



REVISIÓN
2012



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

BMZ 

Por encargo de:
Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo



Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Av. Dr. Gustavo Baz Prada No. 2160, Puerta 1, 2do. piso, Col. La Loma, 54060, Tlalnepantla, Edo. de México
+52 55 53 66 82 62 • +52 55 53 62 22 47 • giz-mexiko@giz.de • www.giz.de

Manual de rehabilitación, clausura y saneamiento de sitios de disposición final



REVISIÓN
2012



**M. en D. Cruz Juvenal Roa
Sánchez**

Secretario de Medio Ambiente
del Gobierno del Estado
de México

**M. en C. Carlos Toledo
Manzúr**

Secretario de Medio Ambiente
y Recursos Naturales
del Gobierno del Estado
de Guerrero

**Lic. Raúl Omar González
Castilla**

Secretario de Ecología
y Medio Ambiente
del Gobierno del Estado
de Quintana Roo

Ing. Axel Macht

Asesor Principal del Programa Gestión Ambiental Urbana e Industrial
de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ)

Autores:

Ing. Ricardo Ortiz Conde, Consultor Externo GIZ

M. en I. Claudia Patricia Hernández Barrios, Asesora GIZ

Con apoyo de:

Gobierno del Estado de México

Gobierno del Estado de Guerrero

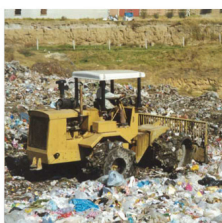
Gobierno del Estado de Quintana Roo

Revisión 2012

©Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ, 2012

Se autoriza la reproducción parcial o total, citando la fuente referenciada.

Manual de rehabilitación, clausura y saneamiento de sitios de disposición final



REVISIÓN
2012



CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE FIGURAS
ÍNDICE DE IMÁGENES

1.	Antecedentes	1
2.	Una revisión a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003	3
2.1.	Definiciones y categorías de los sitios de disposición final	3
2.2.	Especificaciones para la selección del sitio	4
2.3.	Características constructivas y operativas del sitio de disposición final	5
2.4.	Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad	7
2.5.	Plan de Regularización	9
	Para recordar:	11
3.	Toma de decisión: rehabilitación y/o clausura y saneamiento de un sitio de disposición final	12
	Para recordar:	13
4.	Plan de Regularización para la rehabilitación de un sitio de disposición final	14
4.1.	Estudios y análisis previos	15
4.2.	Descripción general del sitio	19
4.3.	Proyecto ejecutivo de rehabilitación	21
4.3.1.	Características constructivas y operativas del sitio	21
4.3.2.	Manual de operación, control de registro e informe mensual de actividades (Tipo A, B y C)	25
4.3.3.	Programa de medición y control de impactos ambientales (Tipo A, B y C)	25
4.3.4.	Obras complementarias (Tipo A, B, C y D)	26
4.3.5.	Clausura de alguna sección o del sitio al final de su vida útil	27
	Para recordar:	28
5.	Plan de Regularización para la clausura y saneamiento de un sitio de disposición final	29
5.1.	Estudios y análisis previos	30
5.1.1.	Estudios básicos relacionados con los RSU y RME y sus derivados	30
5.1.2.	Estudios básicos relacionados con las características del sitio	31
5.2.	Descripción general del sitio de disposición final	32
5.3.	Proyecto ejecutivo de clausura y saneamiento	32
5.3.1.	Cobertura final de la clausura	32
5.3.2.	Conformación final del sitio	34
5.3.3.	Mantenimiento	35
5.3.4.	Programa de monitoreo	37
5.3.5.	Uso final del sitio de disposición final	38
	Para recordar:	39

6. Estudio de Impacto Ambiental	40
6.1. Estado de México	40
6.2. Guerrero	41
6.3. Quintana Roo	43
7. Experiencias exitosas	44
7.1. Estado de México	44
7.2. Guerrero	56
7.3. Quintana Roo	58
8. Glosario	66
9. Fuentes consultadas	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Categorías de sitios de disposición final	3
Tabla 2.2	Estudios y análisis previos a la selección, construcción y operación de sitios tipo A, B, C y D	5
Tabla 2.3	Características constructivas y operativas de sitios tipo A, B, C, y D	6
Tabla 2.4	Clausura de sitios tipo A, B, C y D	7
Tabla 2.5	Programa de Regularización de sitios de disposición final	10
Tabla 4.1	Nivel de compactación de residuos	23
Tabla 4.2	Obras complementarias	27
Tabla 5.1	Fallas y causas más frecuentes presentadas en taludes	36
Tabla 6.1	Principales características del impacto ambiental relacionadas a SDF en el Estado de México	41
Tabla 6.2	Características generales del impacto ambiental relacionadas a SDF en Guerrero	42
Tabla 6.3	Características generales del impacto ambiental relacionadas a SDF en Quintana Roo	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Restricciones para la ubicación de sitios tipo A, B, C y D	4
Figura 2.2	Procedimiento de evaluación de la conformidad	8
Figura 3.1	Toma de decisión para el correcto establecimiento del Plan de Regularización	12
Figura 4.1	Proceso del Plan de Regularización para rehabilitación de un sitio	14
Figura 5.1	Proceso del Plan de Regularización para clausura definitiva y saneamiento de un sitio	29
Figura 5.2	Diseño de la cubierta final	33

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 7.1	Sitio de disposición final de Nextlalpan antes de la clausura y saneamiento y el resultado final	45
Imagen 7.2	Sitio de disposición final de Zumpango antes y después de la regularización	48
Imagen 7.3	Sitio de disposición final de Amecameca antes y después de la regularización	51
Imagen 7.4	Sitio de disposición final de Teotihuacan antes y después de la regularización	54
Imagen 7.5	Sitio de disposición final de Chilapa de Álvarez antes y después de la clausura y saneamiento	57
Imagen 7.6	Sitio de disposición final de Bacalar antes y después de la regularización	59
Imagen 7.7	Sitio de disposición final de Chetumal antes y después de la regularización	61
Imagen 7.8	Sitio de disposición final de Playa del Carmen antes y después de la regularización	63
Imagen 7.9	Sitio de disposición final de Cancún antes y después de la regularización	65

Antecedentes



El Gobierno Federal Mexicano y el Gobierno de Alemania, a través de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, (GIZ) GmbH), ejecutan un esquema de cooperación bilateral nombrado “Programa Gestión Ambiental Urbana e Industrial”.

Una de las líneas de acción de este programa está enfocada al fortalecimiento de capacidades de los gobiernos municipales y estatales. En este sentido, se han desarrollado diversos instrumentos en forma conjunta con la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, SMAGEM, entre ellos diversos manuales y guías relacionadas con la regularización y operación de los sitios de disposición final de residuos sólidos.

Uno de estos productos, el *Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México*, publicación que salió a la luz en diciembre de 2000 y fue reeditada en noviembre 2002, estuvieron basados en la entonces vigente Norma Oficial Mexicana **NOM-083-ECOL-1996**¹. A pesar de que este manual quedó desactualizado con la publicación en 2004 de la Norma Oficial Mexicana **NOM-083-SEMARNAT-2003**², ha seguido siendo de gran apoyo para las autoridades ambientales estatales y municipales para lograr el control de sus sitios de disposición final.

¹ Publicada en el DOF de fecha 25 de noviembre de 1996.

² Publicada en el DOF de fecha 20 de octubre de 2004.

Antecedentes



A más de una década de servicio de dicho manual, se hace necesaria una actualización basada en la Norma Oficial Mexicana **NOM-083-SEMARNAT-2003**, de manera que siga funcionando como una herramienta de fácil manejo para los responsables a nivel estatal y municipal de los sitios de disposición final para realizar la rehabilitación, clausura y saneamiento de estos.

Con el objeto de que este manual sea una herramienta importante no sólo en el territorio del Estado de México, los alcances de esta actualización se amplían en el marco de cooperación bilateral entre la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) con los Gobiernos de los Estados de Guerrero y Quintana Roo.

2 Una revisión a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003

Los responsables a nivel estatal o municipal de la construcción y/o de la operación de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial deben dar cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana **NOM-083-SEMARNAT-2003**, la cual establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el país.



Una de las disposiciones generales más importantes que establece esta NOM es que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que no sean aprovechados o tratados, deben disponerse en sitios de disposición final que cumplan con los requerimientos de la misma.

2.1. Definiciones y categorías de los sitios de disposición final.

La **NOM-083-SEMARNAT-2003**, establece una definición de los tipos de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que podemos encontrar en el territorio nacional:

Sitio controlado: Sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización.

Sitio no controlado: Sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en la norma.

Asimismo, se establecen las categorías para los sitios de disposición final de acuerdo a la cantidad de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día.

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

Tabla 2.1
Categorías
de sitios de
disposición final



Figura 2.1
Restricciones para
la ubicación de
sitios A,B, C y D



1. Aeródromo público o aeropuerto
2. Cuerpo de agua superficial con caudal continuo, lagos y lagunas
3. Area natural protegida
4. Zonas de: marismas, esteros, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas, ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas
5. Zona de inundación
6. Traza urbana
7. Pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial o ganadero tanto en operación como abandonados.

La Figura 2.1 presenta un resumen de las restricciones para la ubicación un sitio de acuerdo con su categoría, establecidas en la **NOM-083-SEMARNAT-2003** en su numeral 6.1



La Tabla 2.2 presenta un resumen de los estudios y análisis previos a la selección, construcción y operación de un sitio de acuerdo con su categoría, establecidos por la **NOM-083-SEMARNAT-2003** en su numeral 6.2, 6.3 y 6.4

Especificaciones	Tipo o categoría de sitio			
	A	B	C	D
Estudios y análisis regionales previos a la selección del sitio				
Geológico y Geohidrológico	●			
Hidrológico				
Estudios y análisis previos a la construcción y operación del sitio	●	●		
Topográfico				
Geotécnico	●	●	●	
Evaluación geológica				
Evaluación hidrogeológica	●	●		
Estudios de generación y composición de residuos				
Generación y composición de RSU y RME	●	●	●	
Generación de biogás				
Generación de lixiviado	●	●		

Tabla 2.2
Estudios y análisis previos a la selección, construcción y operación de sitios tipo A, B, C y D

2.3. Características constructivas y operativas del sitio de disposición final
A continuación en la Tabla 2.3 se presenta un resumen de las características constructivas y operativas de los sitios de acuerdo a su categoría, establecidas por la **NOM-083-SEMARNAT-2003** en su numeral 7 y 8.

