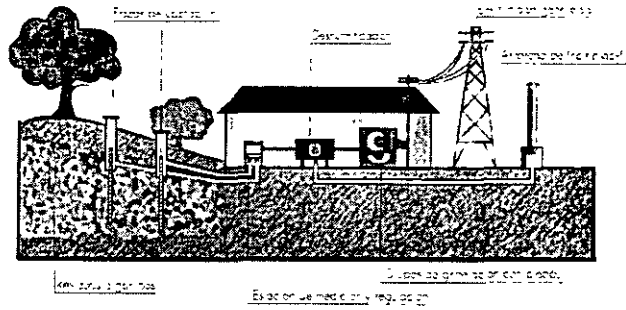
BIOGAS

Sistema básico
completo de extracción
y combustión de biogás
en Prados de la
Montaña (1995)



Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

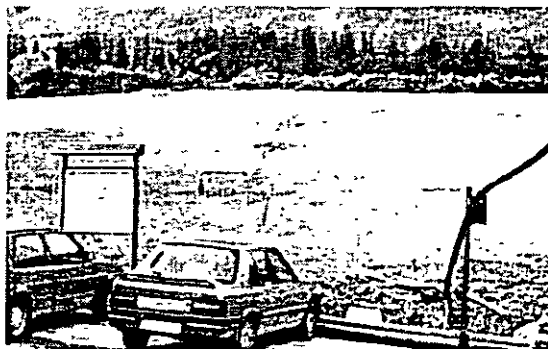
BIOGAS



Concepto del uso del biogás para la Generación
de electricidad

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

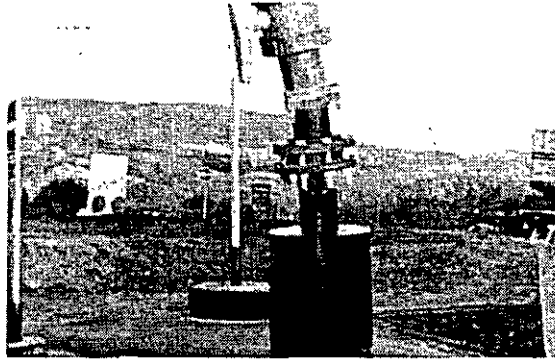
BIOGAS



Cabezal Colector de biogás en el Vertedero de
San Sebastián, País Vasco, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

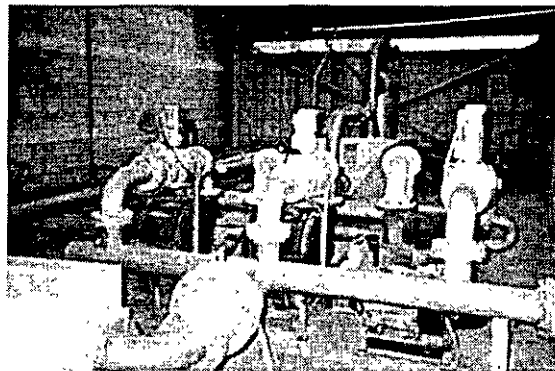
BIOGAS



Pozo de biogás en el Vertedero de San
Sebastián, País Vasco, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



Tratamiento de biogás en el Vertedero de San
Sebastián, País Vasco, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

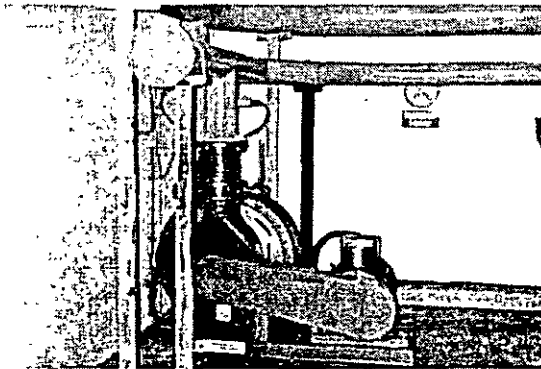
BIOGAS



Planta de Generación con biogás en el
Vertedero de Santander, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

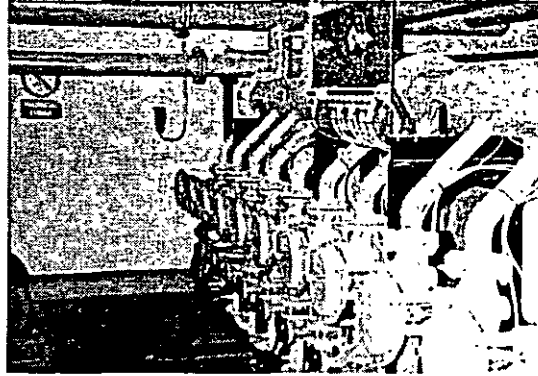
BIOGAS



Soplador para extracción de biogás en el
Vertedero de Santander, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

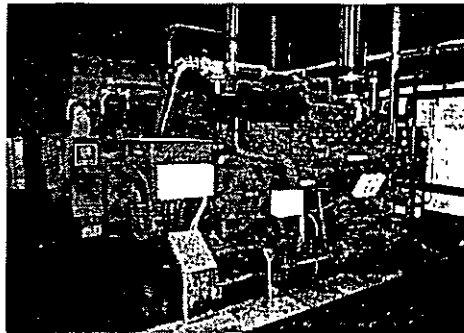
BIOGAS



Muestreadores y analizadores en línea de
extracción de biogás en el Vertedero de
Santander, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

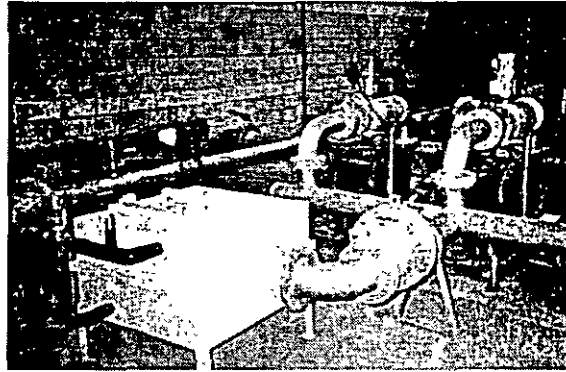
BIOGAS



Máquina de Combustión Interna de Generación
con biogás en el Vertedero de Santander, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

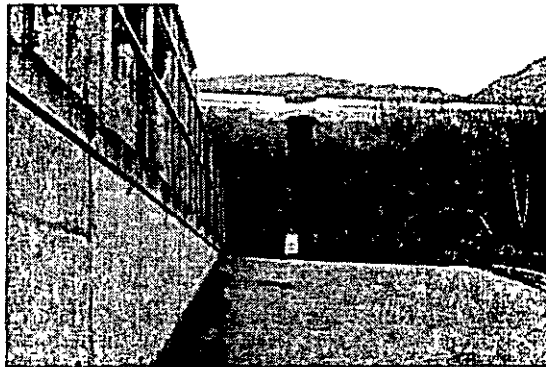
BIOGAS



Enfriador de biogás en el Vertedero de San
Sebastián, País Vasco, España

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



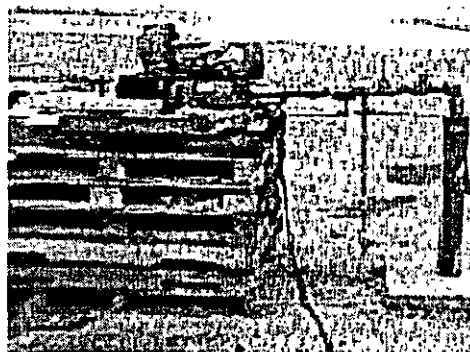
Quemador de biogás en el Vertedero de San
Sebastián, País Vasco, España

BIOGAS

Para aprovechar el biogás de RSM en RS para la generación de electricidad se requiere:

1. Estimar mediante pruebas de bombeo la cantidad de biogás del sitio.
2. Determinar las constantes cinéticas para predecir la producción de biogás y energía.
3. Efectuar el estudio de Rentabilidad del proyecto.

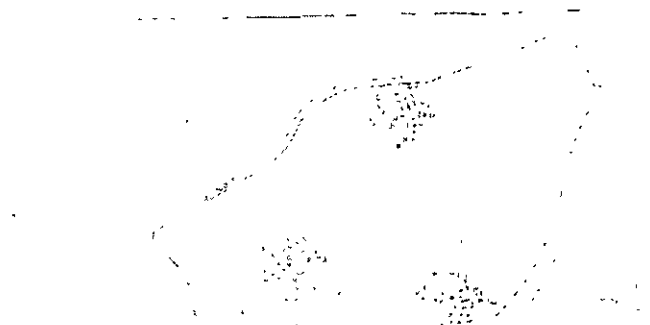
BIOGAS



Pruebas de Bombeo

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

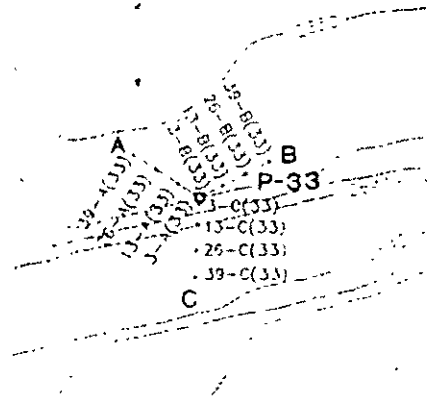
BIOGAS



Ubicación de Pozos para efectuar
“Pruebas de Bombeo”

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



Pozo de
Extracción y
pozos de
monitoreo para
determinar radio
de influencia

BIOGAS

Parameter	Value
waste depth	22 meters
radius of influence of well	46.6 meters
steady state flow	1.736 m ³ /min
average waste age	5 years
waste density	0.71 Mg/m ³
methane gas generation potential (Lo)	95.4 m ³ /Mg

Parámetros empleados para predecir la producción de metano

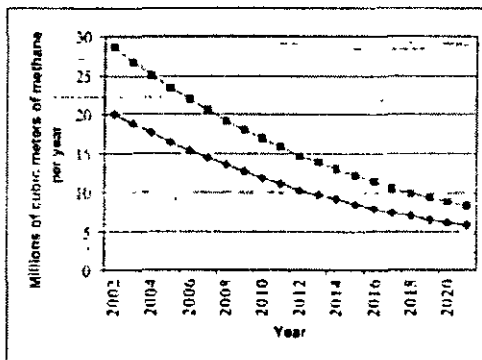
BIOGAS

Parameter	Value
Methane gas generation constant (k)	0.066/yr
Waste methane gas generation potential (Lo)	95.4 m ³ CH ₄ /Mg waste
Waste cell area	44 ha
Waste depth	22 meters
Waste density	0.71 Mg/m ³
Waste age (year 2000)	5 years average
Concentration of methane in LFG	50%

Parámetros de entrada para estimar la constante K de generación de metano

Instituto de
Investigaciones
Eléctricas

BIOGAS



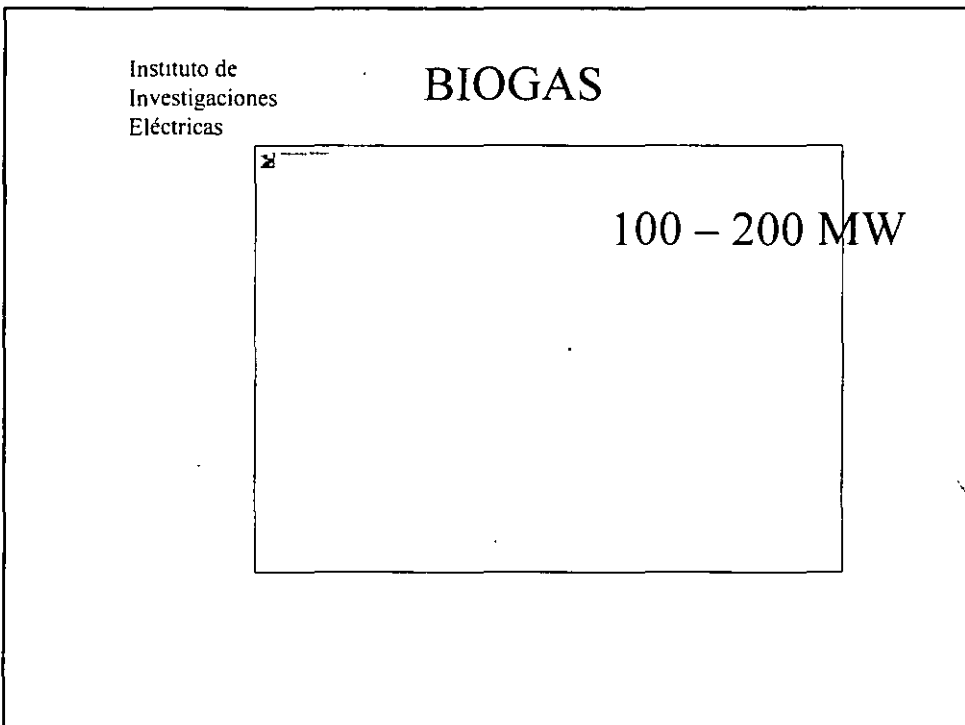
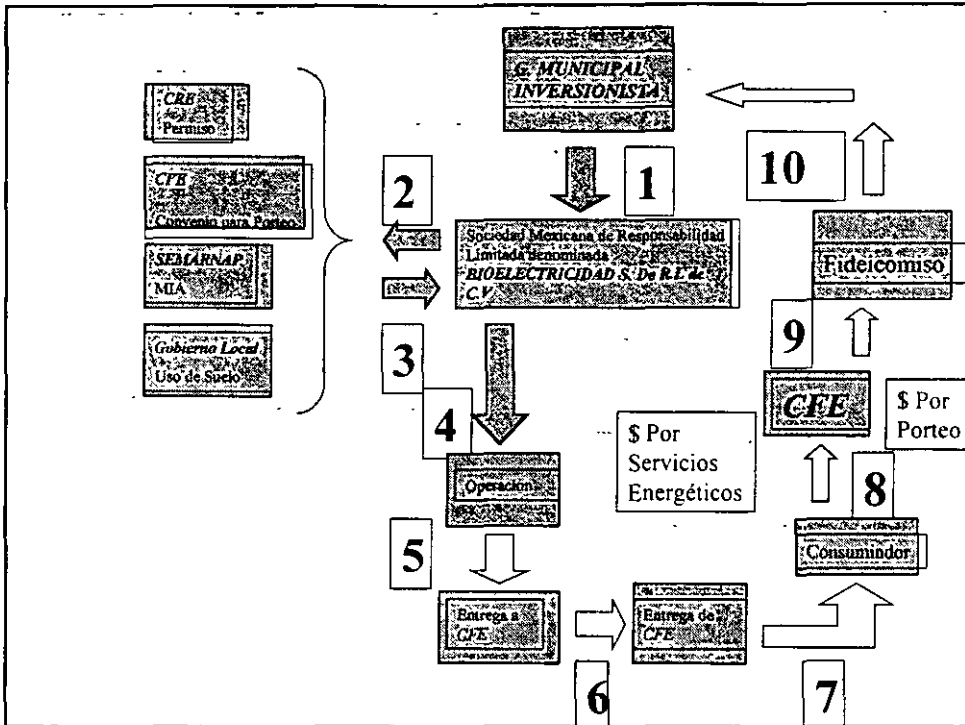
Curvas alta y baja de predicción de la
producción de metano

Instituto de *Planta Demostrativa de Generación Eléctrica con
Investigaciones Biogás de Relleno Municipal*
Eléctricas

Marco Legal de la Industria Eléctrica

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica preve la generación de energía eléctrica en las modalidades de:

- **Autoabastecimiento**
- Cogeneración
- Pequeña producción (menor de 30 MW)
- Producción independiente (mayor de 30 MW)





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

MODULO III: DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

TEMA

EJERCICIOS

**EXPOSITOR: ING. ANDRES NOE MENDOZA
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

El ejemplo siguiente es real y refleja las opciones planteadas por la firma consultora para optimizar el servicio de recolección en la ciudad. Los aspectos considerados abarcan todos los puntos vistos en clase. Su objetivo es mostrar la secuencia a seguir para el diseño del sistema de recolección.

1. Antecedentes

El servicio de recolección se presta en dos turnos en las áreas habitacionales principalmente. En general la frecuencia de recolección es de 2 veces por semana; sin embargo, en la zona centro de la ciudad el servicio se realiza diariamente. La ciudad está dividida en 39 sectores para realizar la recolección. El personal asignado al proceso de recolección está formado por 72 empleados. Se cuenta con una flotilla formada por 12 vehículos, de los cuales 9 son recolectores de carga trasera de 20 yd³, 2 batangas de 30m³ y 1 vehículo de carga lateral. El 100% de los vehículos ha rebasado su vida útil. El Departamento de Limpia cuenta con 39 sectores para realizar la recolección de los residuos domiciliarios. Para cubrir estos sectores se labora en dos turnos, de acuerdo con los siguientes horarios:

- a). Turno matutino con horario de 4:00 a.m. a 16:00 p.m.
- b). Turno vespertino con horario de 16:00 p.m. a 4:00 a.m.

La frecuencia con que se presta el servicio básicamente es de 2 tipos:

- a). Diaria en el primer cuadro de la ciudad
- b). 2 veces por semana en el resto de la ciudad

El método de recolección utilizado es de acera, en el cual los usuarios depositan sus residuos en tambos metálicos ubicados en el frente de sus domicilios y el vehículo recolector recoge los tambos en cada uno de los domicilios ubicados en su ruta. En general se tienen las siguientes deficiencias:

- No se cuenta con registros de las actividades diarias del personal.
- Debido a las constantes fallas, frecuentemente los vehículos son reasignados a otras rutas, lo que da origen a una baja en la cobertura diaria.
- Las rutas de recolección establecidas no fueron diseñadas considerando aspectos técnicos, por lo que existe un desequilibrio entre la frecuencia y las zonas atendidas.
- Las frecuencias establecidas ofrecen baja calidad en el servicio; propiciando con esto, acumulación de residuos en los recipientes de los usuarios que pueden originar focos de contaminación y mala imagen en la ciudad.
- Lo anterior impacta significativamente en el rendimiento de los operarios del servicio.

2. Alcance

Proponer el método, la frecuencia y los requerimientos de equipo para proporcionar el servicio de recolección con el 100% de cobertura en el corto plazo.

Para cubrir el alcance anterior, se han diseñado 2 planes de acción, cuya diferencia fundamental se basa en la frecuencia con que proponemos se brinde el servicio. Así tenemos que en el primer Plan la frecuencia del servicio es de 2 veces/semana y en el segundo, de 3 veces/semana. Adicionalmente, en cada Plan se presentan dos alternativas, que consideran la operación en 1 y 2 turnos.

Lo anterior con el fin de que en la selección de la alternativa, se consideren los factores que en este caso determinan la calidad y el costo del servicio, que son la frecuencia y los turnos de operación.

Plan de Acción Opción I

Esta opción se ha diseñado para prestar el servicio con una frecuencia de 2 veces/semana. El método de recolección propuesto es de acera, empleando vehículos de recolección de carga trasera de 6 toneladas de capacidad. La determinación del número de vehículos requeridos contempla que cada vehículo realizará 2 viajes/turno y recolectará en promedio 5 toneladas por viaje. Aunado al cálculo anterior, se ha juzgado conveniente añadir un vehículo más para atender exclusivamente la zona centro de la ciudad con una frecuencia diaria.

Es importante mencionar que para cada opción se han diseñado 2 alternativas de operación en 1 y 2 turnos, respectivamente.

Por otro lado, las proyecciones realizadas consideran un horizonte de planeación de 20 años, dividido en cuatro periodos:

PLAZOS	AÑOS
Corto	2001-2003
Mediano	2004-2008
Largo	2009-2021

En esta estrategia se considera que en el año 2001 se iniciará la implementación de las acciones propuestas; y es en este año, donde se realizarán las inversiones en adquisición y/o rehabilitación de equipamiento para incrementar la cobertura y frecuencia con que se brindará el servicio. Para la proyección de los requerimientos de equipamiento y personal, se consideraron los factores siguientes:

- Generación de residuos
- Frecuencia de recolección
- Capacidad de los vehículos
- Peso volumétrico
- Cantidad de viajes o servicios que se efectuarían durante cada turno
- Turnos de operación

Objetivos específicos:

1. Lograr que se incremente la cobertura del servicio de recolección domiciliaria y de otras fuentes al 100%
2. Establecer 4 macrorutas de recolección para balancear cargas de trabajo y residuos recolectados por ruta
3. Mantener el método de recolección de acera, utilizando vehículos compactadores de carga trasera
4. Establecer una frecuencia de recolección diaria en la zona centro de la ciudad y de 2 veces/semana en el resto de la ciudad
5. Establecer dos turnos de 8 horas para la recolección de residuos, de lunes a sábado
6. Proponer el programa de adquisición y reemplazo de equipos durante un horizonte de planeación de 20 años, de acuerdo con los requerimientos de la propuesta
7. Implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para toda la infraestructura disponible.
8. Elaborar un programa de supervisión que dará seguimiento a las rutas de recolección, con la finalidad de evaluar el desempeño del servicio
9. Impartir cursos de capacitación al personal operativo en lo referente a:
 - Uso correcto de las unidades de recolección
 - Acciones de seguridad
 - Trato con el público usuario
 - Calidad del servicio

Metas en los plazos corto, mediano y largo

Corto plazo (2001-2003)

Este período se caracteriza por replantear la forma de operación actual, cuyo fin sea la utilización eficiente del equipo con que se cuenta y la adquisición del equipamiento para iniciar operaciones con 100% de cobertura, resultado de la rezonificación de rutas de recolección. Para lograr lo anterior, se llevarán a cabo las siguientes inversiones:

1. Adquisición de 10 vehículos recolectores
2. Rehabilitación de 3 unidades actuales

El servicio se prestará con las siguientes características:

1. Se mantendrán los dos turnos de operación; pero se propone que la duración de éstos sea de 8 horas cada uno, y se trabaje de lunes a sábado
2. Cada vehículo despachado realizará dos viajes en cada turno
3. Se atenderá a comercios y servicios establecidos ubicados en la zona centro, con un vehículo recolector adicional todos los días
4. Se mantendrá durante todo el período, un vehículo de recolección como reserva para atender demandas extraordinarias y/o la descompostura de algún otro vehículo

Mediano plazo (2004-2008)

Este período se caracteriza por mantener las operaciones del servicio al 100%. Adquirir el equipamiento necesario para mantener la cobertura del servicio y adicionar nuevas rutas al servicio como resultado del crecimiento de la mancha urbana, para lo anterior deberá realizarse un estudio para determinar cuál(es) serán las nuevas zonas que se integrarán al sistema y cuáles serán los recursos que se asignarán para satisfacer esa demanda. Se llevarán a cabo las siguientes inversiones:

1. Adquisición de 6 vehículos recolectores (1 al año 2004; 3 más al año siguiente; 1 más en el año 2006 y finalmente 1 en el año 2008)
2. Rehabilitación de 10 unidades en el año 2007
3. Dar de baja 3 unidades en el año 2005

El servicio se seguirá prestando con las mismas características que en el plazo anterior.