Especificaciones	Tipo o categoría de sitios			
	A	B	C	D
Características constructivas y operativas del sitio				
Sistema de impermeabilización	1x10 ⁻⁷ cm/s	1x10 ⁻⁷ cm/s	1x10 ⁻⁷ cm/s	1x10 ⁻⁵ cm/s



Tabla 2.3
Características
constructivas y
operativas de sitios
tipo A, B, C, y D

Especificaciones	Tipo o categoría de sitio			
	A	B	C	D
Sistema de extracción, captación, conducción y control de biogás	●	●	●	
Sistema de captación, extracción de lixiviados (recirculación/tratamiento)	●	●	●	
Drenaje pluvial	●	●	●	
Área de emergencia	●	●	●	
Nivel de compactación de residuos	600/700 kg/m ³	>500kg/m ³	>400 kg/m ³	>300kg/m ³
Control de dispersión de materiales ligeros y fauna nociva	●	●	●	
Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales				●
Coertura de residuos	Diaria	Diaria	Diaria	Semanal
Medidas de restricción en el ingreso de residuos líquidos, residuos impregnados con aceites minerales, residuos peligrosos y lodos que no cumplan con la normatividad vigente	●	●	●	
Medidas de restricción en el ingreso de residuos peligrosos en general				●
Manual de operación, control de registro, informe mensual de actividades	●	●	●	
Programa de medición y control de impactos ambientales, así como monitoreo ambiental de biogás, lixiviados y acuíferos	●	●	●	
Permitida actividad de separación de residuos en el sitio siempre y cuando no se afecte el cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003, ni signifique riesgo para las personas que la realicen	●	●	●	
Obras complementarias				
Caminos de acceso, cerca perimetral, caseta de vigilancia y control de acceso, vestidores y servicios sanitarios, y franja de amortiguamiento (mínimo 10 m)	●	●	●	
Cerca perimetral, caseta de vigilancia y control de acceso				●
Caminos interiores, báscula, agua potable, electricidad y drenaje	●	●		
Oficinas, servicio médico y seguridad personal	●			

Especificaciones	Tipo o categoría de sitios			
	A	B	C	D
Clausura del sitio				
Cobertura final de clausura	●	●	●	●
Conformación final del sitio	●	●	●	●
Programa de mantenimiento de pos clausura	●	●	●	●
Programa de monitoreo	●	●	●	
Uso final del sitio aprobado por la autoridad competente	●	●	●	●



Tabla 2.4
Clausura de
sitios tipo A,
B, C y D

La Tabla 2.4 presenta un resumen de las especificaciones de clausura de un sitio de acuerdo con su categoría, establecidos por la **NOM-083-SEMARNAT-2003** en su numeral 9.

2.4. Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad.

El Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (PEC) establece, dentro del esquema de normalización, comprendido en el marco de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, la metodología para facilitar y orientar a las entidades públicas y privadas que operan sitios de disposición final, así como a las Unidades de Verificación (UV) sobre el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en la **NOM-083-SEMARNAT-2003**.

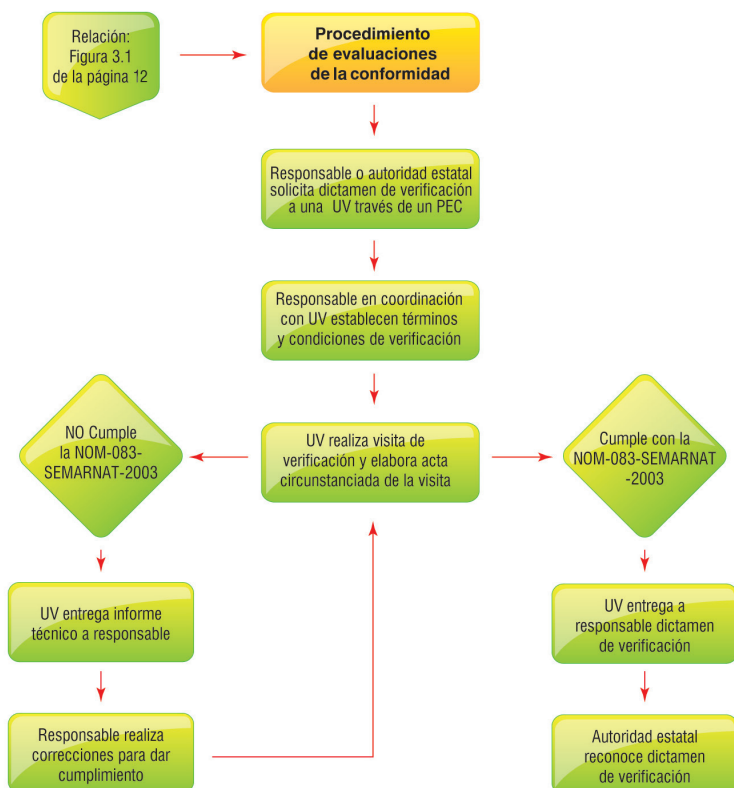
Las UV son aquellas personas físicas o morales que realizan actos de verificación debidamente acreditadas y aprobadas tanto por la autoridad federal como por la estatal para verificar el cumplimiento de la norma. Actualmente la SEMARNAT en coordinación con la Entidad Mexicana de Acreditación se encuentra desarrollando el procedimiento para la acreditación de las UV.

La evaluación de la conformidad se podrá efectuar durante la operación, construcción o clausura de un sitio de disposición final, a través de una UV a petición de las autoridades ambientales estatales o entidades públicas y privadas que operan sitios de disposición final.

En la siguiente Figura 2.2 se presenta de manera esquematizada el procedimiento de evaluación de la conformidad a seguir por los responsables de los sitios o autoridades estatales que requieran solicitar un Dictamen de Verificación a una Unidad de Verificación.



Figura 2.2
Procedimiento
de evaluación
de la conformidad



Una de las formas en que cualquier encargado del sitio de disposición final municipal puede hacer una rápida evaluación del grado de cumplimiento de la **NOM-083-SEMARNAT-2003** es a través de un modelo desarrollado en el IPN. Este considera el promedio de las respuestas de 15 expertos en cuanto al valor ponderado de cada uno de los puntos, obteniéndose un puntaje sobre el ideal para cada tipo de sitio de disposición final contemplado. Para mayor detalle ver el link correspondiente a la Lista de verificación de cumplimiento de la **NOM-083-SEMARNAT-2003**:

http://girosol.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=2224:lista-de-verificacion-de-cumplimiento-nom-083&Itemid=139



Esta evaluación del SDF nos permite tomar decisiones como:

- a) Invertir dinero en su rehabilitación
- b) Cerrar el existente y construir uno nuevo a un lado
- c) Clausurar definitivamente el sitio y buscar uno nuevo.

Estas decisiones pueden representar la inversión más importante dentro de una gestión municipal. Se ha visto que la vida política de un municipio se ha afectado de forma significativa cuando se han tomado decisiones al respecto de los SDF.

2.5. Plan de Regularización

Los sitios de disposición final que estén en funcionamiento y no cumplan con lo establecido en la **NOM-083-SEMARNAT-2003** no podrán seguir operando, a menos que regularicen su situación, conforme al siguiente procedimiento:

a) La entidad responsable del sitio de disposición final elaborará y someterá a la aprobación de las autoridades ambientales estatales un Plan de Regularización (PR), que incluya las acciones y medidas que se juzguen necesarias, con el fin de cumplir los requisitos de la norma.

b) Una vez presentado el PR, las autoridades ambientales estatales adoptarán una decisión definitiva en un plazo no mayor a 6 meses, sobre la cancelación o autorización de continuar las operaciones, con base en el PR y de lo dispuesto en la norma. Las autoridades estatales adoptarán medidas necesarias para cerrar los sitios de disposición final que no hayan obtenido la autorización para continuar sus actividades.

c) Sobre la base del PR aprobado, la autoridad ambiental estatal fijará un periodo transitorio para el implemento de dicho Plan de Regularización.



Tabla 2.5
Programa de
Regularización
de sitios de
disposición final

Todos aquellos sitios que deban ser clausurados se apegarán a los siguientes lineamientos:

Tipo de sitio de disposición final	Programa de Regularización
Sitio no controlado	Aplicación rutinaria de material de cobertura final antes de un periodo de 6 meses. Clausura en un término que no exceda de 18 meses
Sitio controlado	Limitación del crecimiento horizontal en un periodo de 6 meses. Clausura en un plazo máximo de 24 meses

El PR es un proyecto de ingeniería a detalle que contiene acciones y medidas, en que se indican los procesos, actividades, diseños, calendario de obra, personal, costos y maquinaria que se requieren para que un sitio de disposición final, que actualmente no cumple con los requisitos establecidos en la norma pueda cumplir con ella.

El PR puede ser elaborado por personal con experiencia de la entidad responsable del sitio de disposición final o por consultores especializados en la elaboración de este instrumento. La presentación del PR ante la autoridad ambiental estatal debe realizarla la entidad responsable del sitio (municipio, empresa o particular). Existen dos formas de PR dependiendo del cumplimiento de las especificaciones establecidas en la **NOM-083-SEMARNAT-2003** de los sitios de disposición final:

1. Rehabilitación del sitio de disposición final y
2. Clausura definitiva del sitio de disposición final.

Considerando que:

Rehabilitación: acción de recuperar o restituir la capacidad de un sitio de disposición final para continuar con el confinamiento de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial.

Clausura: sellado del área de un sitio de disposición final después de la suspensión definitiva de la recepción de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial.



Para recordar:

Lo que hay que hacer respecto al SDF:

- 1) Ver si está considerado como controlado o no controlado, respecto a la **NOM-083-SEMARNAT-2003**
- 2) Clasificarlo en función a la cantidad de residuos ingresados (*Tabla 2.1*)
- 3) Tener muy en cuenta las restricciones para la ubicación de sitios (*ver Figura 2.1*)
- 4) Para cada categoría de sitio se tienen ciertos estudios y análisis previos que considerar para la construcción y operación (*Tabla 2.2*)
- 5) Según la categoría de SDF serán las características constructivas y operativas a considerar (*Tabla 2.3*)
- 6) Cuando un SDF va a ser clausurado se deben tener ciertas características mínimas (*Tabla 2.4*)
- 7) Es necesario determinar el grado de cumplimiento que el SDF tiene respecto a la **NOM-083-SEMARNAT-2003** (*ver link*):
 - <http://giresol.org/index.php?option=comk2&view=item&id=2224:lista-de-verificacion-de-cumplimiento-nom-083&Itemid=139>
 - Procedimiento de evaluación de la conformidad (*Figura 2.2*)
 - Plan de Regularización: rehabilitación o clausura

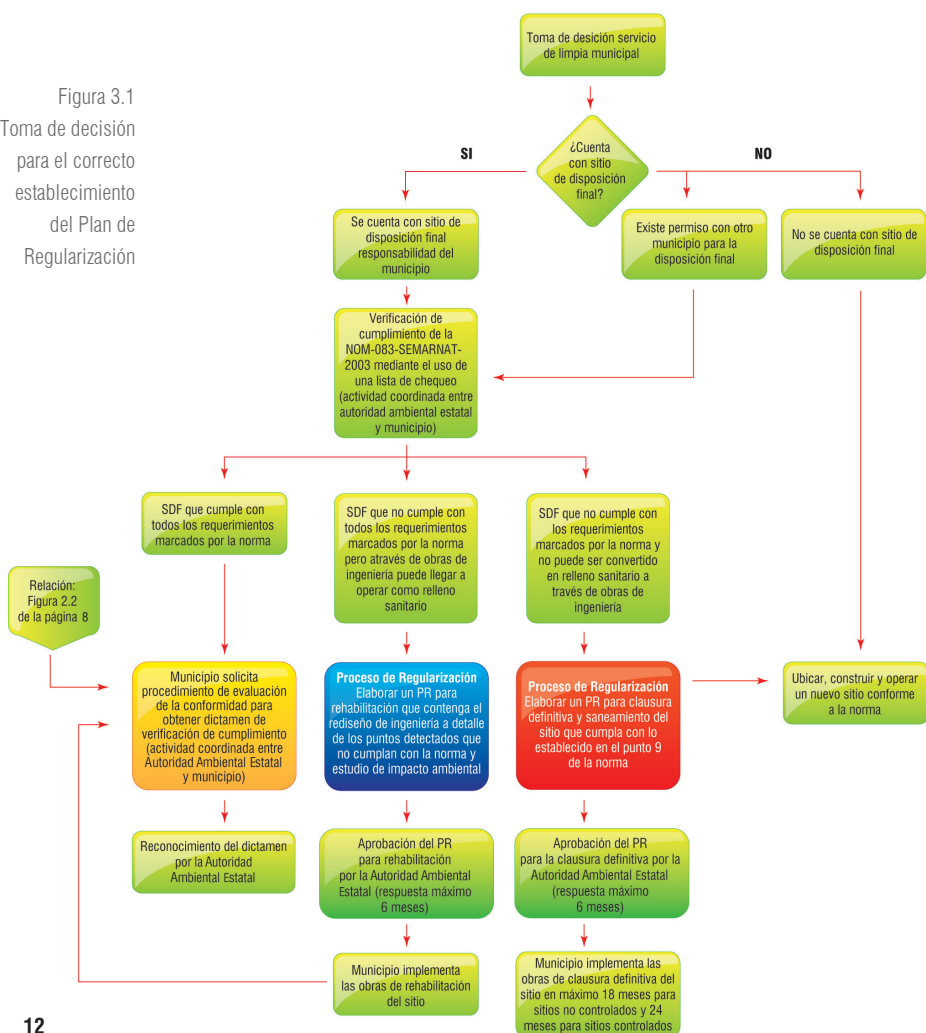


3 Toma de decisión: rehabilitación y/o clausura y saneamiento de un sitio de disposición final



La situación actual de los sitios de disposición final es muy diversa y cada uno requiere de un proyecto específico para realizar su regularización conforme a la **NOM-083-SEMARNAT-2003**. Antes de rehabilitar o clausurar un sitio controlado o no controlado, se debe tener un buen conocimiento de las condiciones actuales del sitio y el cumplimiento de la norma, esto ayudará a una correcta toma de decisión para el establecimiento de un PR. Ver Figura 3.1

Figura 3.1
Toma de decisión
para el correcto
establecimiento
del Plan de
Regularización



Para el conocimiento de las condiciones actuales del sitio se propone el uso de una Lista de verificación de cumplimiento de la **NOM-083-SEMARNAT-2003** que de manera rápida permite tanto a las autoridades ambientales estatales como a los responsables de los sitios a verificar si el actual sitio cumple con lo requerido por la norma y tomar la correcta decisión para un óptimo establecimiento del Plan de Regularización.

En el link:

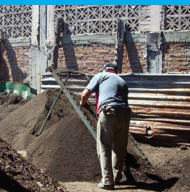
http://girosol.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=2224:lista-de-verificacion-de-cumplimiento-nom-083&Itemid=139 se presenta una Lista de verificación que considera los requerimientos establecidos por la **NOM-083-SEMARNAT-2003**.



Para recordar:

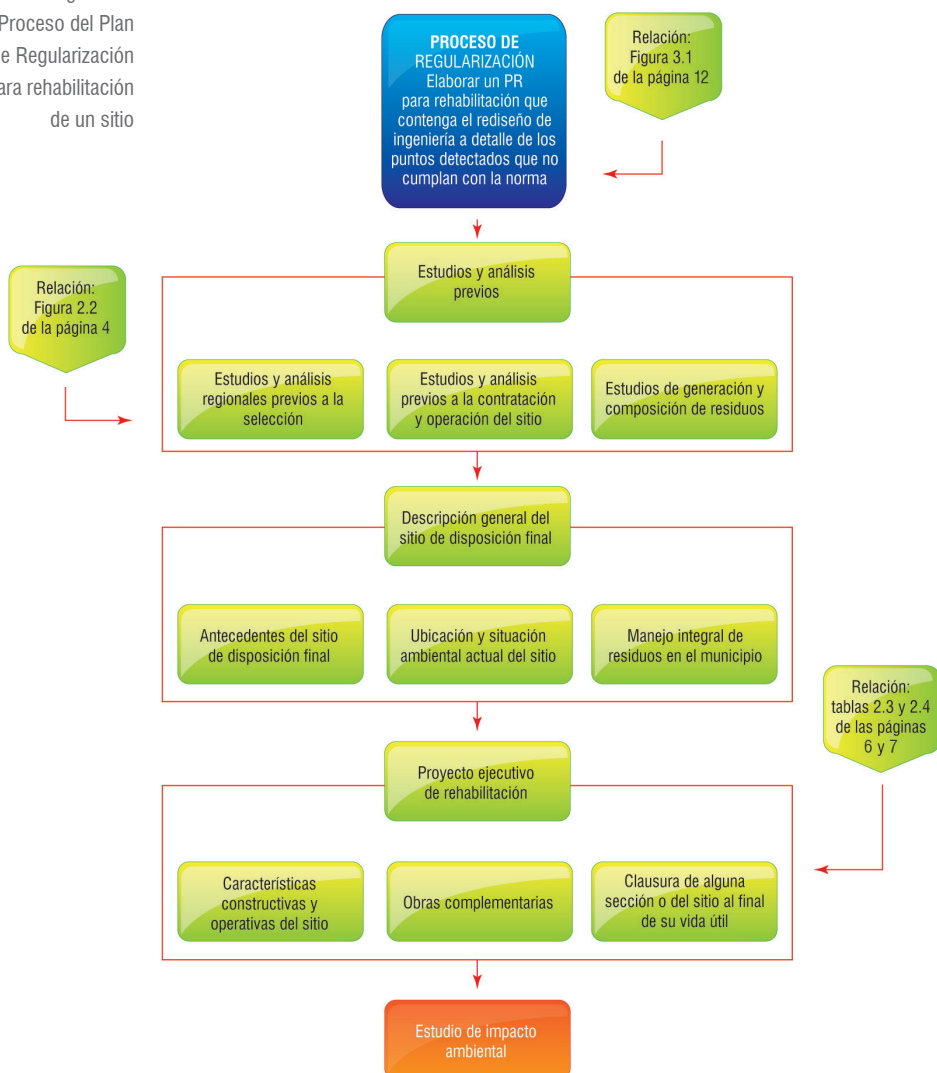
- Ver la Figura 3.1 para un mejor entendimiento de como decidir entre rehabilitación y/o clausura de un SDF.
- Si el SDF no cumple con todos los requerimientos, pero a través de obras de ingeniería puede operar como un relleno sanitario, entonces se requiere de un PR de Rehabilitación (Proyecto Ejecutivo de ingeniería + Manifestación de Impacto Ambiental).
- Si el SDF no cumple con todos los requerimientos de la norma y no puede operar ya como relleno sanitario, entonces se requiere de un PR de Clausura (Proyecto ejecutivo de ingeniería + Estudio de Impacto Ambiental).

4 Plan de Regularización para la rehabilitación de un sitio de disposición final



Como se mencionó con anterioridad una de las formas del PR es la Rehabilitación de un SDF. La Figura 4.1 presenta el proceso de regularización y con el objeto de ubicar al lector se marca las relaciones que tiene este proceso con otras figuras y tablas contenidas en este manual.

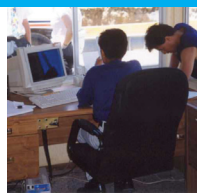
Figura 4.1
Proceso del Plan
de Regularización
para rehabilitación
de un sitio



4.1. Estudios y análisis previos

La rehabilitación de un sitio de disposición final requiere del cumplimiento según lo establecido en la norma en lo referente a análisis y estudios previos.

Los estudios básicos a considerar son:



Estudios y análisis regionales previos a la selección del sitio

Geológico Regional (Tipo A)

Se deberá determinar el marco geológico regional con el fin de obtener su descripción estratigráfica, así como su geometría y distribución, considerando también la identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo se debe incluir todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio; esta información puede ser de cortes litológicos de pozos perforados en la zona e informes realizados por alguna institución particular u oficial.

Este estudio debe ser elaborado por especialistas en la materia.

Hidrogeológico Regional (Tipo A)

a) Evidencias y uso del agua subterránea: Definir ubicación de las evidencias del agua subterránea, tales como manantiales, pozos y norias en la zona de influencia, para conocer el gradiente hidráulico.

Asimismo, se debe determinar el volumen de extracción, tendencias de la explotación y planes de desarrollo en la zona de estudio.

b) Identificación del tipo de acuífero: identificar las unidades hidrogeológicas, tipo de acuífero y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero.

c) Análisis del sistema de flujo: Determinar la dirección del flujo subterráneo regional.