Largo plazo (2009-2021)

En este período se espera se realicen las mayores inversiones en la compra y rehabilitación de equipo, se requerirán además por lo menos 2 estudios para determinar nuevas zonas de recolección y sus recursos correspondientes. Para esto, se realizarán las siguientes inversiones:

4. Adquisición de 41 vehículos
5. Rehabilitación de 25 unidades (ver programa de sustitución y adquisición)
6. Dar de baja 29 unidades

El servicio se seguirá prestando con las mismas características que en el plazo anterior.

3. Método de recolección propuesto

➤ De acera

En la ciudad de San Luis Río Colorado, el servicio de recolección de residuos municipales se proporciona empleando el método de acera y los recipientes más comúnmente utilizados son tambos metálicos de 200 litros. Sin embargo, durante la realización del *estudio de tiempos y movimientos* se pudo observar que en algunas zonas también se llevan a cabo el método intradomiciliario y en menor proporción por contenedores. Para la planeación del servicio; el método propuesto es el de acera, debido a los siguientes factores:

1. El sistema, los operarios y la población están ya adaptados a este método, y cualquier cambio en el mismo deberá apoyarse con el establecimiento de programas adicionales para concientizar a jefes, operarios y población sobre el cambio en el método.
2. Deberán desarrollarse los contenidos, determinarse los tiempos y formas en que se difundirán, responsables de estas tareas y de su seguimiento para monitorear la participación de la población.
3. Lo anterior requiere recursos económicos para llevarlos a cabo.
4. Adicionalmente deberá establecerse en el Reglamento de Limpia las frecuencias, horarios y responsabilidades de usuarios y operadores que el cambio en el método requieren para su eficaz aplicación.
5. Los recipientes en que tradicionalmente los usuarios depositan su residuos, deberán cambiarse ya que el método actual favorece su utilización.
6. Los horarios en que se prestaría el servicio deberán adaptarse, considerando que para otro método se requiere de la participación de la ciudadanía para la entrega de los residuos a los operarios del servicio.

La operación de las zonas donde se efectúa la recolección con otro método deberá ajustarse a lo propuesto. En el caso de los sitios donde se realiza la recolección por contenedores, éstos seguirán operando como lo hacen hasta ahora.

4. Procedimiento para realizar la recolección por el método de acera

Mediante este método los usuarios tienen la obligación de disponer todos sus residuos en recipientes que se colocarán sobre la banqueta, afuera de sus casas.

El vehículo recorre las aceras de las calles a una muy baja velocidad, donde un ayudante va a pie por un costado del camión y recoge de las aceras los recipientes de los usuarios con los residuos en su interior, vacía dichos residuos en el vehículo recolector y devuelve el recipiente al sitio donde lo tomó para posteriormente ser retirado de la acera por sus propietarios.

En este tipo de método se recomienda construir soportes metálicos para los contenedores en la acera donde los usuarios dejan sus botes o bolsas, para que así no sean atacados por animales callejeros, como vehículo recomendado para este tipo de servicio, tenemos los vehículos compactadores de carga trasera.

5. Frecuencia propuesta

Para esta opción 1 se propone una frecuencia de recolección de 2 veces/semana, en 3 sectores de recolección y diaria en el sector centro de la ciudad.

Es importante mencionar que la frecuencia determina la cantidad de equipo requerido y la calidad del servicio prestado. Sin embargo, ésta deberá prever que el volumen acumulado de residuos no sea excesivo, y que el tiempo transcurrido desde la generación hasta la disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca, que varía según el clima de 7 a 10 días. En general la frecuencia de recolección puede ser de 6, 3, 2, o una vez por semana.

Por otro lado, como se menciona en el párrafo anterior, la frecuencia determina los requerimientos de equipo y la calidad del servicio deseado. Estos dos factores determinan; a su vez, el costo del servicio. Así, se tiene que el servicio más costoso es el que considera una frecuencia de recolección diaria, por el contrario, el menos costoso se brinda una vez por semana. Entre éstos dos extremos, tenemos las frecuencias de 2 y 3 veces/semana. La forma en que se propone cubrir los sectores es como se presenta en la tabla siguiente.

Forma en que se prestará el servicio en cada uno de los sectores

Sector	Días de la semana en que se atenderán los sectores					
	L	M	M	J	V	S
Centro						
1						
2						
3						

6. Diseño del sistema de recolección

El objetivo fundamental de la planeación de este sistema es prestar un servicio eficiente para recolección, transporte y disposición final de los residuos que se generan en la ciudad (domiciliarios y otras fuentes), tomando como base la información relativa a:

- ⇒ Población actual (2000, INEGI)
- ⇒ Generación *per capita* de residuos sólidos; estudio de generación
- ⇒ Proyección de población (2000-2021)
- ⇒ Proyección de generación de residuos sólidos (2000-2021)

Para el dimensionamiento del servicio de recolección se considera la adquisición únicamente de vehículos nuevos, no reconstruidos. Se procedió similarmente para el programa de adquisición y sustitución de equipo. Bajo esta premisa, es importante advertir que es condición *sine qua non* para garantizar que el diseño propuesto cumpla plenamente los objetivos y metas. A continuación se detallan los parámetros y variables que –como parte de la proposición para optimizar el sistema de limpieza- se tomaron en cuenta para el diseño de las macrorrutas de recolección.

Consideraciones para el macrorruteo

Para formular la propuesta de macrorruteo se tomó en cuenta lo siguiente:

1. La base fue la distribución de colonias atendidas, proporcionada por el Departamento de Limpieza.
2. Para el diseño se considera la generación correspondiente al promedio de los estratos, obtenido en el estudio de campo, excepto en el centro donde se utilizó la generación *per capita*, pues existe alta concentración de comercios y viviendas, respectivamente.
3. El dato de la densidad poblacional por kilómetro lineal de calle se calculó con base en la superficie de la ciudad y el número de habitantes estimado con la proyección de población.
4. El dato de personas por vivienda se tomó de lo publicado por el INEGI para San Luis Río Colorado: 4.2 habitantes
5. El dato de la capacidad promedio de los vehículos recolectores se estimó mediante información de los registros del estudio de taras y pesajes

A fin de complementar este macrorruteo y mejorar aún más el uso de los vehículos recolectores y el servicio, se tendrá que realizar un estudio de microrruteo, para precisar el itinerario de cada ruta.

Se ha dividido la ciudad en 4 sectores de recolección, que abarcan las 25 colonias de la ciudad. En cada uno de ellos se ha estimado la población por colonia y los residuos generados, como se muestra en la tabla siguiente.

Sectores de recolección propuestos

Sector	Colonia	Habitantes estimados	Generación	
			(kg/hab-día)	(t/d)
Zona Centro	Zona Centro	1 794	0.94	1.70
1	Cuauhtémoc	2 371	0.76	1.80
	Comercial	6 300	0.76	4.79
	Residencial	10 602	0.76	8.06
	La Mesa	3 681	0.76	2.80
	Campamento	650	0.76	0.49
	Industrial	4 907	0.76	3.73
	Ruiz Cortinez	5 259	0.76	4.00
	Sonora	8 501	0.76	6.46
	Jalisco	11 613	0.76	8.83
	Aviación	7 294	0.76	5.54
2	Aeropuerto	11 046	0.76	8.40
	Del Bosque	6 709	0.76	5.10
	Federal	9 188	0.76	6.98
	Libertad	7 380	0.76	5.61
	Mezquite	11 637	0.76	8.84
	La Grullita	8 617	0.76	6.55
	Reforma	7 129	0.76	5.42
3	Burócratas	10 837	0.76	8.24
	10 de Abril	7 035	0.76	5.35
	Campestre	11 908	0.76	9.05
	Progreso	7 847	0.76	5.96
	Altar	9 397	0.76	7.14
	México	6 121	0.76	4.65
	Solidaridad	3 912	0.76	2.97
Total		181 736		138.44

En el Plano "Estrategia de Recolección" se presenta la distribución de los sectores considerados en la tabla anterior. En promedio, se generan 45.6 toneladas diarias de residuos en los sectores de recolección que previamente se consideraron en la planeación del servicio. En este promedio no se ha considerado la zona centro, ya que en ésta, la frecuencia del servicio de recolección es diferente.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de las zonas de recolección, los habitantes por sector, residuos totales generados por sector y el número de vehículos requeridos por sector.

Sectores de recolección, habitantes atendidos, residuos generados y vehículos requeridos

Sector	Habitantes servidos	Residuos generados (t/día)	Vehículos requeridos
Centro	1 794	1.7	1
1	61 179	46.5	6
2	61 706	46.9	6
3	57 057	43.4	6
TOTAL	181 736	138.5	7

La tabla anterior considera únicamente los vehículos requeridos para recolectar los residuos sólidos domiciliarios. También es importante mencionar que para atender la zona centro, se ha considerado destinar un vehículo exclusivamente para atender esta zona. En la tabla siguiente se presentan los vehículos requeridos para recolectar los residuos sólidos domiciliarios y de otras fuentes, en el horizonte de planeación.

Vehículos requeridos para la alternativa 1 (1 turno de operación)

Año	Vehículos requeridos		
	Residuos domiciliarios	Residuos otras Fuentes	Total
2000	6	4	10
2001	7	4	11
2002	7	4	11
2003	8	5	13
2004	8	5	13
2005	9	5	14
2006	9	5	14
2007	10	5	15
2008	10	5	15
2009	11	5	16
2010	12	5	17
2011	12	5	17
2012	13	5	18
2013	13	5	18
2014	14	5	19
2015	15	5	20
2016	15	6	21
2017	16	6	22
2018	17	6	23

Año	Vehículos requeridos		
	Residuos domiciliarios	Residuos otras Fuentes	Total
2019	18	6	24
2020	18	6	24
2021	19	6	25
2022	20	6	26

Para atender la demanda del servicio, considerando el número de vehículos que se requieren, los que actualmente presentan condiciones favorables para su rehabilitación y los que se deben adquirir, en la tabla siguiente se presenta el programa de sustitución y adquisición de vehículos que requiere la ciudad, en el horizonte de planeación.

Para lo anterior se ha considerado que de los vehículos con que cuenta actualmente el Departamento de Limpia de la ciudad de Sn. Luis Río Colorado –12 unidades-, únicamente se pueden rehabilitar 3, ya que los restantes –como se mencionó en el diagnóstico- han rebasado su vida útil.

**Requerimiento y reposición de equipo de recolección (Frecuencia 2 veces / semana)
Alternativa 1 (1 turno/día)**

Año cero

AÑOS	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
COBERTURA	100%																					
EQUIPO REQUERIDO	11	11	13	13	14	14	15	15	16	17	17	18	18	19	20	21	22	23	24	24	25	26
VIDA ÚTIL																						
Vehículos adquiridos	9	0	2	0	4	0	1	0	1	1	9	1	2	1	5	1	2	1	2	1	10	2
1	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	5	1	2	1	2	1	9	3
2	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	5	1	2	1	2	1	9
3	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	5	1	2	1	2	1
4	0	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	5	1	2	1	2
5	0	0	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	5	1	2	1
6	0	0	0	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	5	1	2
7	3	0	0	0	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	5	1
8	8	3	0	0	0	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1	6
9	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2	1
10	8	0	6	3	0	0	0	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2	2
Equipos dados de baja	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	8	1	2	0	4	0	1	0	1	1	8	2
Vehículos disponibles	3	12	12	14	11	15	15	16	16	17	9	18	17	19	16	21	21	23	23	24	16	25
Déficit (-) o superávit (+)	-8	1	-1	1	-3	1	0	1	0	0	-8	0	-1	0	-4	0	-1	0	-1	0	-9	-1
Vehículos disponibles después de la compra	12	12	14	14	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27
Regulares	9	12	14	14	15	15	7	16	15	18	14	19	18	20	20	21	14	23	23	24	21	26
Rehabilitados	3	0	0	0	0	0	9	0	2	0	4	0	1	0	1	1	9	1	2	1	5	1
Situación después de la compra déficit (-) o superávit (+, reserva)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Rehabilitación de vehículos

Como se mencionó al inicio de la estrategia, se diseñaron dos alternativas en la opción 1 para la prestación del servicio. En esta segunda alternativa se considera lo siguiente:

1. La prestación del servicio será en 2 turnos de recolección.
2. La frecuencia del servicio será de 2 veces por semana.

A continuación en la tabla siguiente se presentan los requerimientos de equipo para la alternativa 2 y en la siguiente, el programa de sustitución y adquisición de vehículos.

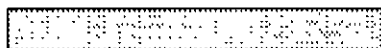
Vehículos requeridos para la alternativa 2 (2 turnos por día)

Año	Vehículos requeridos		Total
	Residuos domiciliarios	Residuos otras fuentes	
2000	3	2	5
2001	3	2	5
2002	4	2	6
2003	4	2	6
2004	4	2	6
2005	4	2	7
2006	5	2	7
2007	5	2	7
2008	5	2	8
2009	5	2	8
2010	6	3	8
2011	6	3	9
2012	6	3	9
2013	7	3	9
2014	7	3	10
2015	7	3	10
2016	8	3	10
2017	8	3	11
2018	8	3	11
2019	9	3	12
2020	9	3	12
2021	10	3	13
2022	10	3	13

Requerimiento y reposición de equipo de recolección (Frecuencia 2 veces / semana) Alternativa 2 (2 turnos/día)

Año cero

AÑOS	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
COBERTURA	100%																					
EQUIPO REQUERIDO	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13
VIDA ÚTIL																						
Vehículos adquiridos	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0	1	1	1	0	4	0
1	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0	1	1	1	0	4	0
2	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0	1	1	1	0	4
3	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0	1	1	1	0
4	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0	1	1	1
5	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0	1	1
6	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0	1
7	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0
8	0	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4
9	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2
10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1
Equipos dados de baja	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0
Vehículos disponibles	3	5	5	6	3	7	7	7	8	8	6	9	8	9	7	11	11	11	12	13	10	14
Déficit (-) o superávit (+)	-2	0	-1	0	-4	0	0	-1	0	0	-3	0	-1	-1	-3	1	0	0	0	1	-3	1
Vehículos disponibles después de la compra	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	11	11	11	12	12	13	13	14	14
Regulares	2	5	6	6	7	7	5	8	7	8	5	9	9	10	11	11	9	12	12	11	10	14
Rehabilitados	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4	0	0	1	0	0	3	0	1	2	4	0
Situación después de la compra déficit (-) o superavit (+, reserva)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Rehabilitación de vehículos

En la tabla siguiente se presenta un resumen comparativo de las características de las alternativas planteadas en el Plan de Acción Opción 1, para el año de implementación (2001).

Características de las alternativas del Plan de Acción Opción 1 (2001)

Alternativa	Cobertura	Turnos de operación	Vehículos requeridos	Vehículos por adquirir	Vehículos rehabilitados
1	100%	1	11	9	3
2	100%	2	5	2	3

Selección de equipo

Para la operación del servicio, se ha considerado la adquisición de vehículos nuevos cuya característica principal sea la capacidad de carga. En este sentido se recomiendan los de 6 toneladas de carga por viaje. Lo anterior favorecerá la operación, ya que la capacidad de carga en el diseño del servicio, considera 5 toneladas por viaje. Esta diferencia puede utilizarse para atender demandas extraordinarias y/o incrementos no previstos en la generación.

Lavado de contenedores

De acuerdo con la información proporcionada por el Departamento de Limpia, se cuenta con 33 contenedores distribuidos principalmente en centros comerciales, comercios, escuelas, clínicas y oficinas de gobierno.

En el diseño del sistema de recolección, se ha considerado que estos contenedores se sigan atendiendo como hasta ahora se ha realizado; sin embargo, se requerirá que éstos sean lavados periódicamente para mantenerlos en buenas condiciones. La operación para el servicio de lavado deberá seguir el siguiente procedimiento:

1. Cuando el vehículo recolector acuda a recolectar los residuos del contenedor, el vehículo lavacontenedores asistirá junto con el mismo.
2. Una vez que los operarios del recolector hayan terminado de descargar el contenido, el operario del vehículo lavacontenedor, procederá a limpiar el interior del contenedor de residuos que hayan quedado en su interior.
3. Terminada esta operación, lavará el interior del mismo procurando en todo momento, no causar molestias a los transeúntes y/o residentes del lugar.
4. Desalojará el agua del interior y la conducirá hacia el drenaje más próximo, y bajo ningún pretexto, dejará de realizar esta actividad.

-
5. Una vez concluido el lavado, retirará los implementos que utilizó y dejará el contenedor listo para que puedan depositarse los residuos.
 6. Adicionalmente el operario del lavacontenedores deberá llenar un reporte donde anotará lo siguiente:
 - El servicio realizado
 - La ubicación del contenedor
 - La hora del servicio
 - Las condiciones físicas del contenedor
 - Las reparaciones que a su juicio podría requerir el contenedor
 7. Una vez concluido el reporte, se trasladará al siguiente contenedor, para repetir el mismo procedimiento

Esta operación requerirá que tanto el servicio de recolección, como el de lavado de contenedores conozcan la ubicación exacta de cada uno de los recipientes, la frecuencia con que son atendidos y la ruta exacta que sigue el servicio de recolección para atenderlos.

Plan de Acción Opción 2

Esta opción se ha diseñado en la prestación del servicio con una frecuencia de 3 veces/semana. Las demás características permanecen constantes con respecto a la opción 1, que son:

1. Método de recolección de acera
2. Vehículos de recolección de carga trasera de 6 toneladas de capacidad.
3. Cada vehículo realizará 2 viajes/turno y
4. Recolectará en promedio 5 toneladas por viaje.
5. Se mantiene un vehículo más para atender exclusivamente la zona centro de la ciudad con una frecuencia diaria.

En esta opción también se han diseñado 2 alternativas de operación en 1 y 2 turnos, respectivamente. Considerando los mismos períodos de planeación que la opción anterior.

Objetivos específicos:

1. Lograr que se incremente la cobertura del servicio de recolección domiciliaria y de otras fuentes al 100%
2. Establecer 3 macrorutas de recolección para balancear cargas de trabajo y residuos recolectados por ruta
3. Mantener el método de recolección de acera, utilizando vehículos compactadores de carga trasera

-
4. Establecer una frecuencia de recolección diaria en la zona centro de la ciudad y de 3 veces/semana en el resto de la ciudad
 5. Establecer dos turnos de 8 horas para la recolección de residuos, de lunes a sábado
 6. Proponer el programa de adquisición y reemplazo de equipos durante un horizonte de planeación de 20 años, de acuerdo con los requerimientos de la propuesta
 7. Implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para toda la infraestructura disponible.
 8. Elaborar un programa de supervisión que dará seguimiento a las rutas de recolección, con la finalidad de evaluar el desempeño del servicio
 9. Impartir cursos de capacitación al personal operativo en lo referente a:
 - Uso correcto de las unidades de recolección
 - Acciones de seguridad
 - Trato con el público usuario
 - Calidad del servicio

Metas en los plazos corto, mediano y largo

Corto plazo (2001-2003)

Este período se caracteriza por replantear la forma de operación actual, cuyo fin sea la utilización eficiente del equipo con que se cuenta y la adquisición del equipamiento para iniciar operaciones con 100% de cobertura, resultado de la rezonificación de rutas de recolección. Para lograr lo anterior, se llevarán a cabo las siguientes inversiones:

1. Adquisición de 11 vehículos recolectores
2. Rehabilitación de 3 unidades actuales

El servicio se prestará con las siguientes características:

1. Se mantendrán los dos turnos de operación; pero se propone que la duración de éstos sea de 8 horas cada uno, y se trabaje de lunes a sábado
2. Cada vehículo despachado realizará dos viajes en cada turno
3. Se atenderá a comercios y servicios establecidos ubicados en la zona centro, con un vehículo recolector adicional todos los días
4. Se mantendrá durante todo el período, un vehículo de recolección como reserva para atender demandas extraordinarias y/o la descompostura de algún otro vehículo

Mediano plazo (2004-2008)

Este período se caracteriza por mantener las operaciones del servicio al 100%. Adquirir el equipamiento necesario para mantener la cobertura del servicio y adicionar nuevas rutas como resultado del crecimiento de la mancha urbana, para lo anterior deberá realizarse un estudio para determinar cuál(es) serán las nuevas zonas que se integrarán al sistema y cuáles serán los recursos que se asignarán para satisfacer esa demanda. Se llevarán a cabo las siguientes inversiones:

1. Adquisición de 6 vehículos recolectores (4 al año 2005; 1 más al año siguiente y finalmente 1 en el año 2008)
2. Rehabilitación de 11 unidades en el año 2007
3. Dar de baja 3 unidades en el año 2005

El servicio se seguirá prestando con las mismas características que en el plazo anterior.