Los estudios geológico e hidrogeológico serán determinantes para que la autoridad ambiental estatal dictamine si el sitio no presenta riesgo ambiental de operar bajo las condiciones en que lo ha venido haciendo, determine las condicionantes que se deberán cumplir para continuar operando o en su caso indique la clausura definitiva del sitio. Este estudio debe ser elaborado por especialistas en la materia y laboratorios acreditados.



Algunos estudios regionales y/o zonales se pueden encontrar en las oficinas locales de la Comisión Nacional del Agua (CNA) o del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), ya sea que se tengan estudios preliminares o datos de pozos cercanos, para establecer la existencia de acuíferos en la zona, gasto, profundidad, dirección de flujo, entre otras características.

Estudios y análisis previos a la construcción y operación del sitio

Topográfico (Tipo A, B y C)

Se deberá realizar un estudio topográfico incluyendo planimetría y altimetría a detalle del sitio. El cual puede ser efectuado tanto por personal calificado del municipio como por personal externo.

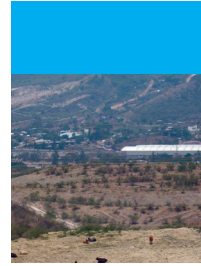
Primeramente se tendrán los trabajos de localización y orientación del terreno. En segundo lugar se contemplan los trabajos correspondientes a altimetría, secciones y curvas de nivel del terreno. Como parte importante se tiene la determinación del relieve original del sitio a nivel de terreno natural, lo cual será factible obtener a partir de estudios anteriores³ o mediante restitutiones fotogramétricas para tal fin.

Al mismo tiempo esta información permitirá estimar la volumetría de lo que ya ha sido dispuesto y proyectar el volumen disponible, que en conjunción con los datos de generación y composición de residuos, así como el diseño del proyecto, permitirán estimar la vida útil restante.

Geotécnico (Tipo A, B y C)

Para obtener los elementos de diseño necesarios para garantizar la protección del suelo, subsuelo, agua superficial y subterránea, la estabilidad de las obras

³ Contar con un archivo documental que integre toda la información del sitio representa una gran ventaja durante el desarrollo de un PR.



civiles y del sitio de disposición final a construirse, deberá realizarse al menos las siguientes pruebas:

a) Exploración y muestreo:

- Exploración para definir sitios de muestreo
- Muestreo e identificación de muestras
- Análisis de permeabilidad de campo
- Peso volumétrico in situ

b) Estudios en laboratorio

- Clasificación de muestras según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- Análisis granulométrico
- Permeabilidad
- Prueba Proctor
- Límites de consistencia (Límites de Atterberg)
- Consolidación unidimensional
- Análisis de resistencia al esfuerzo cortante
- Humedad

Con las propiedades físicas y mecánicas definidas a partir de los resultados de laboratorio, se deben realizar los análisis de estabilidad de taludes de las obras de terracería correspondientes. Estos estudios deben ser realizados por especialistas en la materia y laboratorios acreditados.

Evaluación geológica (Tipo A y B)

Se deberá precisar la litología de los materiales, geometría, distribución y presencia de fracturas, así como fallas geológicas. Se deberán determinar las características estratigráficas del sitio.

Este estudio debe ser realizado por especialistas en la materia.



Evaluación hidrogeológica (Tipo A y B)

Se deben determinar los parámetros hidráulicos, dirección del flujo subterráneo, características físicas, químicas y biológicas del agua. Se deben determinar las unidades hidrogeológicas que componen el subsuelo, así como las características que las identifican (espesor y permeabilidad).

Este estudio debe ser realizado por especialistas en la materia.

Estudios de generación y composición de residuos

Generación y composición de RSU y RME (Tipo A, B y C)

Se deben elaborar los estudios de generación y composición de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial de la población por servir, con proyección para al menos la vida útil del sitio de disposición final.

Para los sitios Tipo A y B se recomienda que se realicen estudios de campo basados en las Normas Mexicanas (NMX) correspondientes⁴ u otras metodologías autorizadas por la autoridad ambiental estatal.

Para los sitios Tipo C se recomienda aplicar información disponible de otros municipios, que presenten características similares. Las autoridades ambientales estatales cuentan en muchos casos con estos datos y tienen la capacidad de asesorar en su uso.

Se debe tener presente que la decisión de realizar o no un estudio de campo la toman las autoridades ambientales estatales, mismas que pueden solicitar:

- Realizar estudios de campo basados en las Normas Mexicanas correspondientes:

NMX-AAA-061-1985	Determinación de la generación de residuos sólidos
NMX-AAA-022-1985	Selección y cuantificación de subproductos

⁴ NMX-015-1985 Protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. Residuos Sólidos Municipales. Método de cuarteo.
NMX-019-1985 Protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. Residuos Sólidos Municipales. Peso volumétrico.
NMX-022-1985 Protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. Residuos Sólidos Municipales. Selección y cuantificación de subproductos.
NMX-AA-61-1985 Protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. Residuos Sólidos Municipales. Determinación de la generación.

NMX-AA-15-1985 Muestreo y método de cuarteo

NMX-AAA-019-1985 Peso volumétrico

- Aplicar los parámetros básicos disponibles según la población y estratos sociales de la localidad.
- Aplicar los parámetros básicos disponibles y complementarlos con estudios de campo.

Los estudios de generación y composición de residuos deben ser realizados por especialistas o por personal del municipio que este entrenado en la materia.

Generación de biogás (Tipo A y B)

Se debe estimar la cantidad de generación esperada del biogás, mediante análisis químicos estequiométricos, que tomen en cuenta la composición química de los residuos por manejar.

Generación de lixiviado (Tipo A y B)

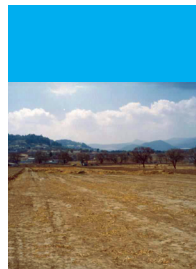
Se debe cuantificar el lixiviado mediante algún balance hídrico.

4.2. Descripción general del sitio

Antecedentes del sitio de disposición final

Como parte de los antecedentes del sitio de disposición final actual se deberá indicar si existe un proyecto ejecutivo para la selección del sitio, su diseño, operación, clausura y monitoreo ambiental, así como si el mismo fue autorizado por las autoridades competentes a través de la presentación del informe previo o manifestación de impacto ambiental. De ser este el caso, es recomendable anexar copia de las autorizaciones correspondientes. En caso de no existir, deberá de igual forma ser indicado.

Este apartado puede ser realizado por personal del Ayuntamiento como por personal externo en coordinación con personal del municipio.





Ubicación y situación ambiental actual del sitio

Como parte de este apartado se deberá describir el cumplimiento respecto a las restricciones de ubicación del sitio establecidas en la **NOM-083-SEMARNAT-2003** (Ver Figura 2.1).

Por otra parte se deberá describir la situación ambiental actual del sitio considerando:

- Medio físico natural: resumen breve de las características fisiográficas y la estructura del territorio, considerando los aspectos geológicos, edafológicos, hidrográficos, topográficos y algunos de los recursos bióticos más importantes.
- Características del sitio: dimensiones del terreno, instalaciones, residuos depositados, estimación de la vida útil, contaminación por lixiviados, riesgo potencial debido a la generación de biogás, análisis de las afectaciones a la salud pública.
- Descripción de la operación del sitio: incluyendo maquinaria y equipo utilizado, personal empleado y presencia de pepenadores dentro del sitio.

Este apartado puede ser realizado por personal del municipio o externo, calificado en el tema.

Manejo integral de residuos en el municipio

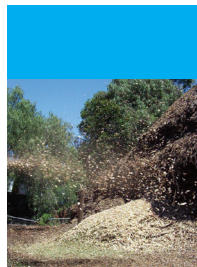
Se debe realizar una descripción de cada una de las etapas que constituyen el manejo integral de residuos en la localidad, considerando: almacenamiento temporal (separación en la fuente si existe), barrido, recolección, transferencia, tratamiento (aprovechamiento de los residuos si existe) y especial énfasis en la disposición final.

Ya que un sitio rehabilitado continuará recibiendo RSU y RME, son importantes los datos referentes a la generación y composición de éstos en el sitio.

Es importante señalar la cantidad de RSU y RME generados, así como las diferentes fuentes de generación y su porcentaje de participación (domicilios, comercio, servicios e industria).

Una forma de obtener estos parámetros es aplicar información disponible de otros municipios, que presenten características similares. Las autoridades ambientales estatales cuentan con estos datos, pero antes de su aplicación se requiere de la autorización por dichas autoridades para verificar en conjunto que datos pueden ser aplicados y en qué forma.

Otra forma es realizar un estudio de generación y composición de acuerdo con la normatividad mexicana aplicable. Ver en apartado 4.1 la parte de Generación y composición de RSU y RME (Tipo A, B y C)



Este apartado puede ser realizado por personal del municipio como por personal externo calificado.

4.3. Proyecto ejecutivo de rehabilitación

El proyecto ejecutivo es el conjunto de memorias, planos, cálculos, especificaciones, presupuestos y programas, que contiene datos precisos y suficientes detalles para que el constructor esté en posibilidad de interpretar la información gráfica y escrita contenida en el mismo para poder realizar la obra. El proyecto ejecutivo deberá ser realizado por personal calificado en la materia. La información mínima que deberá contener el proyecto ejecutivo es la siguiente:

- Proyecto arquitectónico
- Proyecto estructural
- Proyecto de instalaciones
- Programa de la construcción
- Memorias de cálculo
- Especificaciones técnicas
- Inversiones y costos

A continuación se presentan los lineamientos establecidos en la **NOM-083-SEMARNAT-2003** a considerar en la elaboración de un proyecto ejecutivo de rehabilitación.

4.3.1. Características constructivas y operativas del sitio

Sistema de impermeabilización (Tipo A, B, C y D)

Los sitios Tipo A, B y C deben contar con una barrera geológica natural o equivalente a un espesor de un metro y un coeficiente de conductividad hidráulica de al menos 1×10^{-7} cm/s sobre la zona destinada al establecimiento de las celdas de disposición final, o bien, garantizarla con un sistema de impermeabilización equivalente.



En el caso de los sitio Tipo D la impermeabilización del terreno deberá garantizar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-5} cm/s, con un espesor mínimo de un metro, o su equivalente, por condiciones naturales del terreno, o bien, mediante la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.

La protección o impermeabilización artificial puede ser⁵:

- a) Con material natural (adición de suelos externos con características impermeables, como las arcillas o tepetate, a través de compactación)
- b) Con materiales externos (como el polietileno de alta densidad HDPE con espesor de 1.5 mm, geomembrana, bentonita, aditivos minerales, aditivos químicos, asfaltado, etc.).

Sistema de extracción, captación, conducción y control de biogás (Tipo A, B y C)

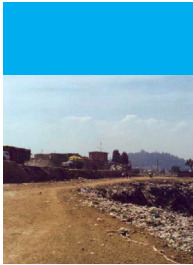
Se debe garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás generado en el sitio de disposición final. Una vez que los volúmenes y la edad de los residuos propicien la generación de biogás y de no disponerse de sistemas para su aprovechamiento conveniente, se procederá a su quema ya sea a través de pozos individuales o mediante el establecimiento de una red con quemadores centrales.

Para el caso en el que el volumen de generación de biogás es importante, pudiera presentarse para los Tipo A, es recomendable que evalúen la posibilidad de la captación del biogás con el objeto de concertar su proyecto en el esquema de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto y generar Reducciones Certificadas de Emisiones (CER's) o también llamados Bonos de Carbono.

Sistema de captación y extracción de lixiviado (Tipo A, B y C)

Debe construirse un sistema que garantice la captación y extracción del lixiviado generado en el sitio de disposición final. El lixiviado debe ser recirculado en las celdas de residuos confinados en función de los requerimientos de humedad para la descomposición de los residuos, o bien, ser tratado, o una combinación de ambas.

⁵ Para mayor detalle ver el Capítulo 4 Características constructivas y operativas del SDF, de la Guía para la revisión de proyectos ejecutivos, planes de regularización o evaluación de la conformidad según la NOM-083-SEMARNAT-2003. GTZ – SEMARNAT, 2007.



Drenaje pluvial (Tipo A, B y C)

Se debe diseñar un drenaje pluvial para el desvío de escurrimientos pluviales y el desalojo del agua de lluvia, minimizando de esa forma su infiltración a las celdas.

Área de emergencia (Tipo A, B y C)

El sitio de disposición final deberá contar con un área de emergencia para la recepción de los residuos en caso de una eventualidad, desastre natural o emergencia de cualquier orden que no permita la operación en el frente de trabajo; dicha área debe proporcionar la misma seguridad ambiental y sanitaria que las celdas de operación ordinarias.

Nivel de compactación de residuos (Tipo A, B, C y D)

Los sitios de disposición final deben alcanzar los siguientes niveles mínimos de compactación:

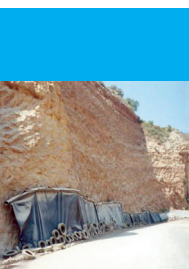
Síto	Compactación de los residuos kg/m ³	Recepción de residuos sólidos Ton/día
A	>700	>750
	>600	100-750
B	>500	50-100
C	>400	10-50
D	300	<10

Tabla 4.1
Nivel de compactación de residuos

Control de dispersión de materiales ligeros y fauna nociva (Tipo A, B, C y D)

Para sitios Tipo A, B y C se debe controlar la dispersión de materiales ligeros y la proliferación de fauna nociva.

Para el control de la dispersión de materiales ligeros se pueden aplicar los siguientes procedimientos:



- Exigir el uso de lonas en vehículos de caja abierta que ingresan al sitio
- Ubicar el frente de trabajo en áreas protegidas de las condiciones predominantes del viento
- Uso de bardas perimetrales y mallas móviles
- Construcción de barreras de viento vegetales
- Limpieza y recolección periódica (bastón paplero, barrido y aspirado)
- Mejorar técnicas de empuje y compactación de residuos (empujar los residuos sobre la pendiente y controlar la velocidad del tractor)

En el caso de los sitios Tipo D estos deben tener control de la proliferación de fauna nociva y evitar el ingreso de animales al sitio.

Para el control de la proliferación de fauna nociva se pueden aplicar los siguientes procedimientos:

- Cobertura oportuna de los residuos
- Aplicación de soluciones insecticidas sobre residuos descargados
- Establecer un programa de eliminación de plagas mediante envenenamiento con cebos y eliminación de sus refugios.

Cobertura de residuos (Tipo A, B, C y D)

Para sitios Tipo A, B y C los residuos deben ser cubiertos en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 horas posteriores a su depósito. Para sitios Tipo D los residuos deben ser cubiertos por lo menos cada semana.

Medidas de restricción en el ingreso de residuos (Tipo A, B, C y D)

Los sitios de disposición final Tipo A, B y C, adoptarán medidas para que los siguientes residuos no sean admitidos: residuos líquidos, residuos impregnados con aceites minerales, residuos peligrosos y lodos que no cumplan con la normatividad vigente.

El sitio de disposición final Tipo D, deberá evitar el ingreso que residuos peligrosos en general.



4.3.2. Manual de operación, control de registro e informe mensual de actividades (Tipo A, B y C)

El sitio de disposición final deberá contar con:

a) Manual de operación:

- Dispositivos de control de accesos de personal, vehículos y materiales, prohibiendo el ingreso de residuos peligrosos, radiactivos o inaceptables.
- Método de registro de tipo y cantidad de residuos ingresados.
- Cronogramas de operación.
- Programas específicos de control de calidad, mantenimiento y monitoreo ambiental del biogás, lixiviados y acuíferos.
- Dispositivos de seguridad y planes de contingencia para: incendios, explosiones, sismos, fenómenos meteorológicos, y manejo de lixiviados, sustancias reactivas, explosivas e inflamables.
- Procedimientos de operación.
- Perfil de puestos.
- Reglamento interno.

b) Control de registro:

- Ingreso de RSU y RME, materiales, vehículos, personal y visitantes.
- Secuencia de llenado del sitio de disposición final.
- Generación y manejo de lixiviados y biogás.
- Contingencias.

c) Informe mensual de actividades.

4.3.3. Programa de medición y control de impactos ambientales

(Tipo A, B y C)

Para asegurar la adecuada operación de los sitios de disposición final, los responsables de los sitios deberán instrumentar un programa que incluya la medición y control de los impactos ambientales, además del programa de monitoreo ambiental⁶ de dichos sitios, conservar y mantener los registros correspondientes:

⁶ Una referencia mayor está en el punto 4.13 Programa de Monitoreo ambiental de la Guía para la revisión de proyectos ejecutivos, planes de regularización o evaluación de la conformidad según la NOM-083-SEMARNAT-2003. GTZ – SEMARNAT, 2007.



a) Monitoreo de biogás: se debe elaborar un programa de monitoreo de biogás que tenga como objetivo conocer el grado de estabilización de los residuos para proteger la integridad del sitio de disposición final y detectar migraciones fuera del predio. Dicho programa debe especificar los parámetros de composición, explosividad y flujo del biogás. Es importante considerar los rangos de explosividad del biogás en el sitio para evitar contingencias.

b) Monitoreo de lixiviado: se debe elaborar un programa de monitoreo de lixiviado, que tenga como objetivo conocer sus características de Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y metales pesados.

c) Monitoreo de acuíferos: los programas de monitoreo deben contar con puntos de muestreo que respondan a las condiciones particulares del sistema de flujo hidráulico, mismo que define la zona de influencia del sitio de disposición final, y por lo menos, dos pozos de muestreo, uno aguas arriba y otro aguas abajo del sitio de disposición final. Los parámetros básicos que se considerarán en el diseño de los pozos son:

- Gradientes superior y descendente hidráulico
- Variaciones naturales del flujo del acuífero
- Variaciones estacionales del flujo del acuífero
- Calidad del agua antes y después del establecimiento del sitio de disposición final. La calidad de referencia estará definida por las características del agua nativa.

4.3.4. Obras complementarias (Tipo A, B, C y D)

Los sitios de disposición final deben contar con las siguientes obras complementarias:

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

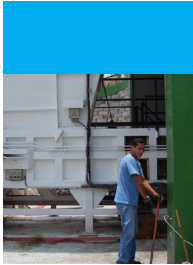


Tabla 4.2
Obras
complementarias

4.3.5. Clausura de alguna sección o del sitio al final de su vida útil
El Plan de Regularización para Rehabilitación, deberá contener un Programa de Clausura que cumpla con lo establecido en el numeral 9 de la **NOM-083-SEMARNAT-2003**:

- a) En caso de tener considerada la clausura de una de las secciones actuales del sitio y;
- b) Para el final de la vida útil del sitio.

Para mayores indicaciones ver el capítulo siguiente del presente Manual.



Para recordar:

El esquema para mejor comprensión está en la *Figura 4.1*

- 1) Se necesita hacer la evaluación o lista de chequeo del SDF.
- 2) Será la Autoridad Ambiental Estatal quien indique el tipo y los alcances del PR de Rehabilitación.
- 3) Se requiere de hacer estudios y análisis del SDF (*ver 4.1*) y para ello se necesita de especialistas y laboratorios certificados para los estudios de generación y composición de lixiviados y biogás.
- 4) Los estudios de generación y composición de residuos pueden ser hechos por personal del municipio o por consultores.
- 5) Se requiere la descripción general del SDF (*ver 4.2*), lo que implica tener el diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el municipio.
- 6) Se recomienda contratar el proyecto ejecutivo de rehabilitación a consultoría especializada, conteniendo por lo menos:
 - Características constructivas y operativas
 - Manual de operación, control e informe de actividades
 - Programa de medición y control de impactantes ambientales
 - Obras complementarias (en función de la categoría de SDF)
 - Clausura parcial.

Con los puntos 3 al 6 se completa un PR de rehabilitación.