Largo plazo (2009-2021)

En este período se espera se realicen las mayores inversiones en la compra y rehabilitación de equipos, se requerirán además por lo menos 2 estudios para determinar nuevas zonas de recolección y sus recursos correspondientes. Para esto, se realizarán las siguientes inversiones:

1. Adquisición de 46 vehículos
2. Rehabilitación de 31 unidades (ver programa de sustitución y adquisición).
3. Dar de baja 34 unidades

El servicio se seguirá prestando con las mismas características que en el plazo anterior.

Método de recolección propuesto

➔ De acera

Al igual que en la opción anterior el método propuesto es el de acera, debido a los mismos factores.

La operación de las zonas donde se efectúa la recolección con otro método deberá ajustarse a lo propuesto. En el caso de los sitios donde se realiza la recolección por contenedores, éstos seguirán operando como lo hacen hasta ahora.

Procedimiento para realizar la recolección por el método de acera

Mediante este método los usuarios tienen la obligación de disponer todos sus residuos en recipientes que se colocarán sobre la banqueta, afuera de sus casas. El vehículo recorre las aceras de las calles a una muy baja velocidad, donde un ayudante va a pie por un costado del camión y recoge de las aceras los recipientes de los usuarios con los residuos en su interior, vacía dichos residuos en el vehículo recolector y devuelve el recipiente al sitio donde lo tomó para posteriormente ser retirado de la acera por sus propietarios.

En este tipo de método se recomienda construir soportes metálicos para los contenedores en la acera donde los usuarios dejan sus botes o bolsas, para que así no sean atacados por animales callejeros, como vehículo recomendado para este tipo de servicio, tenemos los vehículos compactadores de carga trasera.

Frecuencia propuesta

Se propone una frecuencia de recolección de 3 veces/semana, en 2 sectores de recolección y diaria en el sector centro de la ciudad. La forma en que se propone cubrir los sectores es como se presenta en la tabla siguiente.

Forma en que se prestará el servicio en cada uno de los sectores

Sector	Días de la semana en que se atenderán los sectores					
	L	M	M	J	V	S
Centro						
1						
2						

Diseño del sistema de recolección

El objetivo fundamental de la planeación de este sistema es prestar un servicio eficiente para recolección, transporte y disposición final de los residuos que se generan en la ciudad (domiciliarios y otras fuentes), tomando como base la información relativa a:

- Población actual (2000, INEGI)
- Generación *per capita* de residuos sólidos; estudio de generación
- Proyección de población (2000-2021)
- Proyección de generación de residuos sólidos (2000-2021)

Para el dimensionamiento del servicio de recolección se considera la adquisición únicamente de vehículos nuevos, no reconstruidos. Se procedió similarmente para el programa de adquisición y sustitución de equipo. Bajo esta premisa, es importante advertir que es condición *sine qua non* para garantizar que el diseño propuesto cumpla plenamente los objetivos y metas. A continuación se detallan los parámetros y variables que –como parte de la proposición para optimizar el sistema de limpieza- se tomaron en cuenta para el diseño de las macrorrutas de recolección.

Consideraciones para el macrorruteo

Para formular la propuesta de macrorruteo se tomó en cuenta lo siguiente:

1. La base fue la distribución de colonias atendidas, proporcionada por el Departamento de Limpieza.
2. Para el diseño se considera la generación correspondiente al promedio de los estratos, obtenido en el estudio de campo, excepto en el centro donde se utilizó la generación *per capita*, pues existe alta concentración de comercios y viviendas, respectivamente.
3. El dato de la densidad poblacional por kilómetro lineal de calle se calculó con base en la superficie de la ciudad y el número de habitantes estimado con la proyección de población.
4. El dato de personas por vivienda se tomó de lo publicado por el INEGI para San Luis Río Colorado: 4.2 habitantes
5. El dato de la capacidad promedio de los vehículos recolectores se estimó mediante información de los registros del estudio de taras y pesajes

A fin de complementar este macrorruteo y mejorar aún más el uso de los vehículos recolectores y el servicio, se tendrá que realizar un estudio de microrruteo, para precisar el itinerario de cada ruta.

Se ha dividido la ciudad en 4 sectores de recolección, que abarcan las 25 colonias de la ciudad. En cada uno de ellos se ha estimado la población por colonia y los residuos generados, como se muestra en la tabla siguiente.

Sectores de recolección propuestos (Opción 2)

Sector	Colonia	Habitantes estimados	Generación	
			kg/hab-d	t/d
Zona Centro	Zona Centro	1794	0.940	1.7
1	Cuauhtémoc	2371	0.760	1.8
	Comercial	6300	0.760	4.8
	Residencial	10602	0.760	8.1
	Burócratas	10837	0.760	8.2
	10 de Abril	7035	0.760	5.3
	La Mesa	3681	0.760	2.8
	Campamento	650	0.760	0.5
	Industrial	4907	0.760	3.7
	Ruiz Cortinez	5259	0.760	4.0
	Sonora	8501	0.760	6.5
	Jalisco	11613	0.760	8.8
	Campestre	11908	0.760	9.1
	Progreso	7847	0.760	6.0
2	Aviación	7294	0.760	5.5
	Aeropuerto	11046	0.760	8.4
	Del Bosque	6709	0.760	5.1
	Federal	9188	0.760	7.0
	Altar	9397	0.760	7.1
	México	6121	0.760	4.7
	Libertad	7380	0.760	5.6
	Mezquite	11637	0.760	8.8
	Reforma	7129	0.760	5.4
	Solidaridad	3912	0.760	3.0
	La Grullita	8617	0.760	6.5
Total		181 736		138.4

En el Plano "Estrategia de Recolección" se presenta la distribución de los sectores considerados en la tabla anterior. En promedio, se generan 68.4 toneladas diarias de residuos en los sectores de recolección que previamente se consideraron en la planeación del servicio. En este promedio no se ha considerado la zona centro, ya que en ésta, la frecuencia del servicio de recolección es diferente.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de las zonas de recolección, los habitantes por sector, residuos totales generados por sector y el número de vehículos requeridos por sector.

Sectores de recolección, habitantes atendidos, residuos generados y vehículos requeridos

Sector	Habitantes servidos	Residuos generados (t/día)	Vehículos requeridos
Centro	1 794	1.7	1
1	91 512	69.5	10
2	88 431	67.2	10
TOTAL	181 736	138.4	11

La tabla anterior considera únicamente los vehículos requeridos para recolectar los residuos sólidos domiciliarios. También es importante mencionar que para atender la zona centro, se ha considerado destinar un vehículo exclusivamente para atender esta zona. En la tabla siguiente se presentan los vehículos requeridos para recolectar los residuos sólidos domiciliarios y de otras fuentes, en el horizonte de planeación.

Vehículos requeridos en el horizonte de planeación

Año	Vehículos requeridos		
	Residuos domiciliarios	Residuos otras Fuentes	Total
2000	10	5	15
2001	11	5	16
2002	12	5	17
2003	13	5	18
2004	14	5	19
2005	15	5	20
2006	15	5	21
2007	16	5	22
2008	17	5	23
2009	18	5	24
2010	20	5	25
2011	21	5	26
2012	22	6	28
2013	23	6	28
2014	24	6	30
2015	25	6	30
2016	26	6	32

Año	Vehículos requeridos		
	Residuos domiciliarios	Residuos otras Fuentes	Total
2017	27	6	34
2018	29	6	34
2019	30	6	36
2020	31	6	38
2021	32	6	38
2022	34	6	40

Es importante mencionar que la tabla anterior considera la operación del sistema en un solo turno de operación, para atender la demanda en los sectores establecidos y en otras fuentes.

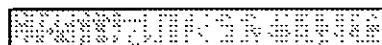
Para atender la demanda del servicio, considerando el número de vehículos que se requieren, los que actualmente presentan condiciones favorables para su rehabilitación y los que requieren adquirir, en la tabla siguiente se presenta el programa de sustitución y adquisición de vehículos que requiere la ciudad, en el horizonte de planeación.

Para lo anterior se ha considerado que de los vehículos con que cuenta actualmente el Departamento de Limpia de la ciudad de Sn. Luis Río Colorado –12 unidades-, únicamente se pueden rehabilitar 3, ya que las restantes –como se mencionó en el diagnóstico- han rebasado su vida útil.

**Requerimiento y reposición de equipo de recolección (Frecuencia 3 veces/semana)
Alternativa 1 (1 turno/día)**

Año cero

AÑOS	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
COBERTURA	100%																					
EQUIPO REQUERIDO	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	28	28	30	30	32	34	34	36	38	38	40
VIDA ÚTIL																						
Vehículos adquiridos	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3	3	1	3	3	14	5
1	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3	3	1	3	3	14	5
2	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3	3	1	3	3	14
3	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3	3	1	3	3
4	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3	3	1	3
5	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3	3	1
6	0	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3	3
7	3	0	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3
8	0	1	0	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5
9	0	0	1	0	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1
Equipos dados de baja	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3
Vehículos disponibles	3	16	17	18	16	21	22	23	24	25	13	26	28	28	26	30	32	34	34	36	25	36
Déficit (-) o superávit (+)	-12	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	-13	-2	0	-2	-4	-2	-2	0	-2	-2	-13	-4
Vehículos disponibles después de la compra	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	29	29	31	31	33	35	35	37	39	39	41
Regulares	13	17	18	19	21	22	10	23	24	25	22	28	28	30	30	32	21	32	36	36	34	38
Rehabilitados	3	0	0	0	0	0	13	1	1	1	5	1	1	1	1	1	14	3	1	3	5	3
Situación después de la compra déficit (-) o superávit (+, reserva)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Rehabilitación de vehículos

Como se mencionó al inicio de la estrategia, se diseñaron dos alternativas en la opción 1 para la prestación del servicio. En esta segunda alternativa se considera lo siguiente:

3. La prestación del servicio será en 2 turnos de recolección.
4. La frecuencia del servicio será de 3 veces por semana

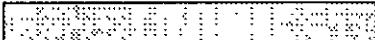
A continuación en la tabla siguiente se presentan los requerimientos de equipo para la alternativa 2 y en la siguiente el programa de sustitución y adquisición de vehículos.

Vehículos requeridos en el horizonte de planeación para la alternativa 2

Año	Vehículos requeridos		Total
	Residuos domiciliarios	Residuos otras fuentes	
2000	5	2	7
2001	6	2	8
2002	6	3	9
2003	6	3	9
2004	7	3	10
2005	7	3	10
2006	8	3	11
2007	8	3	11
2008	9	3	12
2009	9	3	12
2010	10	3	13
2011	10	3	13
2012	11	3	14
2013	11	3	14
2014	12	3	15
2015	12	3	15
2016	13	3	16
2017	14	3	17
2018	14	3	17
2019	15	3	18
2020	16	3	19
2021	16	3	19
2022	17	3	20

**Requerimiento y reposición de equipo de recolección (Frecuencia 3 veces / semana)
Alternativa 2 (2 turnos/día)**

		Año cero																					
ANOS	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
COBERTURA	100%																						
EQUIPO REQUERIDO	7	8	9	9	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20	
VIDA ÚTIL																							
Vehículos adquiridos	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	1	1	1	2	5	3	
1	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	1	1	1	2	5	3	
2	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	1	1	1	2	5	
3	0	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	1	1	1	2	
4	0	0	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	1	1	1	
5	0	0	0	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	1	1	
6	0	0	0	0	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	1	
7	3	0	0	0	0	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Equipos dados de baja	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	
Vehículos disponibles	3	8	9	10	7	11	12	12	13	13	9	13	14	15	12	15	17	17	18	18	15	18	
Déficit (-) o superávit (+)	-4	0	0	1	-3	0	1	0	1	0	-4	-1	0	0	-3	-1	0	0	0	-1	-4	-2	
Vehículos disponibles después de la compra	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	18	19	20	20	21	
Regulares	5	9	10	10	11	12	7	12	12	14	10	14	15	15	16	16	13	16	18	19	16	19	
Rehabilitados	3	0	0	0	0	0	5	1	1	0	4	1	0	1	0	1	5	2	1	1	4	2	
Situación después de la compra déficit (-) o superávit (+, reserva)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

 Rehabilitación de vehículos

La tabla siguiente se presenta un resumen comparativo de las características de las alternativas planteadas en el Plan de Acción Opción 1, para el año de implementación (2001).

Características de las alternativas del Plan de Acción Opción 2 (2001)

Alternativa	Cobertura	Turnos de operación	Vehículos requeridos	Vehículos por adquirir	Vehículos rehabilitados
1	100%	1	15	13	3
2	100%	2	7	5	3

Selección de equipo

Para la operación del servicio, se ha considerado la adquisición de vehículos nuevos cuya característica principal sea la capacidad de carga. En este sentido se recomiendan los de 6 toneladas de carga por viaje. Lo anterior favorecerá la operación, ya que la capacidad de carga en el diseño del servicio, considera 5 toneladas por viaje. Esta diferencia puede utilizarse para atender demandas extraordinarias y/o incrementos no previstos en la generación.

Lavado de contenedores

De acuerdo con la información proporcionada por el Departamento de Limpia, se cuenta con 33 contenedores distribuidos principalmente en centros comerciales, comercios, escuelas, clínicas y oficinas de gobierno.

En el diseño del sistema de recolección, se ha considerado que estos contenedores se sigan atendiendo como hasta ahora se ha realizado; sin embargo, se requerirá que éstos sean lavados periódicamente para mantenerlos en buenas condiciones.

La operación para el servicio de lavado deberá seguir el siguiente procedimiento:

1. Cuando el vehículo recolector acuda a recolectar los residuos del contenedor, el vehículo lavacontenedores asistirá junto con el mismo.
2. Una vez que los operarios del recolector hayan terminado de descargar el contenido, el operario del vehículo lavacontenedor, procederá a limpiar el interior del contenedor de residuos que hayan quedado en su interior.
3. Terminada esta operación, lavará el interior del mismo procurando en todo momento, no causar molestias a los transeúntes y/o residentes del lugar.

4. Desalojará el agua del interior y la conducirá hacia el drenaje más próximo, y bajo ningún pretexto, dejará de realizar esta actividad.
5. Una vez concluido el lavado, retirará los implementos que utilizó y dejará el contenedor listo para que puedan depositarse los residuos.
6. Adicionalmente el operario del lavacontenedores deberá llenar un reporte donde anotará lo siguiente:
7. El servicio realizado
8. La ubicación del contenedor
9. La hora del servicio
10. Las condiciones físicas del contenedor
11. Las reparaciones que a su juicio podría requerir el contenedor
12. Una vez concluido el reporte, se trasladará al siguiente contenedor, para repetir el mismo procedimiento

Esta operación requerirá que tanto el servicio de recolección, como el de lavado de contenedores conozcan la ubicación exacta de cada uno de los contenedores, la frecuencia con que son atendidos y la ruta exacta que sigue el servicio de recolección para atenderlos.

7. Selección de la alternativa más viable

A continuación en la tabla siguiente se presenta un resumen de las 4 alternativas planteadas en los 2 Planes de Acción.

Características de las alternativas planteadas

Alternativa	Cobertura	Turnos de operación	Vehículos requeridos	Vehículos por adquirir	Vehículos rehabilitados
Plan de Acción Opción 1					
1	100%	1	11	9	3
2	100%	2	5	2	3
Plan de Acción Opción 2					
3	100%	1	15	13	3
4	100%	2	7	4	3

La comparación de las alternativas de la tabla anterior, arroja las siguientes observaciones:

1. Considerando la variable cobertura; todas ofrecen el mismo nivel. Lo anterior implica que si únicamente consideramos esta variable, como decisiva para la selección; podríamos elegir cualquiera.

2. Si consideramos el número de vehículos que se requieren para satisfacer la demanda; las alternativas 2 y 4 resultan ser las más favorables, ya que en éstas se requiere aproximadamente la mitad de los vehículos requeridos en las otras.
3. Con respecto al número de vehículos por adquirir; la alternativa 2 es la más favorable, seguida de la 4. Es importante mencionar que este factor determina las inversiones requeridas en el primer año, para implementar la alternativa seleccionada.
4. Si tomáramos como único criterio la inversión que se requiere para la rehabilitación de los vehículos; podríamos elegir cualquiera de las alternativas.

Para la selección de la alternativa se considerarán las siguientes condiciones de aplicación y factores de calificación, presentados en la tabla siguiente.

Factores de calificación para la selección de la alternativa

Condición	Factor de calificación
No recomendable	3
Poco recomendable	2
Recomendable	1

Los criterios que se tomarán en cuenta para la aplicar los factores de calificación y asignar las condiciones de aplicación de las alternativas, serán las siguientes combinaciones:

Combinación	Justificación/Calificación
Cobertura/Vehículos adquirir (C/VPA)	por Esta combinación considera la calidad del servicio deseado (cobertura) y las inversiones requeridas en el primer año. El factor de calificación 3 se asignará a la alternativa que presente la menor cobertura y/o el mayor costo de inversión inicial (mayor número de vehículos por adquirir). Por el contrario, el factor de calificación 1 se asignará a la alternativa con mayor cobertura y/o menor costo de inversión (menor número de vehículos por adquirir).
Cobertura/Vehículos rehabilitar (C/VPR)	por Esta combinación considera la calidad del servicio deseado y la capacidad instalada, tomando en cuenta la antigüedad del parque vehicular. El factor de calificación 3 se asignará a aquella alternativa que proporcione la menor cobertura y requiera el mayor número de vehículos por rehabilitar. En el caso contrario, el factor de calificación será de 1.

Tomando en cuenta los criterios anteriores, su ponderación (calificación) y las observaciones de los 4 puntos descritos anteriormente, la calificación de las alternativas se presenta a continuación, en la tabla siguiente.

Calificación de alternativas

Alternativa	Calificación		
	(c/vpa)	(c/vpr)	Total
1	2	2	4
2	1	1	2
3	3	3	6
4	2	2	4

De lo anterior, resulta que la alternativa que obtiene el menor puntaje es la 2, ya que ofrecen la mayor cobertura y menores costos. Esta alternativa es la que se valorará financieramente. Esta presenta las siguientes características:

1. Frecuencia de recolección de 2 veces/semana
2. Dos turnos de operación

Sin embargo, esta tiene una gran desventaja: se requiere menos personal para operar el servicio, y si consideramos que el sindicato podría ejercer demasiada presión por la reducción de personal, podría resultar al final la más costosa por los riesgos que desde el punto de vista laboral y político representarían para la administración municipal.

Otros aspectos que hay que considerar en la evaluación, es la vida útil de los equipos que como se mencionó al principio de la estrategia es de 7 años; sin embargo, la operación en 2 turnos reduciría ésta a la mitad aproximadamente y el costo del mantenimiento aumentaría para conservar las unidades en buen estado.



DISEÑO OPERACIONAL

Ing. Ricardo García Sánchez

DIAGNÓSTICO

PARÁMETROS
DE DISEÑO

IMPLEMENTACIÓN

DISEÑO
OPERACIONAL

PLANTEAMIENTO
Y DISEÑO DE
ALTERNATIVAS

EVALUACIÓN
Y
SELECCIÓN

REQUERIMIENTOS

DIAGNÓSTICO

IDENTIFICAR CUANTITATIVAMENTE Y CUALITATIVAMENTE LOS RECURSOS MATERIALES, HUMANOS Y FINANCIEROS DEL SISTEMA Y LAS CONDICIONES DEL ENTORNO

➤ AREA DE ESTUDIO

- UBICACIÓN
- ENTORNO FÍSICO
- CLIMA
- USOS DE SUELO
- DENSIDAD DE POBLACIÓN

➤ CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS

- POBLACIÓN
- NIVEL DE INGRESOS
- SERVICIOS
- ACTIVIDADES ECONÓMICAS

⇒ RESIDUOS SÓLIDOS

- GENERACIÓN DOMICILIARIA
 - POR ESTRATO
- GENERACIÓN OTRAS FUENTES
 - POR TIPO DE FUENTE
- GENERACIÓN per capita
- GENERACIÓN TOTAL
- PESO VOLUMÉTRICO
- COMPOSICIÓN
 - PESO
 - PORCENTAJE
- TIEMPOS Y MOVIMIENTOS
 - TIEMPOS POR PROCESO
 - TIEMPO EFECTIVO
- TARAS Y PESAJES
 - RESIDUOS RECOLECTADOS
 - EFICIENCIA DE EQUIPOS Y PERSONAL

⇒ MARCO JURÍDICO

- FEDERAL
- ESTATAL
- MUNICIPAL

⇒ DEPARTAMENTO DE LIMPIA

- PERSONAL
- EQUIPO
- COBERTURA
- FRECUENCIA
- MÉTODOS
- TURNOS DE OPERACIÓN
- COSTO

PARÁMETROS DE DISEÑO

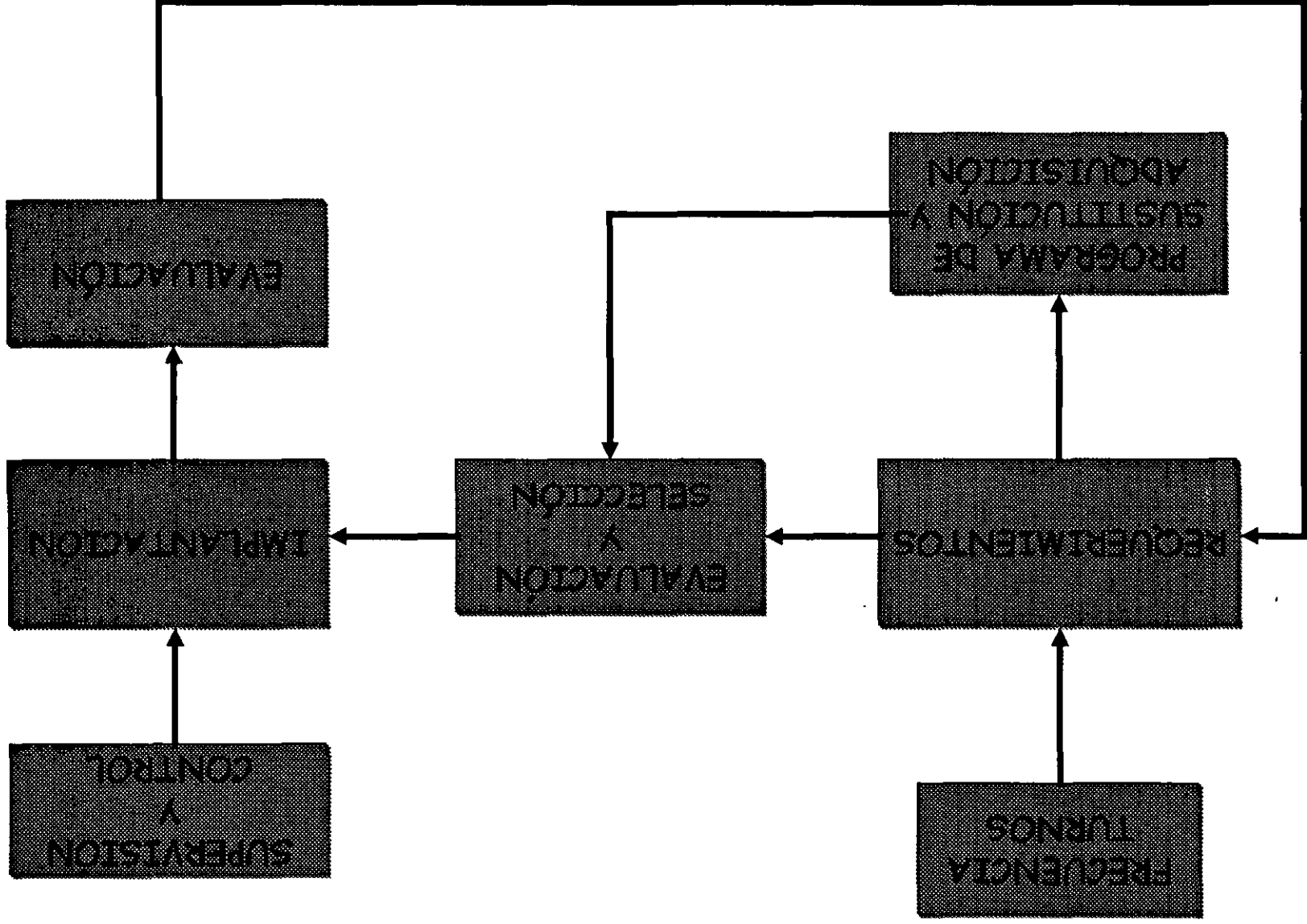
INDICADORES DE DESEMPEÑO:

EL SERVICIO DEBE EVALUARSE POR MEDIO DE INDICADORES QUE AL COMPARARLOS CON LOS VALORES PROMEDIO DE LA ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS), PERMITEN CALIFICAR EL DESEMPEÑO DE MAQUINARIA, EQUIPO Y PERSONAL

- GENERALES
- DE COBERTURA
- DE EFICIENCIA
- DE CALIDAD
- DE COSTO
- DE ACTITUD DE LOS EMPLEADOS

- ☑ OBJETIVOS
- ☑ METAS
- ☑ ESTABLECER MÉTODO DE RECOLECCIÓN
- ☑ SELECCIONAR FRECUENCIA
- ☑ ESTABLECER TURNOS DE OPERACIÓN
- ☑ DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN
 - ☑ CONSIDERACIONES PARA MACRORUTEO
- ☑ SELECCIÓN DE EQUIPO





DE PARADA FIJA

ES EL MÉTODO TRADICIONAL EN EL QUE SE PREDEFINEN SITIOS DONDE SE PARARÁ EL VEHÍCULO A EN UN DÍA Y HORA DETERMINADA. EL SERVICIO SE ANUNCIA POR MEDIO DE UN TOQUE DE CAMPANA.

EL VEHÍCULO RECOMENDADO PARA ESTE TIPO DE SERVICIO ES EL COMPACTADOR DE CARGA TRASERA Y/O CARGA LATERAL.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• MENORES COSTOS DE OPERACIÓN QUE OTROS MÉTODOS • MENORES TIEMPOS EN RECOLECCIÓN • PARTICIPACIÓN ACTIVA DEL USUARIO	• MOLESTIAS A LOS USUARIOS

DE ACERA

EL VEHÍCULO RECORRE LAS ACERAS DE LAS CALLES A BAJA VELOCIDAD. UN AYUDANTE VA A PIE POR UN COSTADO DEL VEHÍCULO Y RECOGE DE LAS ACERAS LOS RECIPIENTES DE LOS USUARIOS, LOS VACÍA Y LOS REGRESA DE DONDE LOS TOMÓ.

EL VEHÍCULO RECOMENDADO PARA ESTE TIPO DE SERVICIO ES EL COMPACTADOR DE CARGA TRASERA.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
◻ MEJOR CALIDAD QUE EL DE PARADA FIJA ◻ ES MAS HIGIENICO PARA EL USUARIO ◻ NO REQUIERE DEMASIADA PARTICIPACION DEL USUARIO	◻ MAYORES COSTOS DE OPERACION ◻ MENOR COBERTURA ◻ MOLESTIAS A LOS USUARIOS

INTRADOMICILIARIO

LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES O LOS AYUDANTES SE INTRODUCEN EN EL DOMICILIO PARA RETIRAR LOS RESIDUOS. ES MUY PRACTICO EN ESCUELAS, EDIFICIOS DE OFICINAS, ETC..

EL VEHÍCULO RECOMENDADO PARA ESTE TIPO DE SERVICIO ES EL COMPACTADOR DE CARGA TRASERA, CON O SIN MECANISMO ELEVACION DE CONTENEDORES.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
DES EL SERVICIO CON MAYOR CALIDAD Y EFICIENCIA NO REQUIERE PARTICIPACIÓN DE LA CIUDADANÍA	DES EL SERVICIO MÁS CARO MENOR COBERTURA POCA PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS

POR CONTENEDORES

LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES RETIRAN LOS RESIDUOS QUE PREVIAMENTE FUERON DEPOSITADOS POR LOS USUARIOS EN LOS CONTENEDORES. ES USADO EN ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO, REQUIERE ALTA PARTICIPACIÓN CIUDADANA

EL VEHÍCULO RECOMENDADO PARA ESTE TIPO DE SERVICIO ES EL RECOLECTOR DE CARGA FRONTAL.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
◊ ES EL MÉTODO CON MENORES COSTOS DE OPERACIÓN ◊ CONVENIENTE PARA ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO Y/O ALTA GENERACIÓN ◊ TIEMPOS DE RECORRIDO MENORES	◊ SI NO OPERA ADECUADAMENTE, PUEDE ORIGINAR FOCOS DE CONTAMINACIÓN ◊ REQUIERE EQUIPO ESPECIALIZADO ◊ NULA PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS

EQUIPO

- POBLACIÓN
- RESIDUOS
- FRECUENCIA
- TURNOS DE OPERACIÓN
- CAPACIDAD DE LOS VEHÍCULOS
- CONDICIONES GENERALES

PERSONAL

- TAMAÑO DE LA CUADRILLA
- NÚMERO DE UNIDADES
- TURNOS DE OPERACIÓN



REQUERIMIENTOS

NECESIDADES DE EQUIPAMIENTO

$$N = \frac{R \times f}{C \times nv \times T}$$

R = RESIDUOS POR RECOLECTAR, EN TON/DÍA

f = FACTOR QUE DEPENDE DE LA FRECUENCIA SELECCIONADA

C = CAPACIDAD DE LOS VEHÍCULOS, EN TON/VIAJE

nv = NÚMERO DE VIAJES POR TURNO QUE REALIZAN LOS VEHÍCULOS, EN VIAJES/TURNO

T = TURNOS DE OPERACIÓN, EN TURNOS/DÍA

PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN Y ADQUISICIÓN

- REQUERIMIENTOS ESTIMADOS
- EQUIPO DISPONIBLE
- CONDICIONES
- PRESUPUESTO
- RESERVA

ECONÓMICOS

OPERATIVOS

DE EFICIENCIA

LABORALES

PARTICIPACIÓN CIUDADANA



RELACIÓN DE PONENTES

Nombre	Empresa	Teléfono
M.C. Doraida Socorro Rodríguez Sordía	Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería, S.A.	55-68-86-11 Oficina 56-72-69-46 Casa
Ing. Héctor Hernández Hernández	Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería, S.A.	55-68-86-12 Oficina 57-68-44-45 Casa hhector1908@yahoo.com
Ing. Ricardo García Sánchez	Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería, S.A.	55-68-86-13 Oficina 52-50-33-98 Casa rgarcia5@starmedia.com rigarcia@litio.pquim.unam.mx

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM**

**DIPLOMADO EN SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS
MÓDULO II “BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES”**

RELACIÓN DE ASISTENTES

Nombre	Cargo	Empresa	Teléfono
José Luis Rocha	Subdirector.	Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU)	57-96-18-27 Oficina
Guillermo Romo Boyselle		Dirección General de Obras y C. UNAM	56-22-89-35 Oficina
Luis Angel Olivera Castelo	Jefe de Relleno Sanitario	SETASA, Nvo. Laredo, Tamp.	(89) 12-70-80 (89) 12 76 46 Oficina
Juan Manuel Ayala Jasso	Jefe Depto. comercial	SETASA, Guadalupe, N.L.	01 (836) 4-38-98 ayala_jm@hotmail.com
Roberto Rocha Miller	Subdirector de Operación y Transferencia	DGSU	56-31-22-30 Casa 55-15-02-19 Oficina
Luciano Sánchez Aparicio	Director de Saneamiento Básico	H. Ayuntamiento de Acapulco, Gro.	0174412229 0174418956 Oficina
F. Ramón Ruiz Guerra	Gerente Operativo	Limpia Pública. Córdoba, Veracruz	0127142065 Casa 0127144110 Oficina
Ismael Rivera Hernández	Jefe de Sección	DGSU	56-30-38-61 Casa 56-50-64-40 Ext. 108 Oficina
Javier Licea Noguez	Subdirector de Operación y Disposición Final	DGSU	59-48-23-54 Nextel 55-15-25-46 Oficina
Patricia Chávez Gudiño		DGSU	56-50-64-40 56-54-03-30 Ext. 122 Oficina
Ma. Del Carmen Quevedo Galindo	Coordinadora de difusión	DGSU	56-50-64-40 56-54-03-30 Ext. 122 Oficina
Mauro López Ortega		DGSU	56-50-64-40 malol2@tutopia.com
Orlando Hernández y César	Encargado de Barredoras	DGSU	57-96-27-11 Ext. 110 Decorado 292, Col. 20 de Nov. 57-95-63-83

RELACIÓN DE PONENTES

Nombre	Empresa	Teléfono
M.C. Doraida Socorro Rodríguez Sordía	Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería, S.A.	55-68-86-11 Oficina 56-72-69-46 Casa
Ing. Héctor Hernández Hernández	Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería, S.A.	55-68-86-12 Oficina 57-68-44-45 Casa hhector1908@yahoo.com
Ing. Ricardo García Sánchez	Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería, S.A.	55-68-86-13 Oficina 52-50-33-98 Casa rgarcia5@starmedia.com rigarcia@litio.pquim.unam.mx



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN VALUACIÓN INMOBILIARIA Y
DE NEGOCIOS**

MODULO II: VALUACIÓN DE INMUEBLES URBANOS

TEMA

ANEXO

**EXPOSITOR: M. EN I. ENRIQUE A. HERNANDEZ RUIZ
PALACIO DE MINERIA
MAYO DEL 2001**

EL POR QUÉ DE LA VALUACIÓN

Supóngase que se desea analizar una compañía dedicada a la explotación de un hotel, la cual se constituyó legalmente en el mes de enero de 1939 con un capital social de \$25,000.00, mismo que fue aportado en su momento por cinco socios en proporciones iguales (socios A, B, C, D, E), es decir, cada uno cuenta con el 20% del total de las acciones emitidas. Con las aportaciones iniciales se adquirió el inmueble donde actualmente opera el hotel con un costo de \$25,000.00¹, desde entonces y hasta el 31 de Diciembre de 1992 obtuvo utilidades por \$200'000,000.00² y del 1º de enero de 1993 al 31 de diciembre de 1995 obtuvo ganancias por N\$150,000.00³. En el mes de septiembre de 1996, se decide aumentar por primera vez el capital social en \$5'000,000.00 mediante aportaciones de los socios B, D y E equivalentes a un 20% cada uno y el resto (40%) con aportación del socio C, esto es, el socio A no aportará su parte correspondiente y ésta será pagada por el socio C. Se desea saber las nuevas proporciones del capital contable que corresponden a cada socio.

El socio A, de manera preventiva ha solicitado, a un valuador independiente, un dictamen respecto del valor que el inmueble posee a la fecha en que se pretende realizar el aumento del capital contable. El valuador dictaminó que el terreno y las construcciones valen \$80'000,000.00 en su estado actual.

Obsérvese el Balance General y el valor contable de las acciones del negocio que son presentados en las siguientes tablas.

¹ Unidades monetarias del mes de enero de 1939.

² Unidades monetarias registradas en los libros contables del negocio año con año.

³ Unidades monetarias registradas en libros, considerando una transformación monetaria oficial.

EMPRESA HOTELERA, S.A. DE C.V.

BALANCE GENERAL

CONCEPTO	HISTORICO SIN AUMENTO DE CAPITAL		ACTUALIZADO SIN AUMENTO DE CAPITAL		HISTORICO CON AUMENTO DE CAPITAL		ACTUALIZADO CON AUMENTO DE CAPITAL	
	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%
ACTIVO								
ACTIVO CIRCULANTE								
Caja	10,000.00	2.30	10,000.00	0.01	10,000.00	0.18	10,000.00	0.01
Bancos	40,000.00	9.19	40,000.00	0.05	5,040,000.00	92.73	5,040,000.00	5.90
Cuentas por cobrar	230,000.00	52.87	230,000.00	0.29	230,000.00	4.23	230,000.00	0.27
Otros	155,009.00	35.63	155,009.00	0.19	155,009.00	2.85	155,009.00	0.18
Suma el activo circulante	435,009.00	100.00	435,009.00	0.54	5,435,009.00	100.00	5,435,009.00	6.36
ACTIVO FIJO								
Terreno	5.00	0.00	44,000,000.00	54.70	5.00	0.00	44,000,000.00	51.50
Construcción	20.00	0.00	64,000,000.00	79.57	20.00	0.00	64,000,000.00	74.91
Depreciación acumulada	(9.00)	(0.00)	(28,000,000.00)	(34.81)	(9.00)	(0.00)	(28,000,000.00)	(32.77)
Suma el activo fijo	16.00	0.00	80,000,000.00	99.46	16.00	0.00	80,000,000.00	93.64
TOTAL DE ACTIVO	435,025.00	100.00	80,435,009.00	100.00	5,435,025.00	100.00	85,435,009.00	100.00
PASIVO								
Cuentas por pagar	100,000.00	22.99	100,000.00	0.12	100,000.00	1.84	100,000.00	0.12
Otros	35,000.00	8.05	35,000.00	0.04	35,000.00	0.64	35,000.00	0.04
Suma el pasivo	135,000.00	31.03	135,000.00	0.17	135,000.00	2.48	135,000.00	0.16
CAPITAL CONTABLE								
Capital social	25.00	0.01	25.00	0.00	5,000,025.00	92.00	5,000,025.00	5.85
Resultados acumulados	300,000.00	68.96	300,000.00	0.37	300,000.00	5.52	300,000.00	0.35
Actualización del capital	-	-	79,999,984.00	99.46	-	-	79,999,984.00	93.64
Suma el capital	300,025.00	68.97	80,300,009.00	99.83	5,300,025.00	97.52	85,300,009.00	99.84
TOTAL PASIVO Y CAPITAL	435,025.00	100.00	80,435,009.00	100.00	5,435,025.00	100.00	85,435,009.00	100.00

Balance general de la empresa hotelera

EMPRESA HOTELERA, S.A. DE C.V.

Valor contable de las acciones

CONCEPTO	HISTORICO SIN AUMENTO	ACTUALIZADO SIN AUMENTO DE	HISTORICO CON AUMENTO	ACTUALIZADO CON AUMENTO DE
----------	--------------------------	-------------------------------	--------------------------	-------------------------------

	DE CAPITAL		CAPITAL		DE CAPITAL		CAPITAL	
	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%
Socio A	60,005.00	20.00	16,060,001.80	20.00	60,005.00	1.13	16,060,001.80	18.83
Socio B	60,005.00	20.00	16,060,001.80	20.00	1,060,005.00	20.00	17,060,001.80	20.00
Socio C	60,005.00	20.00	16,060,001.80	20.00	2,060,005.00	38.87	18,060,001.80	21.17
Socio D	60,005.00	20.00	16,060,001.80	20.00	1,060,005.00	20.00	17,060,001.80	20.00
Socio E	60,005.00	20.00	16,060,001.80	20.00	1,060,005.00	20.00	17,060,001.80	20.00
Suma el capital contable	300,025.00	100.00	80,300,009.00	100.00	5,300,025.00	100.00	85,300,009.00	100.00

Valor de las acciones de la empresa hotelera

Nótese que omitir la actualización del valor del activo fijo y calcular sin ello el valor de las acciones de la empresa perjudicaría radicalmente al socio A y convertiría al C en mayoritario, acto que sería ilegal e ilegítimo, ya que todos los socios tienen el derecho, en la medida que sus acciones se los aporte, de disfrutar de los productos y beneficios que sus activos generen. En realidad, si el primero no realiza la aportación que le corresponde para el aumento de capital social, no sufrirá una pérdida fuerte en cuanto a sus derechos sobre la empresa como puede observarse, mientras que bajo la perspectiva del socio C, haber aportado el doble de los demás, no le representaría ventaja sustantiva alguna, aunque su apreciación "a priori" le pudo dictar que podría ser el socio mayoritario de la empresa.

Con este breve ejemplo se evidencia la importancia de actualizar los valores que poseen los activos fijos y, consecuentemente, también la que tiene el proceso valuatorio mismo. Para un tomador de decisiones es sustancial contar con información contable y financiera fidedigna, de hecho, es una de sus mayores preocupaciones. En ese sentido, cabe hacer resaltar que la afirmación "el valor en libros de una compañía es siempre menor que su valor en el mercado" resulta ser falsa, al menos cuando hablamos de compañías que razones específicas efectúan periódicamente la "reexpresión de sus estados financieros", en virtud que para ello deben presentar sus registros contables y estados financieros debidamente "auditados" y avalados por profesionales en el ramo.

Abundando más respecto de lo anterior, cabría la posibilidad, inclusive, de que el valor en libros de un bien específico fuera superior al valor de mercado; esto ocurriría si en fecha inmediata posterior a la reexpresión de sus estados financieros se presentara un quebranto, crisis o recesión temporal en el mercado de bienes y/o servicios similares o sustitutos de aquel que nos referimos.

El objeto de actualizar los registros relativos a los valores de los bienes de una empresa no es otro más que la coexistencia entre la dinámica de los valores en el mercado y los registros contables de la misma para poder reflejar, en el instante en que sea necesario tomar una decisión, la situación real en cuanto al posible potencial que puede tener la compañía para con sus accionistas, acreedores y directivos.

Sin embargo, éste no es el único propósito por el cual se efectúan valuaciones de bienes, también se realizan, entre otras razones, para pagar algún gravamen impuesto cuando la cuantía de éste se determina con base en su valor actualizado (ordenado por alguna norma jurídica), para determinar la cantidad presente sobre la cuál pueden ser garantía en caso de préstamo, para determinar la cantidad monetaria que se debe intercambiar para su enajenación, o bien, para simplemente conocer, por curiosidad, el valor que en el presente

tiene; en pocas palabras, se efectúan valuaciones de bienes y/o servicios para tomar decisiones sobre de ellos.

NORMAS JURÍDICAS RESPECTO DE LOS BIENES MUEBLES E INMUEBLES

Los lineamientos generales para el ejercicio de la valuación de bienes por parte del sistema bancario mexicano de bienes fueron regulados en su momento por circulares tales como 1118 y 1118-bis en el caso de mobiliario y equipo, y por las circulares 1201 y 1202 en el caso de bienes inmuebles. Estas cuatro circulares fueron emitidas por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público el Poder Ejecutivo Federal, aunque sustituidas actualmente por la circular 1462, que se integra con un cuerpo textual y cuatro apartados: el primero es relativo a las prácticas y procedimientos, el segundo sobre la valuación de bienes inmuebles, el tercero versa sobre valuaciones de maquinaria y equipo y, finalmente, el cuarto establece las normas para el caso de valuaciones agropecuarias.

Sin embargo, el Código Civil para el Distrito Federal en materia común, y para toda la República en materia federal, establece la clasificación legal de los bienes en los artículos 750 al 763 de su Título Segundo del Libro Segundo. Dentro de dicha clasificación se establece la descripción de aquellos bienes que son considerados inmuebles y de aquellos que son muebles.