5 Plan de Regularización para la clausura y saneamiento de un sitio de disposición final

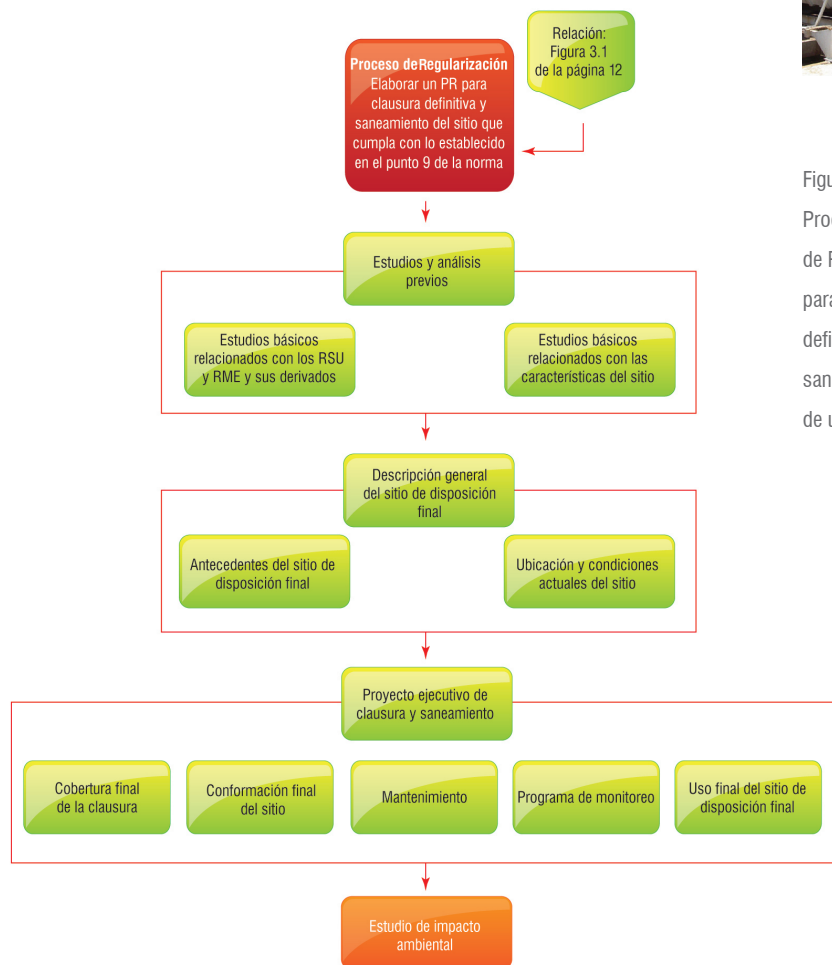


Figura 5.1
Proceso del Plan de Regularización para clausura definitiva y saneamiento de un sitio

Como se mencionó con anterioridad una de las formas de PR es la clausura definitiva y saneamiento de un SDF. La Figura 5.1 presenta éste proceso de regularización y con el objeto de ubicar al lector se marca las relaciones que tiene este proceso con otras figuras y tablas contenidas en este manual.



5.1. Estudios y análisis previos

La clausura definitiva de un sitio de disposición final requiere del cumplimiento según lo establecido en la norma en lo referente a análisis y estudios previos. Los estudios básicos referidos a considerar son:

5.1.1. Estudios básicos relacionados con los RSU y RME y sus derivados

Estimación de los RSU y RME depositados

La estimación de la volumetría de los residuos que han sido depositados en el sitio, puede ser obtenida a partir de levantamientos topográficos y la determinación del relieve original del sitio a nivel de terreno natural, lo cual será factible de determinar a partir de estudios anteriores o mediante restitutiones fotogramétricas para tal fin.

Para ello es de mucha ayuda contar con los estudios y proyectos que dieron origen al actual sitio de disposición final.

Generación y análisis de lixiviados

Considerando la cantidad de residuos depositados y la situación geográfica y climatológica local, es posible estimar la generación de lixiviados. El muestreo y análisis de lixiviados permitirá obtener una caracterización particular de estos, lo cual servirá para determinar si es necesario darles un tratamiento y el tipo de tratamiento apropiado.

Generación y análisis de biogás

Considerando la cantidad y composición de los residuos depositados, así como la situación geográfica y climatológica local, es posible estimar la generación de biogás. La caracterización del biogás permitirá conocer su composición y el nivel de riesgo presente en el sitio. Esta información permitirá definir el potencial de aprovechamiento del biogás, así como obtener los parámetros de diseño de los sistemas de captación y control.

5.1.2. Estudios básicos relacionados con las características del sitio

Análisis de agua subterránea

Su caracterización está en función de que existan pozos en la zona y la dirección del flujo del acuífero de manera que la toma de muestras se realice aguas abajo y aguas arriba con relación a la ubicación del sitio de disposición final. El análisis físico químico del agua permitirá determinar si existe contaminación por causa del sitio de disposición final en la zona. El conocimiento sobre la contaminación del acuífero permitirá tomar medidas complementarias, como por ejemplo, la restricción del uso del agua y medidas adicionales de minimización del ingreso de agua pluvial para reducir la infiltración.

Topografía

Se deberá realizar un estudio topográfico incluyendo planimetría y altimetría a detalle del sitio.

Primeramente se tendrán los trabajos de localización y orientación del terreno. En segundo lugar se contemplan los trabajos correspondientes a altimetría, secciones y curvas de nivel del terreno.

Mecánica de suelos

Se deberá realizar para obtener los elementos de diseño necesarios para garantizar la protección del suelo, subsuelo, agua superficial y subterránea, así como establecer la clausura del sitio (altura máxima).

Se recomienda determinar los siguientes parámetros de campo y laboratorio: capacidad de carga, permeabilidad, clasificación de suelos, capacidad de intercambio catiónico, peso volumétrico, granulometría, contenido orgánico total, límites de consistencia, compresión triaxial, compactación Proctor estándar, pH, humedad y porosidad.





5.2. Descripción general del sitio de disposición final

Antecedentes del sitio de disposición final

Como parte de los antecedentes del sitio de disposición final actual se deberá indicar si existe un proyecto ejecutivo para la clausura y monitoreo ambiental, así como si el mismo fue autorizado por las autoridades competentes a través de la presentación del informe previo o manifestación de impacto ambiental. Sería de ayuda el consultar con la autoridad estatal ambiental para ver si en sus registros se encuentra dicha autorización y el documento ingresado para ello.

Ubicación y condiciones actuales del sitio

Se deberá describir la ubicación y la situación ambiental actual del sitio considerando:

- Medio físico natural: resumen breve de las características fisiográficas y la estructura del territorio, considerando los aspectos geológicos, edafológicos, hidrográficos, meteorológicos, y algunos de los recursos bióticos más importantes.
- Características del sitio: dimensiones del terreno, instalaciones, residuos depositados, contaminación por lixiviados, riesgo potencial debido a la generación de biogás, análisis de las afectaciones a la salud pública.
- Presencia de pepenadores dentro del sitio.

5.3. Proyecto ejecutivo de clausura y saneamiento

5.3.1. Cobertura final de la clausura

El propósito de la cubierta final en un sitio de disposición final es aislar a los residuos cercanos a la superficie del ambiente, para minimizar la migración de líquidos en las celdas y controlar el venteo del gas generado. Un sistema de cobertura final debe ser construido para que cumpla con las funciones anteriores, aunado a un mínimo mantenimiento del drenaje adecuado, reduciendo la erosión y asentamientos, con una permeabilidad muy baja.

La cobertura de los residuos deberá considerar los siguientes aspectos:

- Disponibilidad del material de cobertura, a través del cálculo de volúmenes de material a utilizar y así localizar el (los) banco (s) de material de donde se extraerá.

- La selección del banco de material siempre que éste tenga un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-5} a 1×10^{-7} cm/s, cuente hasta con un 10% de finos y del 90-100% de gravas o arenas, que sea compactable, con un 25-50% de porosidad y cercano al sitio.
- La altura que los residuos sólidos depositados han alcanzado dentro del sitio.
- La compactación que los residuos han tenido a lo largo del tiempo en que se ha ido depositando, en toda la superficie del sitio.
- Los ángulos de inclinación que presentan los taludes de la conformación final de residuos sólidos depositados en el sitio.

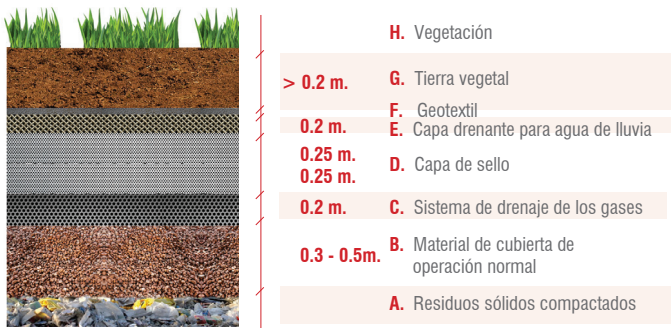
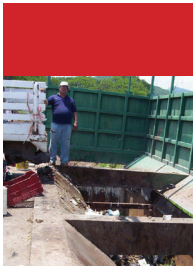


Figura 5.2
Diseño de la
cubierta final

A. Residuos sólidos. Esta última capa debe estar bien compactada antes de colocar el material de cubierta siguiente, pues será la base estructural para la clausura.

B. Material de cubierta de operación normal. En la superficie de la última capa de residuos se coloca una capa de material cuyo espesor deberá ser mayor de 0.2 m.

C. Sistema de drenaje de los gases. Éste contendrá grava arenosa o material producto de escombros de construcción, que tienen buena permeabilidad para el biogás generado. Así que esta capa funciona como un sistema de drenaje, a través del cual el biogás migra a los sistemas de venteo. Este material debe de ser compactado para constituir un buen fundamento de las capas de sello siguientes. Se considera que esta capa permeable debe de colocarse para sitios donde la altura de los residuos sólidos depositados alcanzó más de 6 m.



D. Capa de sello. Sobre la capa de drenaje se coloca la capa de sello, la cual debe constituir una barrera de baja permeabilidad. Esta barrera minimiza a largo plazo la infiltración de líquidos y es parecida al sistema de impermeabilización que se coloca en el fondo del relleno (dos capas de material arcilloso de 0.25 m. de espesor, con una permeabilidad de 1×10^{-6} cm/s).

E. Después de la cubierta impermeable, se coloca otra cubierta de 0.2 m de espesor mínimo de material grueso como capa drenante, de aquellos líquidos (agua pluvial) que pasen de la cubierta superior. Se requiere para aquellos sitios cuya conformación final tenga pendientes mayores o iguales al 3%. Tomando en cuenta que el cuerpo de los residuos sólidos tiene un proceso de asentamiento durante varios años después de la clausura, la pendiente del 3% reduce la necesidad de arreglos posteriores para conformación estructural.

F. Se recomienda el uso de un geotextil después de la capa drenante, con el fin de evitar la saturación de los poros de la capa permeable y minimizar la erosión.

G. La cubierta superior del sitio está constituida por una cubierta de tierra vegetal, cuya función es la de proteger las capas inferiores del daño mecánico y, junto con la vegetación, protegerla contra la erosión. El espesor de esta capa depende del material disponible y el uso final que se planea dar al sitio.

En cualquier caso el espesor mínimo recomendado es de 0.2 m. En el caso de que se tenga planeado la plantación de árboles y/o arbustos, se puede requerir hasta espesores de 1m. Las pendientes finales de la estructura deben ser mayores del 2%, en función del avance de la estabilización de los residuos.