Según el Código Civil, son bienes inmuebles:

1. El suelo y las construcciones adheridas a él;
2. Las plantas y árboles, mientras estuvieren unidos a la tierra, y los frutos pendientes de los mismos árboles y plantas, mientras no sean separados de ellos por cosechas o cortes regulares;
3. Todo lo que esté unido a un inmueble de manera fija, de modo que no pueda separarse sin deterioro del mismo inmueble o del objeto a él adherido;
4. Las estatuas, relieves, pinturas u otros objetos de ornamentación, colocados en edificios o heredades por el dueño del inmueble, en tal forma que revele el propósito de unirlos de un modo permanente al fundo;
5. Los palomares, colmenas, estanques de peces o criaderos análogos, cuando el propietario los conserve con el propósito de mantenerlos unidos a la finca y formando parte de ella de un modo permanente;
6. Las máquinas, vasos, instrumentos o utensilios destinados por el propietario de la finca, directa o exclusivamente, a la industria o explotación de la misma;
7. Los abonos destinados al cultivo de una heredad, que estén en las tierras donde hayan de utilizarse, y las semillas necesarias para el cultivo de la finca;

8. Los aparatos eléctricos y accesorios adheridos al suelo o a los edificios por el dueño de éstos, salvo convenio en contrario;
9. Los manantiales, estanques, aljibes y corrientes de agua, así como los acueductos y las cañerías de cualquiera especie que sirvan para conducir los líquidos o gases a una finca o para extraerlos de ella;
10. Los animales que formen el pie de cría en los predios rústicos destinados total o parcialmente al ramo de ganadería, así como las bestias de trabajo indispensables para el cultivo de la finca, mientras están destinadas a ese objeto;
11. Los diques y construcciones que, aún cuando sean flotantes, estén destinados por su objeto y condiciones a permanecer en un punto fijo de un río, lago o costa;
12. Los derechos reales sobre inmuebles;
13. Las líneas telefónicas y telegráficas, y también las estaciones radiotelegráficas fijas.

Los bienes muebles, por su lado, son los cuerpos que pueden trasladarse de un lugar a otro, ya sea que se muevan por sí mismos o por efecto de una fuerza exterior. Estos bienes son muebles como tales por:

- a) su naturaleza; o
- b) por disposición de la ley.

Son bienes muebles por determinación de la ley, las obligaciones y los derechos o acciones que tienen por objeto cosas muebles o cantidades exigibles en virtud de acción personal. Ende, serán muebles las acciones que cada socio tiene en las asociaciones o sociedades, aún cuando a éstas pertenezcan algunos bienes inmuebles.

En general, son bienes muebles por su naturaleza todos los demás no considerados por la ley como inmuebles, como son por ejemplo, las embarcaciones de todo género, los materiales procedentes de la demolición de un edificio y los que se hubieren acopiado para repararlo o para construir uno nuevo, los derechos de autor, las colecciones científicas y artísticas, el acervo informativo y bibliográfico junto con sus estantes, las medallas, las armas, los instrumentos de artes y oficios, las joyas, los granos, mercancías y demás cosas similares.

Cabe aclarar que los bienes muebles por su naturaleza, que se hayan considerado como inmuebles, recobrarán su calidad de muebles cuando el mismo dueño los separe del inmueble, salvo el caso de que en el valor de éste se haya computado el de aquellos, para constituir algún derecho real a favor de un tercero.

Así mismo, la ley establece que para efectos comerciales y/o legales, los bienes muebles e inmuebles podrán ser sujetos de la práctica de una valuación. Una valuación es un dictamen que se practica con base en criterios técnicos y requerimientos generales que determinan el

valor de un bien, el cual será estimado bajo el supuesto de que el mismo se encuentra en caso de venta, coincidentemente con el principio contable de "negocio en marcha".

Las valuaciones tendrán como objetivo establecer una cuantía de valor para la cosa valuada. Esto con fines tales como los siguientes:

- a) Conocer el valor comercial para fines particulares.
- b) Adquisiciones o enajenaciones: compraventa, donación, sucesión, prescripción positiva, cesión de derechos, permuta, dación en pago, traslado de dominio, etc.
- c) Seguros y fianzas.
- d) Créditos hipotecarios.
- e) Créditos con garantía de bienes muebles.
- f) Valuación de activos fijos para los efectos de reexpresión de estados financieros.
- g) Indemnizaciones por expropiación.
- h) Afectaciones por causas de utilidad pública.
- i) Justipreciación de los productos que la Federación deba cobrar cuando concesione inmuebles federales.
- j) Embargos y remates.
- k) Liquidación de sociedades, aumentos de capital, escisiones y fusiones.
- l) Controversias de orden judicial en materia penal, civil o mercantil.
- m) Estudios técnicos para determinar el monto de obras de urbanización y pago de derechos de regularización de obra.
- n) Justipreciación de arrendamiento.

Las valuaciones siempre serán referidas a una fecha de referencia, entendiendo por este concepto, la fecha en la cual se relacionan los bienes a valorar y se determinan sus valores. Para efectos de evitar la extemporaneidad o congestión en virtud que la elaboración de una valuación de activo fijo implica en ocasiones mucho tiempo, la fecha de referencia puede no coincidir con la del cierre del ejercicio social, pero en ningún caso excederá de 6 meses previos a la de dicho cierre. Los valores a la fecha de referencia tendrán vigencia a la fecha de cierre del ejercicio social, siempre y cuando no ocurran eventos que modifiquen sustancialmente el valor de los activos valuados.

En los ejercicios contables siguientes a la actualización mediante valuación emitida por perito independiente en la materia, se podrán ajustar las cifras derivadas de esa valuación utilizando índices específicos de precios e los activos fijos de que se trate, los cuales podrán

ser proporcionados por los propios valuadores. Cuando sea evidente que las cifras tienden a apartarse de los valores de mercado, es necesario que se practique una nueva valuación.

Excepcionalmente, las empresas podrán determinar, por sí mismas, el valor neto de reposición de sus activos fijos, cuando dispongan de elementos objetivos y verificables para ello.

De conformidad con la Ley General de Sociedades Mercantiles en vigor, las empresas pueden capitalizar utilidades retenidas o reservas de valuación o de revaluación bajo los siguientes requisitos:

- Deberán haber sido previamente reconocidas en estados financieros, debidamente aprobados por la asamblea de accionistas.
- Tratándose de reservas de valuación o de revaluación, deberán estar apoyadas en valuaciones efectuadas por valuadores independientes certificados, por valuadores autorizados por instituciones de crédito, por Corredores Públicos titulados o por la autoridad competente.

Como es sabido, a raíz de las altas tasas de inflación que se presentaron en nuestro país entre los años de 1983 y 1988, las autoridades fiscales adoptaron la idea de reconocer los efectos que provoca para determinar el monto del impuesto a ser devengado por las empresas, por lo que utilizando el Índice Nacional de Precios al Consumidor se actualizan algunos valores fiscales, pero en general, la base para la actualización de la partida del activo fijo es la valuación emitida por perito en la materia.

Para determinar la base del impuesto sobre la renta, podemos deducir de los ingresos, los costos y gastos inherentes a la operación de las empresas. Las inversiones en activos fijos, se deducen mediante la aplicación de los porcentajes señalados para tal efecto, los cuales se aplican sobre el valor actualizado de los activos fijos, hasta que se acumule el 100% de depreciación.

Cuando se enajenan los activos fijos, se compara el precio de venta contra el valor fiscal del bien (costo de adquisición menos depreciación, debidamente actualizado), para determinar la utilidad gravable o pérdida en la venta. En el caso de los bienes inmuebles que estén integrados al activo fijo, si no fuera posible determinar el valor del terreno y construcciones por separado, del valor total del bien, se considera que un 20% es aportado por el terreno, y el resto por las construcciones.

Para determinar la base del impuesto al activo de las empresas, se suman los promedios de los activos de la empresa deduciendo algunos pasivos. La actualización de los bienes se realizará para calcular el promedio de activos que se incluyen en la base del impuesto.

DEBERES Y OBLIGACIONES PRIMORDIALES DEL VALUADOR

Es obligación del valuador determinar, describir y definir la expresión de valor adecuada, toda vez que existen diferentes metodologías aplicables, cada una de las cuales tiene validez en la conclusión final dependiendo del trabajo de valuación solicitado, es obligación del valuador establecer cuál de éstas es la adecuada al caso particular. El procedimiento y método para determinar el valor requerido, es una elección que el valuador mismo debe realizar, no se le podría hacer responsable del resultado a menos que tenga la libertad de seleccionar el proceso a través del cual se obtendrá ese resultado; no obstante, la práctica correcta de la valuación requiere que el método seleccionado sea adecuado para el propósito, que incluya la consideración de todos los factores que influyen en el valor y que sea presentado en forma clara y lógica.

Al cumplir con esta obligación, el valuador puede considerar las instrucciones de su cliente o puede buscar asesoría legal ó profesional, pero la selección de la expresión correcta de valor es responsabilidad única del valuador. Es también su obligación explicar y describir claramente el significado de la expresión de valor específico que él ha determinado con el propósito de obviar un mal entendido y así evitar la aplicación equívoca, incorrecta o mala, ya sea en forma deliberada ó no deliberada.

De lo anterior, se desprende la obligación de determinar los resultados numéricos adecuados y aplicables con el grado de exactitud que exige el propósito mismo de la valuación, evitando expresar e informar un resultado numérico falso.

Para poder cumplir con sus obligaciones, el valuador debe ser competente en su campo de ejercicio; tal competencia se logrará mediante el estudio, la práctica y la experiencia. También debe reconocer, comprender y guiar su conducta por los principios de ética que son parte esencial del auténtico ejercicio y práctica profesional.

Una profesión está basada en un conjunto organizado de conocimientos específicos que no poseen los legos. El conocimiento es de carácter general y específico, por tanto, requiere un alto grado de capacitación, así como una inversión considerable de tiempo y esfuerzo para adquirirse y poderse aplicar. El cliente, debido a que no tiene el conocimiento especializado necesario, deposita toda su confianza en el valuador y confía que éste aplique sus conocimientos y habilidades profesionales hasta el punto que sea necesario para lograr los objetivos del trabajo. Los valuadores deben reconocer esta responsabilidad hacia el cliente y para con la sociedad.

Frecuentemente, una valuación pasa de manos del cliente a terceras personas para su uso, mismas que pueden o no conocer al valuador, pero independientemente de ello, tienen derecho a confiar en la validez y objetividad de las conclusiones del valuador, como lo hace el cliente, por lo que, los valuadores deben reconocer también que tienen una responsabilidad ante estas personas que, además de su cliente, utilizan los resultados obtenidos en la valuación.

No obstante, el bienestar del público en general frecuentemente se involucra en la ejecución de asignaciones de valuación y, derivado de esto, el valuador tiene una obligación y

responsabilidad hacia el público en general, que invalida y sobreescribe su obligación hacia su cliente, aunque la principal obligación del valuador hacia su cliente es entregar un trabajo completo, sin error y oportunamente, con resultados independientes de los deseos ó anhelos del cliente, de otras personas, organismos ó instituciones públicas ó privadas.

El hecho de que un valuador sea contratado para hacer una valuación constituye un asunto confidencial, ya que el cliente, sea un ciudadano particular ó una entidad determinada, preferirá, por razones válidas, mantener el encargo en secreto. El conocimiento por terceras personas de que un valuador ha sido contratado para llevar a cabo un trabajo específico puede dificultar la operación y, consecuentemente, no es apropiado de parte del valuador revelar su asignación, a menos que el cliente lo apruebe ó que el valuador se vea obligado por diligencias previstas por la ley.

Igualmente, es incorrecto que un valuador revele a terceras personas la cantidad que ha determinado en un trabajo valuatorio sin el permiso de su cliente, a menos que esta obligación la imponga la ley, como ya se señaló.

En ausencia de acuerdo en contrario, el contenido de un informe de valuación es propiedad del cliente y éticamente no puede ser publicado, en ninguna forma identificable, sin su aprobación.

Es incorrecto que un valuador acepte un trabajo que involucre la valuación de un bien para cuya valuación no está calificado; a menos que se asocie ó consulte con otro valuador que esté debidamente calificado para valorar tal tipo de bienes, debiendo informar esta situación al cliente con antelación. En otras palabras, es contrario a la ética que un valuador pretenda poseer o manifieste que posee conocimientos profesionales que no tenga.

Por otro lado, cuando un valuador es contratado por una de las partes en un litigio de orden judicial, se considera práctica contraria a la ética que el valuador, en su dictamen, suprima u oculte cualquier hecho, dato u opinión que sea adverso a la causa de su cliente; o que destaque o haga resaltar cualesquiera hechos, datos u opiniones que sean favorables a la posición de su cliente; o que en cualquier otra forma asuma actitud parcial. En ese sentido, el valuador tiene la obligación de presentar los datos, el análisis y el valor sin importar el efecto que dicha presentación tenga sobre la causa de su cliente.

Si fuera el caso, que más de un cliente busquen los servicios de un mismo valuador con respecto a la misma propiedad ó con respecto a la misma causa legal, dicho valuador no puede servir apropiadamente a más de uno, excepto en el caso en que todas las partes estén enteradas y de acuerdo.

El que utiliza un informe de valuación, antes de depositar confianza en las conclusiones incluidas en él, tiene derecho a presumir que la persona que firma el informe es responsable de las mismas, sea porque ejecutó personalmente el trabajo ó porque dicho trabajo fue hecho bajo su supervisión, por ello, es importante señalar que la validez de las conclusiones del valuador sobre el valor de un bien dependen de la validez de las declaraciones y los datos en que el valuador se ha basado, hallan sido proporcionados por el cliente, miembros de otras profesiones u obtenidos por él de fuentes oficiales y, en ese sentido, es apropiado que el valuador confíe y use ese material, siempre y cuando haga constar en su informe sus

fuentes documentales y/o de campo que ha utilizado, las cuales, debe estar dispuesto y preparado para presentarlas ante la posibilidad de cualquier verificación que se requiera.

El correcto ejercicio profesional de la valuación exige que el valuador estipule en su informe cualesquiera condiciones contingentes ó limitantes que afecten la valuación, sin que ello implique descargar en otros la responsabilidad en relación a cuestiones que están o deberían estar dentro del ámbito de su competencia y conocimientos profesionales.

A pesar de lo anterior, en varias ocasiones el valuador se encuentra en situaciones en que los datos que considera pertinentes y necesarios para realizar una valuación no le son suministrados, o bien, el acceso al bien en cuestión le es negado, sea por el cliente mismo ó por cualquier otra de las partes involucradas, por ejemplo los libros de registro de la producción de un campo de petróleo o los libros de registro de ingresos y egresos de un hotel, en tal caso el valuador puede negarse a prestar sus servicios. Esto significa que, cuando considere insuficientes los datos para llevar a cabo su trabajo, no debe realizarlo.

En los casos en que dos ó mas valuadores son contratados para elaborar una valuación de manera conjunta, el solicitante puede suponer que si todos firman el informe, todos son, mancomunada, solidaria, colectiva e individualmente responsables de la validez de todas las conclusiones incluidas; si no todos lo firman, el solicitante tiene derecho a conocer cualesquiera opiniones disidentes.

Cuando dos ó mas valuadores son contratados para valorar individualmente la misma propiedad, el cliente tiene el derecho a esperar recibir opiniones independientes y a usarlas como forma de cotejo entre los diversos informes, por lo que resultaría ser comportamiento contrario a la ética engañar respecto a quién realizó una valuación añadiendo la firma de cualquier persona que, ni hizo el trabajo personalmente, ni tuvo a su cargo la supervisión del mismo. Si fuera el caso de tratar con informes colectivos, igualmente será contrario a la ética omitir cualesquiera firmas u opiniones disidentes, así como que alguno o algunos de ellos emitan informes separados

Si dos o mas valuadores han sido contratados por un mismo cliente para emitir dictámenes independientes del mismo bien, el que colaboren entre si o el que usen el producto y la información de las pesquisas o los resultados numéricos de él o los otros constituirá del mismo modo una práctica carente de ética.

No obstante, un despacho o una empresa de valuadores puede usar el nombre de la sociedad con la firma del responsable, pero la persona quien hizo la valuación debe firmar y se debe incluir en el informe el nombre de la persona que llevó a cabo el trabajo.

Si un valuador emite una opinión de valor de un bien sin haber investigado y analizado todos los factores que influyen, tal opinión, excepto por coincidencia extraordinaria, será errónea. Emitir tales opiniones improvisadas tiende a disminuir la importancia de la inspección, investigación y análisis en el procedimiento valuatorio y reduce la confianza con que se reciben los resultados del buen ejercicio de la valuación, por eso es declarado que, emitir opiniones irreflexivas y sin fundamento, constituye un acto no profesional.

Si un valuador preparase un informe preliminar, sin señalarlo como tal y estipular que las cifras incluidas podrían estar sujetas a modificación cuando se complete el informe final,

existe la posibilidad de que el usuario del informe, estando bajo la impresión de que el informe es final, dé a las cifras un grado de exactitud y confiabilidad que éstas no poseen. Los resultados de ésta confianza errónea pueden ser negativos para la reputación de los valuadores profesionales en general, así como para la del valuator involucrado. Para eliminar esta posibilidad debe declararse también que, omitir una declaración limitante apropiada y calificadora en un informe preliminar, es práctica no profesional en la valuación.

Los anuncios autolaudatorios y la procuración de contratos o comisiones valuatorias mediante el uso de pretensiones o promesas falsas, inexactas o desorientadoras, son prácticas totalmente negativas al establecimiento y mantenimiento de la confianza pública en los resultados de los trabajos de valuación, por lo que es de considerar a tales prácticas como constitutivas de una conducta contraria a la ética y al recto ejercicio profesional.

Ahora, abordando un tema que también es importante, es buena práctica llegar a un contrato escrito ó al menos un acuerdo verbal claro, entre el valuator y el cliente, especificando los objetivos y el propósito del trabajo, tiempo en que se entregará el informe y el monto de los honorarios. Si fuera el caso que un valuator disminuyera los honorarios que ha cotizado a un cliente para un servicio específico de valuación con el propósito de desplazar a otro valuator, cuando él se ha enterado de la cotización del mismo, se considerará a ésta como una acción contraria a la ética; de ninguna manera será ética la conducta del valuator que intenta desplazar a otro, después que éste ha sido contratado (verbal ó formalmente), para un servicio específico de valuación.

Si un valuator aceptara un trabajo para el cual el monto de sus honorarios dependiera de la cuantía de la adjudicación en un convenio inmobiliario o en una causa judicial en donde se empleen sus servicios ó dependa de la cantidad de reducción de impuestos obtenida por un cliente en donde se utilizan sus servicios ó se sujete a la consumación de una venta ó el financiamiento de una operación inmobiliaria en conexión con los cuales se utilizaron sus servicios ó está condicionado a la obtención de un resultado o conclusión especificada por su cliente, entonces cualquier persona que considerase la posibilidad de utilizar el resultado del trabajo del valuator podría sospechar que los resultados son tendenciosos para buscar un beneficio propio y los consideraría también inválidos; tal situación obraría en contra del establecimiento y mantenimiento de la credibilidad y confianza en los resultados de los trabajos valuatorios en general, por lo que, al contratar y aceptar ese tipo de honorarios condicionados o dependientes del resultado, se actúa de manera contraria la ética y se constituye una forma de ejercicio no profesional.

En relación con lo mismo, todo valuator debe obligarse a jamás alterar los resultados obtenidos mediante la aplicación de métodos y procedimientos considerados como buena práctica de la valuación, para obtener mayores honorarios.

Por los anteriores motivos, se declara que no es ético y constituye una forma de ejercicio no profesional si un valuator alterase los resultados numéricos de un trabajo de valuación, pagare o aceptase conceder, a fin de obtener un trabajo valuatorio, cualquier tipo de comisión, reembolso, división de comisión de corretaje o cualquiera que se les asimile, o si compitiese o concursare por un trabajo o comisión de valuación sobre postura en subasta cuando el monto de los honorarios sea la única base para la contratación; sin embargo, esta última restricción no debe interpretarse como impedimento para la entrega de propuestas para la prestación de servicios.

Finalmente, cualquier valuador tiene la obligación de proteger la reputación profesional de todos los valuadores, sean éstos miembros de alguna asociación o no, mientras que trabajen conforme al "Código de Ética y de Principios Generales para el Ejercicio de la Valuación"; de hecho, es declarado contrario a la ética que un valuador perjudique ó trate de perjudicar, a través de declaraciones falsas ó tendenciosas ó por insinuaciones, la reputación profesional de cualquier valuador.

NORMAS METODOLÓGICAS (LEX ARTIS) RESPECTO DE LOS BIENES MUEBLES E INMUEBLES

Para valorar bienes desde un esquema tradicional, pueden aplicarse tres mecanismos para estimar el valor, y elegir aquel que represente el **“mayor y mejor uso con condiciones de bajo riesgo”**, desde el punto de vista del valuador; es decir, en cada caso particular de valuación, se aplica uno de los siguientes criterios:

- a) Los bienes pueden tener un valor equivalente al costo de su fabricación o adquisición.
- b) Los bienes pueden tener un valor equivalente a la cuantía monetaria necesaria para lograr su intercambio en mercados secundarios específicos.
- c) Los bienes pueden tener un valor equivalente a la capitalización del beneficio periódico que producen mediante expresiones de la matemática financiera.

La base de valorar un bien cualquiera con fundamento en el mayor y mejor uso del mismo con condiciones de bajo riesgo constituye el **“principio fundamental de la valuación”**, el cual deberá aplicarse en todo estudio valuatorio sin excepción alguna.

El valor de los bienes a valorar deberá determinarse con base en el **“principio del valor único”**, es decir, con independencia de los fines para los cuales se requiera el avalúo, observando para tal efecto las disposiciones legales y administrativas emitidas por autoridades en materia de avalúos que en su caso sean aplicables.

El proceso valuatorio, en términos generales, se realizará considerando los siguientes aspectos:

- a) Alcance de la valuación. Define el propósito y las consideraciones técnicas a seguir.
- b) Análisis de la información. Se estudia la documentación con que cuenta la entidad, tal como facturas de adquisición del Activo Fijo, balanzas de comprobación de los registros contables, o bien, estados financieros anteriores que reflejen los gastos efectuados para mantener el activo en lugar y condiciones de funcionamiento. Esta información incluye los derechos, gastos de importación, fletes, seguros y gastos de instalación. Una mayor cantidad de información permitirá obtener una opinión de valor más apegada a la realidad.
- c) Verificación ocular. Los bienes a valorar se identifican utilizando un formato “ad hoc” para su registro.
- d) Procesamiento de datos. Se realiza la valuación con los datos obtenidos en campo, con el propósito de determinar el Valor Neto de Reposición de los bienes.
- e) Informe final. Se integra el informe y el dictamen de la valuación.

En lo sucesivo, se entenderá por proceso valuatorio al conjunto secuencial de actividades que realiza el profesional de la valuación para obtener la solución de un problema específico, misma que es generada a partir de los conocimientos que éste posee. Para ello tendrá que definir y acotar el problema; recabar, tipificar y clasificar los datos disponibles y, por último, generará e interpretará la información que conduzca a obtener el valor de la cosa en cuestión.

En la elaboración del dictamen (valuación), el valuador debe conservar todos los elementos de información, datos técnicos, económicos y documentos relativos y de apoyo al proceso valuatorio durante por lo menos cinco años contados a partir de la fecha de referencia de la valuación.

La valuación debe formularse y contener por lo menos cada uno de los siguientes apartados:

- a) Definición de la valuación,
- b) tipo de activos valuados,
- c) tipo de bienes u otros activos no incluidos en la valuación,
- d) fecha de la relación de bienes valuados,
- e) periodo de verificación física,
- f) definición de conceptos,
- g) periodo de investigación de precios,
- h) descuentos e Impuesto al Valor Agregado,
- i) cambios significativos,
- j) descripción del contenido de la valuación, y
- k) cálculo, resumen y certificación de valores.

La definición de la valuación deberá realizarse conforme al convenio escrito celebrado entre el valuador y la empresa interesada en emplear sus servicios; el tipo de activos valuados y no incluidos en e la valuación según el giro para el cual son empleados; la fecha de relación de bienes valuados debe contener la inclusión de la leyenda *"Los bienes incluidos en la presente valuación corresponden a los declarados por la empresa como de su propiedad, según relaciones contables proporcionadas a fecha determinada y que la propiedad legal no fue verificada, ni se investigaron gravámenes o reservas de dominio que pudiesen existir sobre dichos bienes"*; el periodo de verificación física se refiere a la indicación de las fechas en que se llevaron a cabo las visitas para verificar la existencia y características de los bienes; el periodo de investigación de precios debe señalar la investigación de precios o cotizaciones de los bienes a valorar, así como los tipos de cambio empleados si es el caso; el rubro de descuentos e impuesto al valor agregado debe contener la siguiente leyenda: *"La*

valuación se practicó sin tomar en cuenta ningún descuento especial por parte de los proveedores de materiales, de maquinaria o cualquier otro tipo de bien valuado, así como tampoco el Impuesto al Valor Agregado (IVA)".

Si fuera el caso de contar con valuaciones inmediatas anteriores, se señalarán los cambios significativos con respecto a ellos, así como las explicaciones correspondientes; las partes o acciones se podrán agrupar en la descripción del contenido de la valuación a discreción, según las necesidades del valuador y la empresa, pero siempre buscando una forma de integración; por último, el resumen de valores de los bienes valuados mencionará su valor de reposición nuevo, valor neto de reposición, vida útil remanente y depreciación anual para cada cuenta e indicando si se trata de una valuación inicial o primera o segunda recurrente, de los cuales se hablará posteriormente.

Posteriormente al resumen, se debe mencionar la certificación de los valores resultante, así como la fecha, firma y registro de las personas físicas o morales autorizadas por la autoridad competente para valuar inmuebles industriales y/o maquinaria y equipo.

El valuador debe practicar la valuación del activo fijo de la empresa, de acuerdo a las cuentas o rubros que lo integran, como son:

- Terrenos,
- construcciones,
- maquinaria y equipo,
- herramientas, moldes, dados y troqueles,
- muebles y enseres,
- equipo de cómputo, y
- Equipo de transporte.

La información necesaria podrá ser, entre otra:

- I. Inmuebles: fecha y costo de adquisición, copia fotostática de la escritura o documento relativo donde se indiquen medidas y colindancias, así como superficie y nomenclatura catastral vigente, además de planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y especiales, en caso de existir construcciones.
- II. Maquinaria y Equipo en general: fecha y costo de adquisición, indicando si se adquirió nuevo o usado, descripción, marca, modelo, número de serie, capacidad nominal y dimensiones.

Cuando se valúen inmuebles, éstos deben ser valuados en función del uso actual de los mismos y no de acuerdo al uso probable por circunstancias diferentes. El informe se desarrollará bajo los siguientes incisos:

- I. Antecedentes,
- II. Características urbanas generales del predio,
- III. Datos específicos del terreno,
- IV. Descripción general del inmueble,
- V. Descripción de elementos de los tipos de construcciones,
- VI. Descripción metodológica y consideraciones previas,
- VII. Valuación física o directa, y
- VIII. Valuación por el método de cambio,
- IX. Valuación por capitalización de rentas,
- X. Resumen de valores obtenidos,
- XI. Consideraciones previas a la conclusión, y
- XII. Conclusiones.

Debe notarse que, si el inmueble por valuar se trata únicamente de un terreno, de lo anteriormente listado se omitirán los puntos IV, V, VII y, eventualmente, el IX. Ocasionalmente, cuando el estudio valuatorio tenga como finalidad la reexpresión de estados financieros, se requerirá señalar separadamente el valor del terreno y el de las construcciones.

La descripción de los elementos que integran los diferentes tipos de construcciones deberá realizarse de manera breve y concisa, señalando, desde una perspectiva constructiva adecuadamente seleccionada por el valuator, con al menos los siguientes puntos pormenorizados:

1. Obra gruesa.
2. Revestimientos y acabados interiores.
3. Carpintería.
4. Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
5. Instalaciones eléctricas.

6. Cerrajería.
7. Revestimientos y acabados exteriores.
8. Instalaciones especiales.
9. Elementos accesorios.
10. Obras complementarias.

Es necesario precisar que, eventualmente, algunos bienes se considerarán integrados por otros que en lo individual son unidades económicamente indivisibles; si se considera un elemento como parte de un bien, su valor, en general, podría ser diferente del valor del mismo elemento si se considera como independiente del bien en cuestión. La valuación de un elemento de una propiedad, considerado sólo e ignorando su relación con el resto, se conoce como "valuación parcial", de la cual existen usos legítimos, como es el caso de la valuación de edificios para contratar un seguro, en la cual se descuenta el valor de la cimentación, pero la buena práctica valuatoria requiere que una valuación parcial se identifique como tal y que las limitaciones de uso del avalúo por parte del cliente ó de terceras personas queden claramente establecidas.

Los avalúos inmobiliarios deberán contener los valores obtenidos por los métodos del costo (físico), del valor de cambio (mercado) y del valor de uso (capitalización); mismos que se fundamentarán en estudios de mercado en la zona en que se encuentra el inmueble por valorar y en el que se considerarán aquellos factores o condiciones particulares que influyan o puedan influir en variaciones significativas de los valores, razonando en todo caso los resultados de la valuación.

La valuación de toda clase de terrenos deberá consignar, según corresponda, los siguientes datos: ubicación, topografía, calidad de los suelos, características panorámicas, dimensiones, forma, proporción, uso del suelo, densidad de población, intensidad de construcción, servicios municipales, afectaciones o restricciones a que estén sujetos y su régimen de propiedad.

En el caso de terrenos urbanos, el valor unitario del lote tipo deberá tomar en cuenta el programa o planes parciales de desarrollo urbano de la localidad o se afectará en su caso, con los factores de premio o castigo que le correspondan de acuerdo con los criterios más recomendables.

En caso de terrenos cuyo mejor uso sea el de desarrollo inmobiliario (fraccionamiento, plazas comerciales u otros), se deberá utilizar el método de cálculo del "valor residual", el cual podrá ser fundamentado en una visión estática o en una visión dinámica. La visión estática se basará en suponer que dicho desarrollo existe, y por lo tanto se le puede asignar un valor global hipotético en el mercado; dicho valor global de mercado será reducido por los costos de las construcciones que se edificarían para dar lugar al desarrollo inmobiliario, y el "residuo" que resta corresponderá al valor del terreno. Por su parte, la visión dinámica se fundamentará en suponer el establecimiento de un negocio de índole inmobiliaria, donde se considerará el valor del dinero en el tiempo y donde la cuantía monetaria involucrada por concepto del terreno será la variable por calcular; este principio financiero será aplicable a los

costos y beneficios que actuarían durante un periodo de planeación específico y razonable para que dicho negocio posea características deseables de rentabilidad.

Para la valuación de edificaciones se deberán precisar todos los tipos de construcción que puedan determinarse, acorde a su uso, calidad y descripción de los elementos de construcción, que se indicarán en forma pormenorizada y completa, señalándose para cada tipo un Valor de Reposición Nuevo (VRN) al que se le deducirán los deméritos que procedan por razón de edad, estado de conservación, deficiencias de proyecto, de construcción o de funcionalidad.

Todas aquellas instalaciones especiales, elementos accesorios u obras complementarias que formen parte integral del inmueble, deberán considerarse con su valor unitario correspondiente, señalando el valor de reemplazo así como su factor de depreciación.

Las instalaciones especiales de un inmueble son aquellas que se consideran indispensables o necesarias para el funcionamiento operacional del inmueble, tal como pueden ser los elevadores y montacargas, escaleras electromecánicas, equipos de aire acondicionado o aire lavado, sistemas hidroneumáticos, sistemas de riego por aspersión, albercas y chapoteaderos, sistemas de sonido ambiental, calefacción, antenas parabólicas, pozos artesianos, sistemas de aspiración central, bóvedas de seguridad, subestaciones eléctricas, sistemas de intercomunicación, pararrayos, equipos contra incendio, equipos de seguridad y circuitos cerrados de televisión, etc.

Los elementos accesorios son aquellos que se consideran necesarios para el funcionamiento de un inmueble de uso especializado, que en sí se convierten en elementos característicos del bien analizado, como por ejemplo la caldera en un hotel y baños públicos, el depósito de combustible en plantas industriales, la espuela de ferrocarril en industrias, la pantalla en un cinematógrafo, la planta de emergencia en un hospital, o las butacas en una sala de espectáculos.

Las obras complementarias son aquellas que aportan alguna amenidad especial o beneficio adicional al inmueble, como son las bardas, celosías, rejas, patios y andadores, marquesinas, pérgolas, jardines, fuentes, espejos de agua, terrazas, balcones, cocinas integrales, cisternas, aljibes, equipos de bombeo, gas estacionario, etc.

En lo avalúos de inmuebles sujetos al régimen de propiedad en condominio, el valor del local, departamento o despacho deberá determinarse en función del porcentaje que le corresponda con relación al valor total del terreno, a áreas comunes e instalaciones generales del edificio, valuadas en forma separada y detalladamente, así como el valor de las áreas privativas e instalaciones propias en su caso.

Para determinar el valor por el método de capitalización de un inmueble, deberán considerarse los siguientes elementos: renta real, o en su defecto, renta óptima o renta estimada, indicando el motivo por el que se fijan estas dos últimas, debiendo determinarse en forma unitaria y para cada tipo de construcción apreciado, deducciones por vacíos, impuestos, servicios y demás gastos generales, debidamente fundamentados, la tasa de capitalización fundada en edad, vida probable, uso, estado de conservación, deficiencias en la solución arquitectónica, constructiva, de instalaciones, zona de ubicación y otros que sean necesarios a juicio del valuador.

Para los avalúos agropecuarios, independientemente de la investigación de mercado, en la que se considerarán las condiciones físicas, tanto del terreno como de las construcciones e instalaciones propias, se determinará el índice de reutilización, tomando en cuenta, según corresponda, el coeficiente de agostadero, o bien el uso actual, y un promedio del rendimiento de las tierras dedicadas a las explotaciones típicas de la región que ofrezcan las mismas características de las que son motivo del avalúo, fundamentando los resultados de dichos exámenes.

Cuando se valúe equipo y maquinaria, los datos que se deben indicar para cada uno de los bienes a valorar deben ser:

- a) Descripción del equipo,
- b) Año de adquisición,
- c) Condición del equipo en el momento de su adquisición,
- d) Número de serie.

Se indicará si el equipo es nuevo, usado, especial o reconstruido, entendiendo por equipos especiales aquellos que no son de marca y que han sido diseñados y construidos especialmente para desempeñar una función específica del proceso de la empresa, y para la determinación del valor de reposición nuevo de estos equipos, deben incluirse partidas como las que a continuación se enumeran:

1. Diseño,
2. Preparación de los planos de trabajo y especificaciones,
3. Manufacturas de las partes,
4. Ensamble y montaje,
5. Periodo de prueba,
6. Ajuste, corrección y aceptación.

Por reconstruidos se entienden aquellos equipos que adquirió la empresa reparados en sus partes principales para prestar la función para la cual fueron diseñados en su origen, o bien, aquellos que fueron reparados para otros fines o funciones, aprovechando ciertas partes originales del equipo en cuestión. El análisis para su valuación es similar al de un equipo especial.

Los avalúos de unidades industriales comprenderán el valor por el método físico de terrenos, construcciones, maquinaria, equipo y demás elementos incorporados al inmueble de manera permanente. Se determinará el Valor de Reposición Nuevo (VRN), al que se le aplicará en su caso, el factor de demérito que corresponda por edad, estado de conservación, mantenimiento, diseño industrial, aparición de nuevos y mejores modelos, con el fin de

obtener el Valor Neto de Reposición (VNR), la vida útil remanente, la depreciación anual y el valor de capitalización fundado en un análisis de productividad de la industria en su conjunto.

Para efectos de valuación, únicamente de maquinaria y equipo, no será necesario determinar el valor físico del terreno y de construcciones, ni el valor de capitalización.

Los muebles, enseres y equipo de oficina se podrán valorar, ya sea en forma individual, agrupados por fecha de adquisición o fecha estimada, agrupados por oficinas o en forma global, indicando en todos los casos:

- a) Descripción del bien,
- b) Año de adquisición,
- c) Número de serie.

Por equipo de transporte se entiende aquellos vehículos tales como automóviles, camionetas, camiones, tractocamiones y sus remolques, comerciales y vehículos para servicio fuera de carretera, montacargas, cargadores de brazos articulados, patines eléctricos y manuales, equipo para manejo de tambores y otros equipos similares, que presten el servicio de transportar determinada carga, para su almacenaje, su embarque o su traslado dentro de las naves industriales de la empresa. Los datos que se deben indicar son:

- a) Tipo de vehículo,
- b) Marca,
- c) Modelo,
- d) Número de serie,
- e) Principales características,
- f) Equipo opcional extra en su caso,
- g) Si se inspeccionó unidad por unidad o por muestreo, citando los criterios usados en dicho muestreo.

La valuación de bienes tomará en consideración el concepto de "unidad mínima indivisible", esto es, aquella unidad integrada por todos sus componentes. Se refiere a aquellos aparatos accionados por un determinado mecanismo o transmisión, seguido, en su caso, de otros equipos o instalaciones menores. Tal es el caso del equipo de cómputo en donde se toma el valor conjunto del equipo, en forma indivisible. Lo que nunca debe hacerse, por ejemplo, es considerar el CPU, monitor, teclado y mouse como bienes separados.

Los costos de la ingeniería relacionada directamente con estos equipos, instalaciones civiles, mecánicas, eléctricas, bombas, válvulas, tuberías, instrumentos, etc., se incluyen también en el valor específico, ya que contribuyen a la capacidad productiva de los bienes.

En el caso de líneas integradas por varios equipos o unidades mínimas indivisibles, se debe analizar la conveniencia de efectuar el estudio de valuación para cada uno de ellos, pero al final, se indicará un valor total para cada línea.

Aquellos bienes o equipos, instalados o no, que durante su inspección física se observe que no han estado en operación durante un tiempo considerable por descompostura o maltrato, no se toman en cuenta para su valuación.

En cuanto a los equipos "chatarra", dañados, abandonados o que se utilizan como fuente de refacciones para otros equipos, su valor de uso es comparable al de desperdicio, sin embargo, por la naturaleza de algunas Instituciones (entidades gubernamentales), se valuarán según lo ordenado por el Diario Oficial de la Federación, en la Lista de Precios Mínimos de Venta.

Los bienes especiales, como son el Acervo Artístico, el Acervo Bibliográfico, la Propiedad Intelectual, y las Colecciones Científicas, se valúan en algunos casos como elementos independientes; y en otros como un grupo homogéneo al que le corresponderá un valor integral denominado Valor Global Razonado, abordado en otro apartado de este documento.

En general, el procedimiento de valuación establecido, considera a los bienes desde su valor original, actualizándolo mediante la aplicación de factores de ponderación tales como:

- Los años que ha estado en uso,
- La vigencia del bien desde el punto de vista de su uso tecnológico; y,
- El grado de conservación o mantenimiento que haya recibido.

Los años que ha estado en uso se incorporan al criterio a través del indicador factor por vida agotada (F.Va.). Este indicador se obtiene de dividir los años que ha estado en uso desde la fecha de su adquisición, sobre la vida útil total (V.U.T.) del bien y restando este cociente de la unidad, es decir:

$$F.Va = 1 - (\text{Vida Útil Consumida} / \text{Vida Útil Total}),$$

o en su forma abreviada:

$$F.Va. = 1 - (V.U.C. / V.U.T.).$$

A los años que ha estado el bien en uso desde la fecha de su adquisición se le conoce como vida útil consumida (V.U.C.).

Cuando se desconoce la fecha de adquisición, se acude a la experiencia del valuador, quien aplica un factor estimativo fundamentado en una inspección visual del bien.

Como puede observarse, este resulta ser un criterio contable de depreciación; sin embargo, existen otros criterios que incorporan la idea de disminuir el valor aceleradamente, o bien, letargadamente.

La vigencia tecnológica se expresa a través del índice Factor de Obsolescencia técnica (F.Ot.), que se determina mediante la observación directa por el valuador atendiendo al modelo del bien y a la vigencia de su uso actual.

El grado de conservación o mantenimiento que haya recibido el bien, es reflejado mediante el índice Factor de Conservación o de mantenimiento (F.Co.). Este indicador se establece por el valuador mediante observación directa y atendiendo a su experiencia.

Los índices fundamentados en la experiencia de los valuadores, se asignan mediante una calificación del bien que es expresada en la escala del uno al diez. Con esto se establece una jerarquía del estado de los bienes, donde corresponde el valor de diez a los bienes nuevos sin usarse, nueve a los bienes nuevos con poco uso y en perfecto estado, disminuyendo hasta el valor de cuatro, que significa "muy mal estado". Los valores tres, dos, y uno significan que el bien se encuentra en estado de desecho. Posteriormente, esta calificación se divide entre diez para obtener un valor decimal.

Existen casos de bienes que se encuentran en desuso desde hace mucho tiempo, periodo en el cual su aplicación es nula, y como consecuencia de ello, estos bienes se convierten en obsoletos y "viejos"; sin embargo, algunos de ellos, debido a sus características físicas, buena conservación, y por la época en que fueron fabricados, pueden ser valorados como bienes "antiguos" al paso de los años. Será entonces cuando la metodología para valuarlos obedecerá a los usos y costumbres de mercados especializados en "antigüedades", donde actúan los elementos conocidos como oferta y demanda.

El método a emplearse para la determinación del valor neto de reposición será el llamado "método de la línea recta directo", el cual contempla asignación de valores a cada factor de depreciación o demérito en forma directa, según el bien a valuar, representándose por la expresión:

$$V.N.R. = V.R.N. [(F.Va.)(F.Co.)(F.Ot.)]$$

Otro concepto que debe exponerse es el de "valuación recurrente". Se entenderá por valuación recurrente, aquel que se practica como una actualización de la valuación inicial, y que sólo procede en aquellos casos en que el valuador cuente con una valuación inicial con antigüedad no mayor a 2 años. En el tercer año debe practicarse una nueva valuación inicial. Debe ser practicado por el mismo valuador que realizó la última valuación inicial; en caso contrario, debe practicarse nuevamente una valuación inicial.

Al practicar la valuación recurrente, se debe confrontar la información contenida en la valuación anterior, inspeccionando físicamente los activos de la siguiente manera:

- En el número de activos que constituyen el 80% del valor total del valor de reposición nuevo.
- En aquellos casos que hayan sufrido un deterioro, mejora o por cualquier circunstancia que pudiese haber modificado substancialmente su valor neto de reposición.

En este tipo de valuación, deben registrarse las adiciones, es decir, todos los bienes que se incorporen al activo fijo de la empresa en fecha posterior a la de referencia de valores que se consideraron en e la valuación anterior; así como también las bajas, o sea, los activos que hayan sido desincorporados de la empresa.

El criterio para actualizar los valores es básicamente por cotizaciones o precios estimados de bienes iguales o equivalentes, debiendo siempre revisar las valuaciones tanto recurrentes como iniciales en cuanto al seguimiento de los lineamientos indicados en el convenio entre el valuador y la empresa, en cuanto a la razonabilidad de las cifras de la valuación practicada y en cuanto al registro de todos los bienes de activo fijo sujetos a valuación, según fecha de referencia de valores.

3.3.1.1 EL FACTOR POR DEMÉRITO

El factor por demérito (F.De.) será entendiendo como el producto del factor por vida agotada (F.Va.) por el factor por conservación (F.Co.), es decir:

$$F.De. = (F.Va.) (F.Co.)$$

donde:

F.De.: Factor por Demérito.
F.Va.: Factor por Vida Agotada.
F.Co.: Factor por Conservación o mantenimiento actual.