H. Las características deseables de la vegetación que se coloca sobre la última capa de tierra vegetal son: raíces poco profundas, de rápido crecimiento, resistentes al biogás, capaces de soportar la falta de agua y que se extiendan horizontalmente sobre el área. Debe evitarse que las raíces penetren y dañen las capas de clausura que se encuentran más abajo.

5.3.2. Conformación final del sitio

La conformación que se debe dar al sitio de disposición final debe contemplar las restricciones relacionadas con el uso del sitio, estabilidad de taludes, límites del predio, características de la cobertura final de clausura, drenajes superficiales y la infraestructura para el control del lixiviado y biogás.



5.3.3 Mantenimiento

Los responsables del sitio de disposición final deben elaborar y operar un programa de mantenimiento de pos clausura para todas las instalaciones del sitio de disposición final, mismo que deberá ser aprobado por la Autoridad Estatal Ambiental. Este programa deberá considerar un periodo de al menos 20 años de mantenimiento, el cual puede ser reducido cuando se demuestre a la Autoridad Ambiental Estatal que ya no existe riesgo a la salud y al ambiente.

El programa debe incluir:

- Reparación de grietas y hundimientos provocados por la degradación de los residuos
- Reparación de daños ocasionados por la erosión (escurrimientos pluviales y viento).

El mantenimiento a largo plazo tiene el objetivo de resolver problemas provocados por acción de las lluvias y del viento, como las depresiones, grietas y erosiones. Es importante que en caso de que dichos problemas existan, se reparen lo más pronto posible para evitar que los residuos queden al descubierto y puedan provocar problemas ambientales.

La estabilidad de taludes está considerada como uno de los factores de mayor importancia para la clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto, deberá estar acorde al tipo de residuos sólidos depositados en el sitio y el diseño conceptual de la superficie final del lugar.

Los tipos de fallas y causas más frecuentes presentadas en los taludes (superficies inclinadas respecto a la horizontal) se presentan en la Tabla 5.1.

Las depresiones en este tipo de obras clausuradas son comunes debido a la degradación natural que sufre la basura con el paso del tiempo, por lo que tiende a formarse en la superficie de la cubierta final una depresión.

Las acciones a tomar tienen como objetivo evitar la acumulación de agua de lluvia y su infiltración.



Tabla 5.1
Fallas y causas
más frecuentes
presentadas
en taludes

Tipo de Falla	Causas
Deslizamiento	Partículas de material se deslizan superficialmente hacia abajo. Falta de presión normal dentro del confinamiento (falla en la compactación)
Movimiento del cuerpo del talud	Movimientos bruscos que afectan a una masa considerable del talud, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo.
Erosión	Fallas causadas por el viento o agua.
Licuefacción	Cuando en la zona de deslizamiento, el suelo pasa rápidamente de un estado más o menos firme a una condición de suspensión con pérdida casi total de resistencia al esfuerzo cortante. Se presenta cuando se da un incremento del contenido de humedad del material

Para los caminos interiores, que son las arterias vitales para lograr un adecuado mantenimiento del sitio, se debe procurar que estén siempre transitables.

El mantenimiento deberá considerar las labores de bacheo, el riego de caminos con agua tratada y la limpieza de cunetas para evitar el azolvamiento.

El control del sitio clausurado y saneado estará plasmado en el “Manual de Mantenimiento y Monitoreo” que describa en forma detallada las siguientes disposiciones:

- Métodos de control: de entrada, de bancos de material y de suministros
- Mantenimiento de vías dentro del sitio
- Señalización informativa, preventiva y restrictiva
- Descripción de las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de estructuras y obras complementarias
- Cronogramas de mantenimiento y monitoreo
- Programas de monitoreo ambiental
- Medidas de seguridad e higiene en el trabajo

-
- Acciones de urgencia
 - Planes de contingencia de incendios, explosiones, sismos, fenómenos meteorológicos y derrames accidentales de combustible
 - Aspectos de comunicación interna y externa.



5.3.4. Programa de monitoreo

El responsable del sitio de disposición final debe elaborar y operar un programa de monitoreo para detectar condiciones inaceptables de riesgo al ambiente por la emisión de biogás y generación de lixiviado, el cual debe mantenerse vigente por el mismo periodo que el programa de mantenimiento (al menos 20 años). Este programa en conjunto con el de mantenimiento deben ser autorizados por la Autoridad Ambiental Estatal.

Existen dos tipos básicos de monitoreo que son el periódico y el continuo. Dependiendo del objetivo del programa de monitoreo y de las condiciones específicas, se deberá seleccionar alguna de las opciones mencionadas para cada uno de los parámetros de interés. Hay que enfatizar que es responsabilidad del municipio el cumplimiento de este programa, sin importar los cambios administrativos debe darse cumplimiento y la Autoridad Estatal Ambiental será la responsable de vigilar su cumplimiento.

Los programas de monitoreo deben incluir como mínimo evaluaciones frecuentes de:

Aguas subterráneas: El muestreo semestral de rutina es suficiente para establecer la presencia de cualquier tendencia, identificando cualquier cambio estadísticamente significativo, y principalmente detectar aquellos parámetros con valores mayores que los de los criterios permitidos.

Aguas superficiales: Este monitoreo debe ser un componente de rutina cuando se sabe o se sospecha que el lixiviado está impactando en las aguas superficiales de los alrededores o cuando se tiene alguna preocupación fundada sobre la calidad del agua subterránea. De otra forma el monitoreo será necesario normalmente el primer año de la clausura y muy esporádicamente en etapas posteriores.



Lixiviado: La frecuencia mensual durante los primeros cuatro años después de cerrado el sitio. Después se recomienda dos veces al año.

Biogás: El monitoreo debe realizarse en programas trimestrales para identificar cualquier problema antes de que ocurra, facilitando las acciones correctivas.

5.3.5. Uso final del sitio de disposición final

Debe ser acorde con el uso de suelo aprobado por la Autoridad Ambiental Estatal, con las restricciones inherentes a la baja capacidad de carga, posibilidad de hundimientos diferenciales y presencia de biogás.

Los sitios utilizados como rellenos sanitarios, una vez clausurados y acondicionados, pueden ser utilizados como parques y para recreación, jardines botánicos y áreas de estacionamiento. Sin embargo, el uso final de estos sitios como áreas verdes es lo más común.



Para recordar:

Para recordar el procedimiento ver la Figura 5.1

- 1) Es la Autoridad Ambiental Estatal quien indica el tipo de PR y los alcances.
- 2) El PR de Clausura se requiere hacer por personal calificado y en laboratorios certificados, para estudios y análisis de:
 - Características de RSU y RME depositados
 - Generación y características de lixiviados y biogás generados en el SDF
 - Análisis de agua subterránea, por lo menos aguas abajo del SDF.
- 3) Descripción general del SDF (5.2), lo que implica tener el diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el municipio.
- 4) Se requiere contratar a consultoría especializada el proyecto ejecutivo de clausura, cuyo contenido mínimo será:
 - Cobertura final de clausura
 - Conformación final de clausura del SDF
 - Instrucciones para el mantenimiento
 - Programa de monitoreo ambiental
 - Uso final del SDF.

6 Estudio de impacto ambiental



Proyectos de estas características requieren de ser evaluados en materia de impacto ambiental por lo que se debe realizar un estudio de impacto ambiental el cual varía su modalidad dependiendo del Estado donde se pretenda realizar el proyecto. Las autoridades ambientales estatales cuentan con áreas específicas para evaluar estos tipos de proyectos.

Este tipo de proyectos deben ser realizados por expertos en la materia y en algunos casos dependiendo del Estado estar registrados como prestadores de servicios en materia de impacto ambiental.



Estado de México

6.1. Estado de México

En el caso del Estado de México existen instructivos específicos para la evaluación en materia de impacto ambiental de proyectos de sitios de disposición final de acuerdo a la superficie de los sitios. Asimismo existe un Padrón de Prestadores de Servicios en materia de impacto ambiental, que se publica dentro de la Gaceta de Gobierno.

La descripción del trámite se encuentra en la publicación del día 5 de octubre de 2007 de la Gaceta del Gobierno, en el cual también fueron publicados los instructivos para:

Elaborar el Informe Previo de Impacto Ambiental

- a) La información específica para sitios de tratamiento y de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en predios menores a 3 Ha.
- b) La información específica para proyectos de clausura de sitios de disposición final de residuos sólidos de los tipos A, B y C en predios menores a 3 Ha.

Elaborar la Manifestación de Impacto Ambiental

- a) La información requerida en el caso de sitios de tratamiento y de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en predios mayores a 3 Ha.
 - b) La información específica para proyectos de clausura de sitios de disposición final de residuos sólidos de los tipos a, A, B y C en predios mayores a 3 Ha.
- Los links para instructivos se encuentran en la Tabla 6.1.

Características	Estado de México
¿Tiene Padrón de Prestadores de servicios en la materia?	Sí, en Gaceta de Gobierno del Estado
Informe Preventivo	Para predios menores de 3 Ha, para clausura de SDF menores de 3 Ha
Manifestación de Impacto Ambiental	Para predios mayores de 3 Ha, para clausura de SDF mayores de 3 Ha
Formatos en internet:	Instructivos de impacto ambiental del estado de México: http://sistemas.edomex.gob.mx/TramitesyServicios/jsp/Contenido.jsp http://sistemas.edomex.gob.mx/TramitesyServicios/jsp/Contenido.jsp http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2005/sep211.pdf

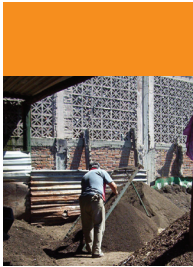


Tabla 6.1
Principales características del impacto ambiental relacionado a sitios de disposición final en el Estado de México

6.2. Guerrero

En el Estado se cuenta con un *Padrón de Prestadores de Servicios* que realizan estudios de impacto ambiental, por lo que se requerirá de un consultor registrado.



Estado de Guerrero

Según lo establecido en el Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental del Estado de Guerrero, las instalaciones de tratamiento, confinamiento, o eliminación de residuos sólidos no peligrosos deben contar con previa autorización de la Secretaría.

Los instructivos para la realización de los Estudios Previos y Manifestaciones de Impacto Ambiental en todas sus modalidades (general, intermedia y específica) forman parte de la publicación del Reglamento.