Para determinar este factor por demérito se propone seguir, cuándo sea necesario, cualquiera de los tres criterios siguientes que aplican un esquema de depreciación letargada o retardada:

1. El criterio de Ross Heidecke,
2. El criterio HR,
3. El criterio Kuentzle,
4. El criterio de Ezequiel Siller.

Este criterio involucra el conocimiento de la edad del bien en cuestión expresada en años y la calificación estimativa dependiente del estado físico del bien o de su estado de conservación; con estos parámetros se podrá determinar fácilmente el factor por demérito (F.De.) adecuado para aplicarlo en la metodología valuatoria, según lo siguiente:

$$F.Va. = 1 - (V.U.C. / V.U.T.)^{1.4}$$

donde:

F.Va.: Factor por Vida agotada.

V.U.C.: Vida Útil Consumida.
V.U.T.: Vida Útil Total.

El factor por conservación (F.Co.) adoptará el valor que corresponda, según lo señalado en la tabla 3.1.

ESTADO	CALIFICACIÓN	F.Co.
Excelente	10	1.00
Muy bueno	9	0.92
Bueno	8	0.84
Regular	7	0.78
Malo	6	0.72
Muy Malo	5	0.64
Pésimo	4	0.52
Desecho	3	0.35
Menos que desecho	2	0.11

Valores del factor por conservación (F.Co.) adoptados por el criterio Ross Heidecke

El segundo criterio sugerido ha sido formulado por el autor y denominado como "HR". Al igual que el criterio anterior, se toma en cuenta la edad del bien a valuar y su estado físico mediante la asignación de una calificación estimativa.

El factor por vida agotada se calculará, según el criterio "HR", de la siguiente forma:

$$F.Va. = 1 - (V.U.C. / V.U.T.)^2$$

donde:

F.Va.: Factor por Vida agotada.
V.U.C.: Vida Útil Consumida.
V.U.T.: Vida Útil Total.

El factor por conservación se determinará, bajo el mismo criterio, de la manera siguiente:

$$F.Co. = 1 - \left[\frac{(10 - C.)^2 + (10 - C.)}{56} \right] \{1 - P.D.N.\}$$

donde:

F.Co.: Factor por Conservación o mantenimiento actual.
C.: Calificación estimativa asignada al bien por su estado físico en escala absoluta del cero al diez.
P.D.N.: Porcentaje de Desecho Nuevo.

El "Porcentaje de Desecho Nuevo" es aquel que se le asigna por experiencia a un bien con características peculiares e hipotéticas de desecho y con vida útil remanente equivalente a la vida útil total, es decir, como si se tratara de un bien nuevo.

Evidentemente es ilógico e infactible tratar con un bien que al mismo tiempo sea nuevo y su estado físico indique que deba ser desechado, a menos que este bien haya sufrido un accidente que lo dañara irremediabilmente, pero esta idea es inducida simplemente para establecer y determinar un punto de partida al lugar geométrico que sirve como cota porcentual inferior, que limita al valor alcanzado por un bien específico con el paso del tiempo y en estado de desecho.

El tercero de los criterios mencionados, llamado de Kuentzle, postula la siguiente expresión para determinar el factor por vida agotada:

$$F.Va. = [(V.R.N.)(V.U.T.)^2 - (V.R.N. - V.R.)(V.U.C.)^2] / [(V.R.N.)(V.U.T.)^2]$$

donde:

F.Va.: Factor por Vida agotada.
V.R.N.: Valor de Reposición Nuevo.
V.U.T.: Vida Útil Total.
V.R.: Valor de Rescate del bien a finalizar su vida útil total
V.U.C.: Vida Útil Consumida.

Mientras que el factor por conservación es establecido por el valuador del bien sujeto a estudio del siguiente modo:

$$F.Co. = C. / 10$$

donde:

F.Co.: Factor por Conservación o mantenimiento actual.
C.: Calificación estimativa asignada al bien por su estado físico en escala absoluta del cero al diez.

El cuarto método, de Ezequiel Siller, postula la siguiente expresión del factor por vida agotada:

$$F.Va. = 0.3 + 0.7[(V.U.T. - V.U.C.) / V.U.T.]$$

donde:

F.Va.: Factor por Vida agotada.
V.U.T.: Vida Útil Total.
V.U.C.: Vida Útil Consumida.

El factor por conservación es establecido por el valuador del bien sujeto a estudio del siguiente modo:

$$F.Co. = C. / 10$$

donde:

F.Co.: Factor por Conservación o mantenimiento actual.
C.: Calificación estimativa asignada al bien por su estado físico en escala absoluta del cero al diez.

El Factor por Demérito calculado por cualquiera de los tres criterios anteriores, podrá afectarse, según juzgue el valuador, por el factor por obsolescencia técnica (F.Ot.), dependiendo de los adelantos tecnológicos que presentan los nuevos bienes que sustituirán en el futuro al que se está valuando, las sofisticaciones que les son adicionados, las disminuciones considerables en precios, etc.

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

1. **Valor de Reposición Nuevo (V.R.N.) o Costo de Reposición Nuevo (C.R.N.):** Es la cuantía económica expresada en términos monetarios, que se determina por investigación de mercado (documental y/o de campo), que puede alcanzar un bien nuevo, idéntico o similar, al que se pretende valorar en mercados primarios, secundarios o especializados, que para este proyecto, es equivalente al costo actual de adquisición más las erogaciones en que se incurriría por concepto de derechos y gastos de importación, fletes, maniobras de instalación; ingeniería de detalle, etc., sin incluir descuentos o bonificaciones.

Un bien idéntico a otro, es aquel que tiene las mismas propiedades de uso o de cambio, tanto en marca, modelo, tamaño, forma, diseño y capacidad; mientras que uno similar, es el que tiene propiedades análogas de uso, pero variaciones respecto del original en alguna de estas características mencionadas.

Este valor se obtiene por medio de cotizaciones o precios estimados de bienes idénticos o de bienes similares, entendiéndose como precios estimados aquellos obtenidos de manera informal, pero que pueden tener una variación razonable respecto de una cotización formal.

2. **Costo Neto de Reposición (C.N.R.):** Es el Costo de Reposición Nuevo (C.R.N.) de un bien disminuido por los efectos debidos a la vida útil consumida (V.U.C.) respecto de su vida útil total (V.U.T), ponderada por el estado de conservación y grado de obsolescencia relativos a su uso.
3. **Valor Físico (V.F.):** Es la cuantía monetaria equivalente al Costo Neto de Reposición (C.N.R.).
4. **Valor de Cambio (V.C.):** Es la cuantía monetaria determinada con base en la deseabilidad que un bien posee en el mercado al momento de su intercambio.
5. **Valor de Uso (V.U.):** Es la cuantía monetaria determinada con base en los beneficios económicos que un bien específico revierte como renta a su propietario.
6. **Valor Neto de Reposición (V.N.R.):** Es aquel equivalente al valor esperado de un nodo de incertidumbre en el que se involucran de manera ponderada fijada por el tornador de decisiones, el Valor Físico (V.F.), el Valor de Cambio (V.C.) y el Valor de Uso (V.U.) de un bien específico, es decir:

$$V.N.R. = \alpha(V.F.) + \beta(V.C.) + \gamma(V.U.)$$

Donde α , β y γ son los parámetros de ponderación, cuyos valores individuales podrán ser iguales o mayores que cero y menores o iguales que la unidad, pero su suma deberá siempre ser igual a la unidad.

7. **Valores Unitarios ('):** Cuando se quiere referir al Valor de Reposición Nuevo o al Valor Neto de Reposición de un determinado bien en términos unitarios de su superficie, bastará con dividir los valores que procedan, entre la mencionada superficie y agregar a la abreviatura un apóstrofe. Sus unidades serán [\$/m²].
8. **Porción Libre de Terreno (P.L.T.):** Es la cantidad porcentual que corresponde a la porción del terreno sobre la cual no deben construirse edificaciones, ya sea para efectos de iluminación, de ventilación, o para permitir la absorción de agua hacia el subsuelo (área permeable). Esta cantidad puede determinarse dividiendo el área que deberá permanecer sin edificaciones entre el área total del terreno.
9. **Coeficiente de Ocupación del Suelo o Densidad de Construcción (C.O.S. o D.C.):** Es la proporción máxima de terreno, expresada en términos porcentuales, sobre la cual se podrán "desplantar" las edificaciones por construir en el mencionado terreno. Se determinará con la siguiente expresión:

$$\text{C.O.S.} = (1 - \text{P.L.T.})$$

10. **Coeficiente de Uso de Suelo o Intensidad de Construcción (C.U.S. o I.C.):** Es el valor que, referido al área total del terreno, expresa el cociente resultante de dividir el área máxima de construcción permitida sobre un predio específico, entre la superficie total del terreno. Este valor puede determinarse de la siguiente forma:

$$\text{C.U.S.} = (\text{C.O.S.}) (\text{N.N.})$$

Donde N.N. representa la cantidad máxima de niveles que pueden ser construidos sobre el terreno en cuestión.

11. **Edificabilidad (E.):** Este concepto expresa la superficie de construcción máxima que puede existir sobre un terreno específico, para lo cual se aplicará la siguiente expresión:

$$\text{E.} = (\text{A.Te.}) (\text{C.O.S.}) (\text{N.N.})$$

Donde A.Te. representa al área total del terreno en cuestión.

12. **Repercusión de Terreno (R.Te.):** Es la cantidad del valor total de un terreno que impacta a cada unidad de superficie construida en él. Se define con el cociente que a continuación se expresa:

$$\text{R.Te.} = \text{V.C.}_{\text{terreno}} / \text{A.Co.}$$

Donde A.Co. representa al área total de construcción. No obstante, también puede aplicarse la siguiente igualdad:

$$\text{R.Te.} = \text{V.C.}'_{\text{terreno}} / [(\text{N.N.}) (\text{C.O.S.})]$$

13. **Vida Útil Total (V.U.T.):** Es el periodo expresado en años, en que un bien es económicamente funcional y/o productivo, desde que es nuevo, hasta que es

completamente desechado; misma que es fijada por estándares internacionales con base en el uso normal de los bienes.

- 14. Vida Útil Consumida (V.U.C.):** Es el periodo referido en años, que ha transcurrido desde que el bien fue adquirido como nuevo, y el momento en que se valúa. La manera de ser determinada puede ser a través de investigación documental (facturas, registros de almacén, bitácoras, etc.), de campo (comunicación directa con el usuario o con el responsable), o bien por una estimación apreciativa generada por la inspección visual del bien en cuestión.
- 15. Vida Útil Remanente (V.U.R.):** Es la diferencia expresada en años que existe entre la vida útil total y la vida útil consumida de un bien, la cual es afectada por los factores por obsolescencia técnica y por conservación.
- 16. Factor por Vida agotada (F.Va.):** Es el factor incluido en el Factor Resultante, que refleja en términos prácticos el porcentaje, en forma decimal, del tiempo que queda por consumir del bien. Comúnmente se determina por la expresión:

$$F.Va. = 1 - (V.U.C. / V.U.T.)$$

- 17. Factor por Conservación (F.Co.):** Es un factor apreciativo, ende subjetivo, que reduce o incrementa la vida útil remanente de un bien (por su participación en el Factor Resultante). Se determina con base en el mantenimiento que le es suministrado, tanto de tipo preventivo como correctivo, o bien las modificaciones y/o adecuaciones que se le hagan al bien para cumplir con el fin específico para el cual es empleado; se entiende aquella condición que afecta el valor de un bien o equipo derivada de ser menos útil o deseable, debido a avances tecnológicos, o cambios en el arte, diseño o proceso, a una sobrecapacidad, capacidad inadecuada o influencias similares dentro del departamento o proceso productivo en que se encuentra, o bien por su relación con otros bienes propiedad de la empresa, o por influencias negativas sobre el medio ambiente. Este factor modificará, al igual que el anterior, el Valor Neto de Reposición del bien.
- 18. Factor por Demérito (F.De.):** Es un factor producto de multiplicar al factor por vida agotada (F.Va.) por el factor por conservación (F.Co.); sin embargo, en algunos casos es estimado por el criterio del valuador y expresado para reducir el valor individual de un bien especial en caso que presente algún tipo de daño o deterioro, siempre y cuando éste aún pueda servir a los fines de la entidad, en estas ocasiones específicas su valor será mayor que cero y menor que la unidad. En el cálculo de este factor puede sustentarse en criterios como el de Ross Heidecke, HR, Kuentzle o Siller, entre otros.
- 19. Factor por Obsolescencia técnica (F.Ot.):** Es un factor sugerido y anotado con base en la experiencia del perito valuador, quien es asesorado por especialistas del área específica a la que pertenece el bien, y que califica al mismo de manera decimal, en función de los adelantos tecnológicos que presentan los nuevos bienes que sustituirán en el futuro al que se está valuando, las sofisticaciones que les son adicionados, las disminuciones considerables en precios, etc.; y que representará, en términos prácticos, una reducción porcentual de la vida útil remanente que le quede al bien, y por consiguiente, también afectará al Valor Neto de Reposición al aplicar el Factor

Resultante como se describió anteriormente. El valor de esta factor será un número positivo menor que la unidad, pero nunca igual a cero.

20. **Factor por Zona (F.Zo.):** Es un factor empleado solamente para valuar terrenos; el cual es de índole subjetiva. Calificará las características urbanas de la zona en que se encuentra el inmueble en cuestión, premiándolo en caso de encontrarse en una mejor zona que la de comparación, o castigándolo si ocurre lo contrario. Cuando premie el valor de este factor será superior que la unidad, cuando castigue será menor que la unidad, y cuando la ubicación sea homóloga con la de comparación, el valor será igual a uno.
21. **Factor por Ubicación (F.Ub.):** Al igual que el anterior, éste es un factor aplicable sólo en caso de estar valuando terrenos. Premiará siendo mayor que uno cuando el predio se ubique en una esquina de manzana; castigará siendo menor que la unidad cuando el predio cuente con un acceso indirecto, por ejemplo, cuando para entrar a él se debe hacer por otro predio; y será igual a la unidad si el terreno es intermedio de manzana.
22. **Factor por Frente (F.Fr.):** También es un factor que aplica sólo en los casos de tratar con terrenos. Será mayor que uno cuando el frente del terreno valuado sea mayor que el frente del lote moda, y será menor que la unidad en caso contrario; cuando el frente coincida con el del lote moda, este factor será igual a uno. El lote moda será aquel que sea común denominador de la zona en que se encuentre el terreno en cuestión.
23. **Factor por Fondo (F.Fo.):** Éste es un factor de calificación análogo al anterior, pero en materia de profundidad. Se considerará adecuado aquel fondo de terreno que tenga una longitud equivalente al triple de su frente, y con base en esto se establecerá la equivalencia de este factor que corresponda en cada caso.
24. **Factor por Superficie (F.Su.):** Es el factor, aplicable sólo para valuar terrenos, que premiará o castigará al predio según sus la magnitud de su área. Será mayor que uno cuando su superficie sea mayor que la del lote moda (ya explicado), igual a uno cuando ésta corresponda con la del lote moda, y menor que uno cuando sea menor. En zonas urbanas, las características del lote moda pueden ser consultadas en los Planes Parciales de Desarrollo correspondientes.
25. **Factor Resultante (F.Re.):** Es el factor que resulta del producto de los Factores por Vida agotada, por Obsolescencia técnica y por Conservación en el caso de bienes muebles y construcciones de inmuebles; pero en el caso de terrenos será el producto de los Factores por Zona, por Ubicación, por Frente y por Superficie. Cuando se esté valuando una construcción, o bien un bien mueble, este factor multiplicará a la vida útil total y al Valor de Reposición Nuevo para determinar la vida útil remanente y el Valor Neto de Reposición respectivamente; y cuando se valúe un terreno, solamente multiplicará al Valor de Mercado del terreno para obtener su Valor Neto de Reposición.
26. **Factor de Homologación (F.Ho.):** Es el número, cercano a la unidad, con el cual se mide, de manera aproximada, la diferencia que, relativa a un aspecto específico apreciado en el mercado, existe entre un bien que se pretende valuar y otro similar de comparación, a partir del cual se obtendrá el valor del primero en términos de identidad.

27. Valor de Homologación (V.Ho.): Es la cantidad definida por el criterio "HR" y que sustituirá a un conjunto de factores de homologación; esto se realizará integrando, de manera ponderada, a todos aquellos aspectos sobre los cuales existen diferencias entre el bien que se pretende valorar y aquel con el cual se comparará, esto es:

$$V.Ho._j = \sum_{i=1}^m [F.Ho._ij] [p(F.Ho._ij)]$$

28. Razón de Homologación (R.Ho.): Es el cociente que, aplicado por el método "HR" de homologación, resultará de dividir el valor de homologación del bien que se valorará, entre el valor de homologación del bien de comparación del modo siguiente:

$$R.Ho._j = V.Ho._x / V.Ho._j$$

29. Factor de Comercialización: Es la razón que existe entre el valor de cambio de un bien y su valor físico o costo neto de reposición, expresada el siguiente modo:

$$F.C. = V.C. / V.F.$$

o bien:

$$F.C. = V.C. / C.N.R.$$

30. Tasa de Capitalización Real (T.C.R.): Es la tasa efectiva de interés de deflactación expresada en periodos anuales que servirá para traer a Valor Presente una serie de flujos de efectivo proyectados en unidades monetarias constantes. Esta tasa tendrá la siguiente equivalencia respecto de las otras dos tasas que se aplican sobre unidades monetarias corrientes:

$$T.C.R. = [(1 + T.P.N.) / (1 + T.I.A.)] - 1$$

31. Tasa de Productividad Nominal (T.P.N.): Es la tasa de interés referida en términos anuales que será equivalente al valor de aquellas a las que la entidad accede mediante sus inversiones; o bien, puede considerarse equivalente a las tasas líderes en mercados financieros (v.gr. CETES). Estas tasas son aplicables para deflactar o reflactar magnitudes expresadas en unidades monetarias corrientes.

32. Tasa Inflacionaria Anual (T.I.A.): Es aquella tasa referida, como su nombre lo indica, a periodos equivalentes a un año que incrementa el monto de los precios entre un periodo pasado y otro presente, o bien, entre uno presente y otro futuro. Las unidades monetarias sobre las que se aplicará esta tasa serán de tipo corriente.

33. Tasa Anual de Productividad (T.A.P.): Es una tasa determinada con fundamento en la teoría de interés y mediante las expresiones propias de las amortizaciones, calculada para efectos de valuación inmobiliaria, con la premisa de considerar al promedio de

valores unitarios de bienes en venta (valor presente) y al valor unitario de renta anual de un bien particular (amortización) ligados con una tasa de interés (anual e productividad).

HOMOLOGACIÓN

Antes que nada, es importante recordar que, para lograr el objetivo de la valuación planteado como técnica de apoyo al proceso de toma de decisiones, los métodos orientados hacia la cuantificación del valor de uso y el valor de cambio de un bien específico que pretende valuarse son sustentados, primordialmente, en la indagación de valores alcanzados por otros bienes considerados, para efectos de comparación, con características físicas "idénticas" en los mercados propios de su comercialización; sin embargo, en algunos mercados particulares u, ocasionalmente, los bienes que intercambian los oferentes y demandantes no son propiamente idénticos al que se quiere determinar su valor, pero quizá algunos de ellos podrían ser considerados "similares", es decir, podría saberse las cantidades monetarias con las que los agentes del mercado intercambian bienes con el mismo uso que el objeto de valuación, aunque con capacidades y aspectos físicos "ligeramente" diferentes, en cuyo caso, habría que identificar, con la mayor precisión posible, los elementos que integrarían esa ligera diferencia que es aludida.

Hay que precisar también que, para considerar a dos elementos comparables entre sí para fines de valuación, sus diferencias deberán ser pequeñas en términos físicos, pues de lo contrario sería inadecuado e impropio realizar su comparación.

Pues bien, la homologación es un proceso que tiene como finalidad, por una parte, la identificación de aquellos elementos físicos que conforman las pequeñas diferencias entre los bienes comercializados entre los agentes del mercado y aquel que se quiere valorar, y por la otra parte, cuantificar monetariamente dichas diferencias; esto con el propósito de conocer el valor del bien en cuestión a través de la agregación o retiro de la cantidad monetaria que representa a la multicitada diferencia y, hacer con ello, que la comparación entre los bienes pueda realizarse con la premisa de "identidad".

En otras palabras, la homologación es un proceso con el cual se establece la cuantía monetaria que necesariamente debe agregarse o retirarse del bien comparable respecto con el que desea valuarse, para que esta comparación se realiza con condiciones de identidad y no de similitud.

Sin embargo, es preciso reconocer que la determinación cuantitativa de las diferencias específicas a través de mecanismos del costeo preciso de retiro y sustitución de materiales, junto con la mano de obra asociada, como fue señalado anteriormente en el método del Costo Neto de Reposición (C.N.R.), sería un proceso inágil que retrasaría sustantivamente la emisión de un dictamen de valor; no obstante, es lícito seguir ese procedimiento, aunque de todos modos, no se garantizaría la plena precisión numérica.

Por ese motivo, la valuación ha acudido al empleo de "factores" que se expresan en escala relativa (porcentaje) o en escala absoluta, según el parecer del valuador, mismos que serán nombrados sucesivamente como "factores de homologación".

Por cada diferencia específica que el valuador detecte entre el bien por valorar y el bien de comparación, deberá asignarse un factor de homologación con un valor numérico plenamente identificado. Estas diferencias pueden corresponder, por ejemplo, en el caso de

bienes inmuebles, a determinados aspectos físicos como son: la cantidad de calles sobre las que el predio tiene acceso directo, la densidad e intensidad de construcción máximas permitidas, la ubicación dentro de la zona, el equipamiento y servicios urbanos que son dispuestos, el nivel socioeconómico de la población que habita las cercanías, las vistas panorámicas, la calidad social de la población vecina inmediata, el nivel seguridad pública existente, la contaminación ambiental y auditiva del entorno, la vocación de uso, la calidad conceptual del proyecto constructivo, la calidad de los materiales empleados, el avance de las construcciones, su estado de conservación, su edad, etc.

Junto con lo anterior, el valuador deberá identificar, de los factores determinados, cuáles de ellos son "estocásticamente independientes" y cuáles no, es decir, qué factores toman un valor de manera "libre", sin importar el valor que tomen los demás y, qué factores dependen de la cantidad asignada a otros.

Posteriormente, habrá que definir una manera consistente, como la expresada en el punto siguiente inmediato, que permita sustituir todos los factores de homologación manejados por un sólo valor numérico, con el cual sea posible, mediante la operación numérica de la multiplicación, obtener el valor del bien en estudio con base en otro que haya sido indagado en el mercado. Dicha manera resulta ser total para el desarrollo del proceso valuatorio a través de los métodos orientados hacia la determinación del valor de uso y del valor de cambio, mismos que se expondrán más adelante.

Será deseable que la cantidad que sustituirá a todos los factores de homologación sea lo más cercana a la unidad, ya que ésta expresa condiciones de identidad para efectos comparativos, mientras que los valores cercanos a la misma señalan condiciones de similitud.

Con base en eso y en lo dicho respecto que se obtendrá el valor del bien en estudio multiplicando el de aquel que fue indagado por el número que sustituyó a los factores de homologación, es necesario referir el significado del mencionado número. Ello quiere decir que, si el número sustituto fuera menor que la unidad, se entenderá que el bien que se valúa es menos deseable, en términos generales sobre el mercado, respecto del bien que está sirviendo de comparación; en cambio, si éste resultara ser mayor que la unidad, significará que el bien que se valúa es más deseable que el bien contra el cual se está comparando.

Es importante hacer hincapié en que, sea cual fuere el procedimiento de síntesis y sustitución de los factores de homologación, éste deberá ser consistente y considerar que la dependencia de valores numéricos se expresa mediante la operación numérica de la multiplicación, mientras que la independencia con la suma de los elementos ponderados, situación que de ninguna manera es inducida por el autor, sino por los propios planteamientos y procedimientos matemáticos empleados por la teoría de decisiones, disciplina para la cual se aplican técnicas de valuación.

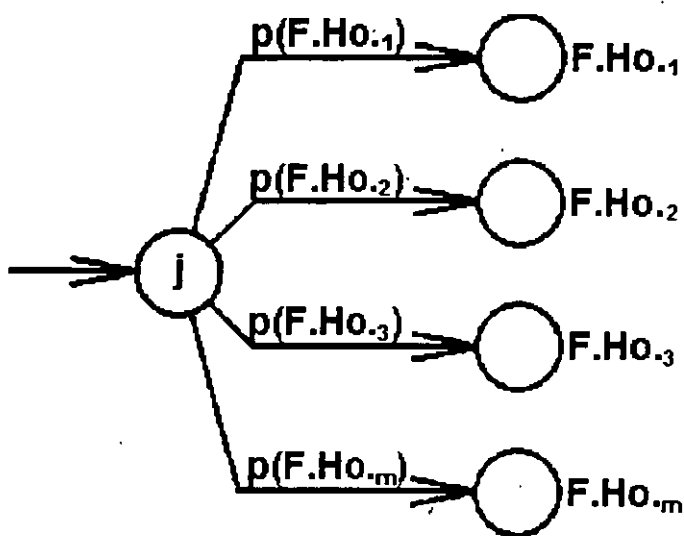
HOMOLOGACIÓN "HR"

Hablar de identificación de las diferencias sustantivas entre los elementos comparables y el objeto de valuación no significa que en ocasiones se hará referencia a las más convenientes

y en otras serán omitidas, sino que siempre y en todos los casos, se deberán involucrar los mismos aspectos que, a juicio del valuador, tengan influencia en el valor de los bienes. Esto significa que, antes de todo, se deberán identificar las propiedades físicas que son valoradas en el mercado específico que se trate y, sobre las cuales puedan existir diferencias que repercutan en el valor de los bienes que ahí se comercialicen.

Asimismo, será necesario cuantificar el peso específico con el cual contribuye, en el valor de los bienes, cada elemento específico (factor de homologación) representativo de cada diferencia identificada y que el tomador de decisiones hace intervenir en su proceso de comparación, además de la cantidad individual con que se medirá la deseabilidad de cada elemento mencionado en el mercado.

Esas propiedades descritas pueden ser esquematizadas, para cada bien comparable y para el objeto de valuación, análogamente a un árbol de probabilidad, como se muestra en la Figura 4.1,



Esquema con que un tomador de decisiones involucra los aspectos de deseabilidad de un bien

El planteamiento referido expresa que cada "factor" es independiente de los demás representados en el nodo de incertidumbre, es decir, se tratará con factores de homologación estocásticamente independientes, lo cual significa que el valor asignado a uno de ninguna manera dependerá del asignado a otro. En ese sentido, la situación se reducirá a sustituir, en el nodo de probabilidad (nodo de homologación), su valor esperado (valor de homologación), mismo que se determinará de la siguiente forma:

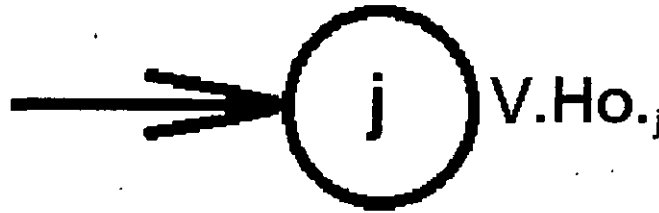
$$V.Ho._j = \sum_{i=1}^m [F.Ho._{ij}] [p(F.Ho._{ij})]$$

donde:

- V.Ho._j: Valor de homologación del bien comparable "j".
- F.Ho._{ij}: lésimo factor de homologación del bien comparable "j".

$p(F.Ho_{.ij})$: Ponderación del i ésimo factor de homologación del bien comparable " j "
 m : Número de elementos que constituyen diferencia apreciada por el mercado.

El valor numérico determinado con la expresión anterior servirá para realizar la síntesis del nodo de homologación mostrado en la Figura 4.1., donde simplemente se sustituirán todas las ramificaciones del nodo mencionado por el valor de homologación que corresponda. Dicha sustitución se esquematiza en la Figura 4.2.



Síntesis de un nodo de homologación

El número que servirá para multiplicarse por el valor del bien que se conoce su cuantía monetaria de intercambio en el mercado por indagación y así estimar el del que se pretende valorar, recibirá el nombre de "razón de homologación", la cual tendrá la siguiente equivalencia:

$$R.Ho.j = V.Ho.x / V.Ho.j$$

donde:

$R.Ho.j$: Razón de homologación del bien comparable " j ".
 $V.Ho.x$: Valor de homologación del bien que se pretende valorar
 $V.Ho.j$: Valor de homologación del bien comparable " j ".

Cabe señalar que el valor de homologación del bien que se pretende valorar se obtendrá de la misma manera aplicada para determinar el valor de homologación de cada bien comparable y que, las ponderaciones de los factores de homologación deberán expresarse en escala relativa, es decir, en términos porcentuales, respetando la siguiente condición:

$$\sum_{i=1}^m p(F.Ho_{.ij}) = 1$$

VALUACIÓN DE TERRENOS

ESTUDIOS VALUATORIOS RELATIVOS A PREDIOS DE GRAN EXTENSIÓN

Para propósitos de planeación de los distintos sectores del ámbito nacional, en varias ocasiones es necesario estimar el valor de tierra de los predios sobre los cuales se pretende edificar proyectos específicos. Para lograr este fin se programan estudios valuatorios sobre los diferentes tipos de terreno existentes que integran a los mencionados predios

Es recomendable que el estudio valuatorio se sujete a los criterios técnicos dispuestos por la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales, a efecto de seguir la metodología propia para estos casos y, en lo referente al producto resultado del estudio, que éste se apegue a lo que se considera un Avalúo Maestro. Por consiguiente, se da por entendido que la valuación tendrá como objeto el seccionamiento del predio según los distintos usos del suelo que se tengan (criterio denominado "por tramos") y no el de lotes individuales.

El objetivo primordial será determinar el precio mínimo y máximo de cada uno de los diferentes tipos de terreno que se identifiquen en el predio, con el fin de estimar el pago que por indemnización les pueda corresponder a sus legítimos propietarios o poseedores, así como también de los elementos inmuebles que en él se encuentren; así como establecer un tabulador con los precios que correspondan a cada uno de los tipos de terreno con base en su valor de mercado, a los cultivos que se encuentren y a los distintos grupos de construcciones con iguales características que sean identificados.

El estudio valuatorio del predio en cuestión, como ya se especificó, atenderá al criterio "por tramos" y los valores individuales que en su momento procedan, por su parte, serán determinados con base en aquéllos que sean obtenidos en este estudio; no obstante, se investigarán en las instancias competentes los aspectos relacionados con la tenencia de la tierra y se señalarán, como valor de referencia, el valor de terrenos de propiedad ejidal.

Aquellos lotes que cuenten con características no correspondientes con las señaladas en este estudio, serán considerados como casos especiales susceptibles de un avalúo individual posterior, si en su momento procede.

Los trabajos que se realicen serán orientados hacia la consecución de, al menos, los siguientes puntos:

1. Recopilación y análisis de una base informativa documental.
2. Análisis de planos cartográficos y fotos aéreas existentes.
3. Ordenamiento de labores de campo y logística de visitas.
4. Levantamiento topográfico.
5. Verificación ocular de tramos y clasificación de construcciones existentes por tipo.
6. Elaboración de reporte fotográfico.
7. Elaboración de plano topográfico.
8. Investigación de mercado.

9. Clasificación definitiva de tramos y construcciones existentes.
10. Determinación de los valores de cada tipo terreno y de construcción.
11. Señalamiento de tramos y construcciones en plano topográfico.
12. Elaboración de tabuladores y de fichas técnicas por cada tramo identificado y por cada tipo de construcción.

1. **Recopilación y análisis de una base informativa documental.** Se acudirá a las autoridades relacionadas con el registro catastral de la región y con dependencias federales encargadas de la administración informática nacional, para obtener la mayor cantidad de documentos que permitan elaborar un marco informativo en el cual se indique la situación jurídica de la tenencia de la tierra, los usos agronómicos potenciales, los tipos de suelo existentes, etcétera. De igual manera, se identificarán las características físicas y urbanas del predio y su posible integración a planes de desarrollo regionales, estatales o nacionales.
2. **Análisis de planos cartográficos y fotos aéreas existentes.** Esta actividad tendrá la finalidad de efectuar una clasificación preliminar de los tramos que integran el predio en estudio, así como también ubicar posibles construcciones que en él existan.
3. **Ordenamiento de labores de campo y logística de visitas.** Se determinarán las posibles rutas que deberán seguir las brigadas de campo para llevar a cabo el levantamiento topográfico y la verificación ocular, incluyendo también las fechas y horarios en que deberán realizarse las visitas al sitio.
4. **Levantamiento topográfico.** El levantamiento topográfico del predio y de los tramos particulares que lo componen se hará con base en los planos cartográficos y fotografías aéreas existentes, trazando sobre el terreno una poligonal envolvente, la cual quedará debidamente referenciada, determinándose las coordenadas de todos sus vértices y realizando su compensación de forma que se tenga una precisión de cierre lineal mínima de 1:20,000. Partiendo de la poligonal de apoyo envolvente y sus coordenadas, se trazarán poligonales auxiliares que permitan levantar los vértices que delimitan cada uno de los tramos particulares que existen en el predio y se calculará su área. Las construcciones que sean encontradas, por su parte, serán referidas a alguno de los vértices determinados.
5. **Verificación ocular de tramos y clasificación de construcciones existentes por tipo.** Se realizarán visitas de inspección con apoyo de cuadrillas conformadas por ingenieros agrónomos y civiles, esto, con el fin de ratificar o rectificar las conclusiones obtenidas de los análisis de la base informativa documental y de la interpretación cartográfica y fotogramétrica, así como también de analizar con más detalle las características del suelo y, en los casos que se tenga duda, realizar muestreos simples del suelo para asegurar que el tipo inicialmente previsto sea correcto. Igualmente, se ubicarán las construcciones que existan y se determinará, en los casos que sea posible, su área exacta (cuando no sea posible acceder a ellas, se estimará). Otras cuadrillas identificarán los principales cultivos a lo largo del tramo y obtendrán información sobre las técnicas de producción, rendimientos y costos de los insumos para especificar los precios de los cultivos más importantes.

6. **Elaboración de reporte fotográfico.** Como un resultado que también se obtendrá del punto inmediato anterior, será la toma, el ordenamiento y la elaboración de un compendio de fotografías que ilustrarán los distintos tramos que se ubiquen, las construcciones existentes, los panoramas físicos o urbanos que puedan influir en el valor, los cultivos más importantes y otros aspectos que se consideren relevantes.
7. **Elaboración de plano topográfico.** Con los datos generados durante la etapa de levantamiento, se elaborará un plano en el que se indiquen las coordenadas de los puntos que formen los vértices de la poligonal del predio.
8. **Investigación de mercado.** Se conformarán, como en el caso anterior, otras cuadrillas que tendrán como objetivo realizar la investigación de mercado, con la cual se determinarán los valores comerciales de cada uno de los tipos de terreno que se hayan identificado y confirmado para los diversos usos actuales y potenciales. Esta información se obtendrá mediante la búsqueda directa de los precios reales de venta en la zona y en las aledañas, según sea aplicable al caso: por hectárea o por metro cuadrado.
9. **Clasificación definitiva de tramos y construcciones existentes.** Con las conclusiones obtenidas en los análisis cartográficos, en la inspección de campo y con los resultados de los muestreos simples que sean requeridos, se determinarán las características del suelo en los terrenos que serán afectados, con lo que posteriormente se procederá a identificar los diferentes tramos homogéneos que existan en el predio sobre el plano topográfico que sea elaborado. Esta clasificación se realizará de acuerdo con los aspectos fundamentales del uso del suelo, topografía, edafología (empleando tablas de factores físicos y agrológicos que afecten la productividad del suelo) y climatología, procurando reflejar sólo cambios que se consideren significativos.
10. **Determinación de los valores de cada tipo terreno y de construcción.** Habiendo realizado la investigación de mercado y determinado las características más importantes de los tramos de suelo y de las construcciones existentes, se aplicará un análisis estadístico a los precios obtenidos y se determinará el nivel de confianza de la muestra. Con ello se fundamentarán los precios máximos y mínimos de cada tramo identificado, procurando mantener consistencia a lo largo de la superficie que será afectada. Para lo anterior se clasificarán los precios de terrenos obtenidos para cada uno de los tramos identificados, ordenándolos de menor a mayor. Adicionalmente se considerará lo establecido por la Ley de la Reforma Agraria y la Ley de Expropiación.
11. **Señalamiento de tramos y construcciones en plano topográfico.** Con base en los elementos cartográficos y fotografías aéreas existentes, así como con el levantamiento ejecutado, se indicarán en el plano respectivo los distintos tramos que integran el predio, señalando en cada uno de ellos el área con que cuentan y sus principales características.
12. **Elaboración de tabuladores y de fichas técnicas por cada tramo identificado y por cada tipo de construcción.** Se elaborará un resumen que muestre la ubicación topográfica de cada uno de los tramos, su extensión, regímenes de propiedad existentes, así como los precios máximos y mínimos. Del mismo modo, se identificarán

los tramos en fichas individuales que indiquen sus características físicas: agronómicas o urbanas, según sea el caso, junto con sus precios máximo y mínimo.

La relación esquemática de estas actividades puede ser observada en la Figura 4.3, que a continuación se muestra; la secuencia antecedente y consecuente de dichas actividades, así como su nomenclatura, se señala en la Tabla 4.1.

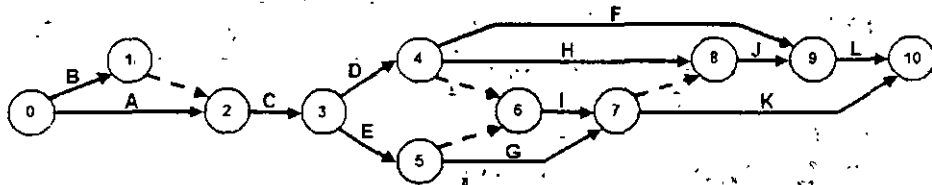


Diagrama Esquemático de la relación de actividades para realizar estudios valuatorios relativos a predios de gran extensión

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ANTECEDENTE	CONSECUENTE
A	Recopilación y análisis de base informativa documental		C
B	Análisis de planos cartográficos y fotos aéreas existentes		C
C	Ordenamiento de labores de campo y logística de visitas	A, B	D, E
D	Verificación ocular de tramos y construcciones existentes	C	F, H, I
E	Levantamiento topográfico	C	G, I
F	Elaboración de reporte fotográfico	D	L
G	Elaboración de plano topográfico	E	K
H	Investigación de mercado	D	J
I	Clasificación definitiva de tramos y construcciones existentes	D, E	J, K
J	Determinación de valores de terreno y construcciones	H, I	L
K	Señalamiento de tramos y construcciones en plano topográfico	G, I	
L	Elaboración de tabuladores y fichas técnicas	F, J	

Secuencia y nomenclatura de actividades para realizar estudios valuatorios relativos a predios de gran extensión

En este informe se indicarán también antecedentes, características y descripción general del predio y, en su caso, de los inmuebles que existan y de los elementos agronómicos. Asimismo, se integrarán las consideraciones previas del estudio valuatorio, constituidas por los datos oficiales del predio (información catastral y datos de uso del suelo), resultado de las actividades respectivas.

EL MÉTODO "HR"

Para el tema tratado, esta faceta del método es aplicable para determinar el valor de cambio de terrenos ubicados en zonas de alto grado de saturación, sobre los cuales pueden existir o no edificaciones. Los principios que sustentan al método son aquellas que la práctica valuatoria generalmente aplica en el ámbito urbano (casas habitación, departamentos en

Finalmente, con la repercusión de terreno obtenida para el predio que se pretende valorar, se aplicará la siguiente expresión:

$$V.C._{x\text{terreno}} = (R.Te._x) (A.Co._x)$$

donde:

V.C._x: Valor de cambio del terreno por valorar.

R.Te._x: Repercusión de terreno determinada para el predio por valorar.

A.Co._x: Área máxima de las construcciones que pueden ser edificadas en el terreno cuyo valor quiere ser conocido.

EL MÉTODO DE LA RAZÓN DE SUPERFICIE

Este método será aplicable cuando se pretenda valorar un predio con base en otros dos que posean el mismo uso y edificabilidad, pero diferente superficie entre ellos y aquél por valorar. La base para tal fin la establecen dos premisas: La primera de ellas, la definición de la razón de superficie:

$$R.Su._i = A.Te._i / A.Te._x$$

donde:

R.Su._i: Razón de superficie del iésimo predio cuyo valor es conocido.

A.Te._i: Área del iésimo predio del cual se conoce su valor.

A.Te._x: Área del predio que se pretende valorar.

i: Sólo tomará los valores equivalentes a uno y dos.

Y la segunda, la idealización del comportamiento de dicha razón con un modelo matemático del tipo:

$$F.Su. = R.Su.^{1/k}$$

donde:

F.Su.: Factor por superficie.

R.Su.: Razón de superficie.

Este modelo matemático mantiene una relación directa entre la razón de superficie y el factor por superficie, es decir, cuando el primero crece, el segundo también lo hará, ocurriendo lo análogo en caso contrario; sin embargo, si la razón de superficie es igual a cero o a la unidad, el factor por superficie tendrá, igualmente, el mismo valor. Esta propiedad resulta ser independiente de las superficies de los predios involucrados en el método, situación que hace al modelo adecuado y conveniente en lo que respecta a su aplicación.

Posteriormente, se establecerá la siguiente equivalencia:

$$V.C._x' = (V.C._1') (F.Su._1) = (V.C._2') (F.Su._2)$$

donde:

- V.C._x': Valor de cambio unitario del predio que se pretende valorar.
 F.Su._i: Factor por superficie del iésimo predio cuyo valor es sabido.
 V.C._i': Valor de cambio unitario del iésimo predio, del cual se conoce su valor.

Acto seguido, se determinará el valor de "k" aplicable al modelo matemático, mismo que se determinará del siguiente modo:

$$(V.C._1') (R.Su._1)^{1/k} = (V.C._2') (R.Su._2)^{1/k}$$

$$[V.C._1'] [(A.Te._1 / A.Te._x)^{1/k}] = [V.C._2'] [(A.Te._2 / A.Te._x)^{1/k}]$$

$$\ln(V.C._1') + [1/k] [\ln(A.Te._1) - \ln(A.Te._x)] = \ln(V.C._2') + [1/k] [\ln(A.Te._2) - \ln(A.Te._x)]$$

$$k [\ln(V.C._1') - \ln(V.C._2')] = \ln(A.Te._2) - [\ln(A.Te._1)]$$

$$k = [\ln(A.Te._2) - [\ln(A.Te._1)] / [\ln(V.C._1') - \ln(V.C._2')]$$

donde:

- A.Te._i: Área del iésimo terreno del cual se sabe su valor.
 V.C._i': Valor de cambio unitario del iésimo predio cuyo valor es conocido.
 i: Sólo tomará los valores equivalentes a uno y dos.

Por último, el valor del predio en cuestión se determinará aplicando las siguientes equivalencias:

$$V.C._x = (V.C._1') (A.Te._1)^{1/k} (A.Te._x)^{[(k-1)/k]}$$

$$V.C._x = (V.C._2') (A.Te._2)^{1/k} (A.Te._x)^{[(k-1)/k]}$$

donde:

- V.C._x: Valor de cambio del predio que se pretende valorar.
 V.C._i': Valor de cambio unitario del iésimo predio cuyo valor es conocido.
 A.Te._i: Área del iésimo terreno del cual se sabe su valor.
 A.Te._x: Área del terreno que se quiere valorar.
 i: Sólo tomará los valores equivalentes a uno y dos.