En el caso del Estado de Guerrero, los sitios de disposición final no cuentan con un instructivo especial, sin embargo la Secretaría ha establecido los siguientes lineamientos:

- a) Sitios Tipo B, C y D deben presentar un Informe Preventivo, según el instructivo indicado.
- b) Sitios Tipo A deben presentar una Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General. Esto dependerá del tonelaje que reciba el sitio y la coordinación con la misma Secretaría.

Los links para instructivos se encuentran en la Tabla 6.2

Tabla 6.2
Características
generales del
impacto ambiental
relacionadas a
SDF en Guerrero

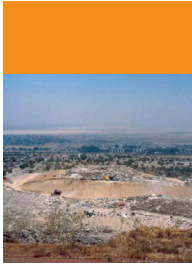
Características	Estado de Guerrero
¿Tiene Padrón de Prestadores de servicios en la materia?	Si
Informe Preventivo	Para SDF tipo B, C y D
Manifestación de Impacto Ambiental	Para SDF tipo A
Formatos en internet:	Instructivos de impacto ambiental del estado de Guerrero: http://guerrero.gob.mx/wp-content/uploads/leyesyreglamentos/215/RLEEPAMIA.pdf http://guerrero.gob.mx/tramites/analisis-de-la-solicitud-en-materia-de-impacto-ambiental-para-definicion-de-modalidad/ http://guerrero.gob.mx/?s=impacto+ambiental&post_type=tramite



Estado de Quintana Roo

6.3. Quintana Roo

En el Estado se cuenta con un Padrón de Prestadores de Servicios que realizan estudios de impacto ambiental, por lo que se requerirá de un consultor registrado.



Según lo establecido en el Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado de Quintana Roo, en Materia de Impacto Ambiental, los confinamientos, instalaciones de tratamiento o de eliminación de residuos domésticos e industriales no peligrosos deben sujetarse al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental mismo que será autorizado por la Secretaría a través del Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental.

En el caso del Estado de Quintana Roo, los sitios de disposición final no cuentan con un instructivo específico para presentar su manifestación de impacto ambiental, sin embargo la Secretaría ha establecido los siguientes lineamientos:

- a) Todos los sitios de deben presentar una Manifestación de Impacto Ambiental, según el instructivo indicado por la autoridad estatal.

Los links para instructivos se encuentran en la Tabla 6.3.

Características	Estado de Quintana Roo
¿Tiene Padrón de Prestadores de servicios en la materia?	Si
Informe Preventivo	No aplica
Manifestación de Impacto Ambiental	Para todos los SDF
Formatos en internet:	Instructivos de impacto ambiental del estado de Quintana Roo: http://www.congresoqroo.gob.mx/leyes/administrativo/ley023/L0920010629.pdf http://tramites.scontraloriaqroo.gob.mx/tramite_web/ver_servicio.php?id_servicio=40

Tabla 6.3
Características
generales del
impacto ambiental
relacionadas
a SDF en
Quintana Roo

7 Experiencias exitosas

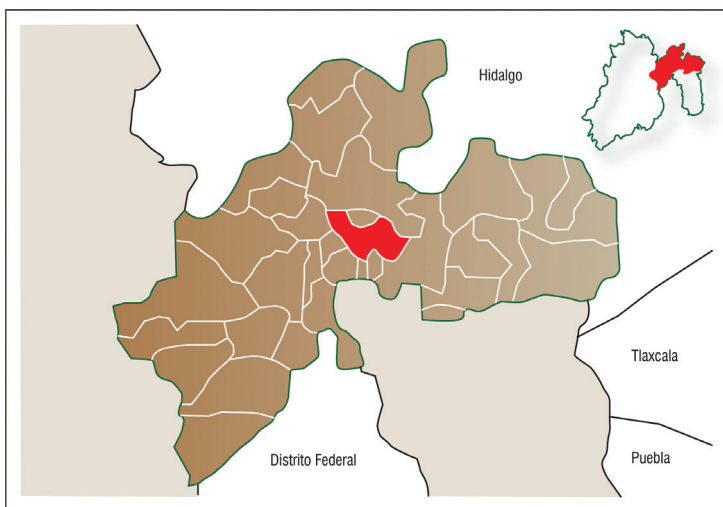


A partir de la publicación de la Norma Oficial Mexicana **NOM-083-SEMARNAT-2003**, diversos sitios de disposición final a lo largo del territorio nacional han regularizado su operación dando cumplimiento a este ordenamiento normativo. A continuación se presentan algunos casos exitosos de sitios regularizados en fechas recientes en los Estados de México, Guerrero y Quintana Roo.

7.1. Estado de México⁷

Estado de México
Región II, Zumpango

Municipio: Nextlalpan



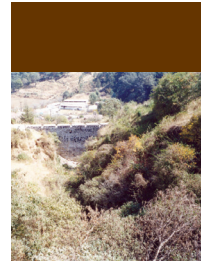
Disposición: 22 Ton/día

Ubicación del SDF: Ejido de Tenopalco, Paraje Cajiga, Municipio de Nextlalpan

Extensión: 0.5 hectárea

Antigüedad: Más de 10 años

⁷ Fuente: Departamento de manejo Integral de Residuos. Subdirección de Prevención y Control de la Contaminación del Suelo y Residuos. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación de Agua, Suelo y Residuos. Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México. Julio 2011.



Condiciones: No contaba con autorización en materia de impacto ambiental, los residuos eran dispuestos a cielo abierto, no cumplía con lo establecido en la **NOM-083-SEMARNAT-2003**, principalmente por localizarse a un costado del gran canal (cuerpo de agua y zona federal). El sitio era operado por el Municipio.

Plan de Regularización: El Ayuntamiento de Nextlalpan presentó Plan de Regularización para Rehabilitación del Sitio, a la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua, Suelo y Residuos, misma que en coordinación con la Dirección General de Ordenamiento e Impacto Ambiental, resolvieron solicitar un Plan de Regularización para Clausura Definitiva del Sitio por no cumplir con el punto 6.1 *Restricciones para la ubicación del sitio* de la NOM-083-SEMARNAT-2003. El sitio se clausuro de manera inmediata y con recursos de la Secretaría del Medio Ambiente, se realizó el saneamiento.

Actualmente Nextlalpan deposita sus residuos en el relleno sanitario ubicado en el municipio de Tecámac y se encuentran en busca de un predio que cumpla con lo establecido en la normatividad, para implementar una planta de selección.

El esquema de colaboración para la clausura y saneamiento de este sitio tuvo sus bases en un convenio entre la Secretaría y el Ayuntamiento de Nextlalpan, en el cual se acordó que la Secretaría se encargaría de la conformación compactación y cubierta de los residuos, mientras que el Ayuntamiento las obras complementarias, mismas que a agosto de 2011 siguen sin ejecutarse.

Antes



Después



Imagen 7.1
Sitio de disposición
final de Nextlalpan
antes de la clausura
y saneamiento y el
resultado final

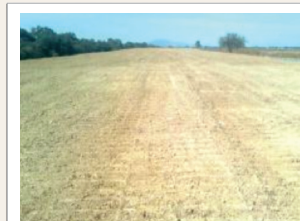


Imagen 7.1
Sitio de disposición
final de Nextlalpan
antes de la clausura
y saneamiento y el
resultado final

Antes



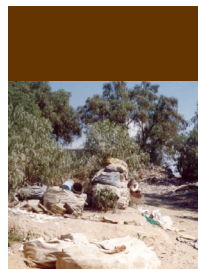
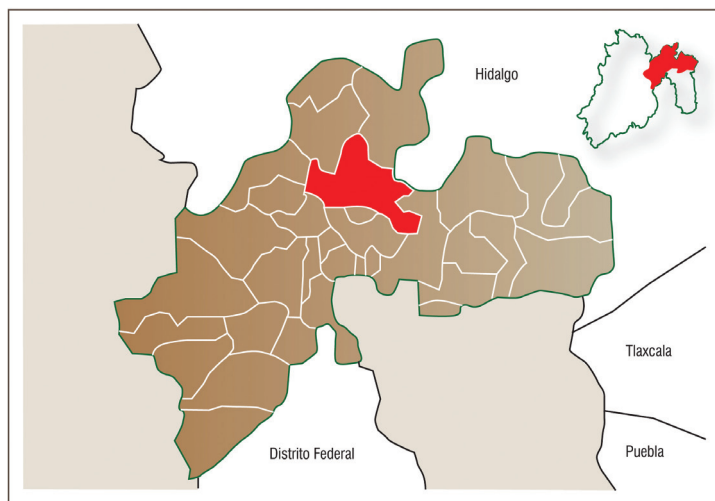
Después



Fotos: Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua, Suelo y Residuos (DGPCCASR), SMAGEM.

Estado de México
Región II, Zumpango

Municipio: Zumpango



Disposición: 140 Ton/día

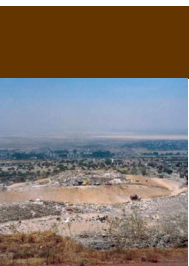
Ubicación del SDF: Cabecera municipal, Barrio San Lorenzo, Carretera Tabiques-Cuautitlán- Tezoyuca

Extensión: 1 hectárea

Antigüedad: Más de 15 años

Fecha de ingreso del Plan de Regularización: Octubre del 2008

Condiciones: No contaba con autorización en materia de impacto ambiental, los residuos eran dispuestos a cielo abierto, no contaba con la infraestructura que establece la **NOM-083-SEMARNAT-2003**.



Plan de Regularización: Fue entregado como Plan para la clausura del sitio, ya que había concluido su vida útil, adicionalmente se encontraba clausurado por la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, ya que recibieron denuncias de vecinos que tienen terrenos aledaños al sitio de disposición final. Con recursos provenientes de la Federación y la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, se elaboró un convenio con las autoridades de Zumpango para sanear el vertedero en cuestión; se conformaron, compactaron y cubrieron los RSU. El municipio se comprometió a realizar las obras complementarias.

A la fecha el sitio esta clausurado, han reforestado la entrada del mismo, colocaron malla ciclónica en toda la periferia del sitio, construyeron canaletas para el desvío de aguas pluviales y laguna para el tratamiento de lixiviados. Actualmente depositan sus residuos en un sitio que cuenta con autorización en materia de impacto ambiental.

Imagen 7.2
Sitio de disposición
final de Zumpango
antes y después de
la regularización

Antes



Después



Antes



Después

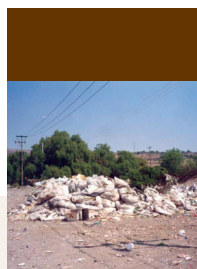
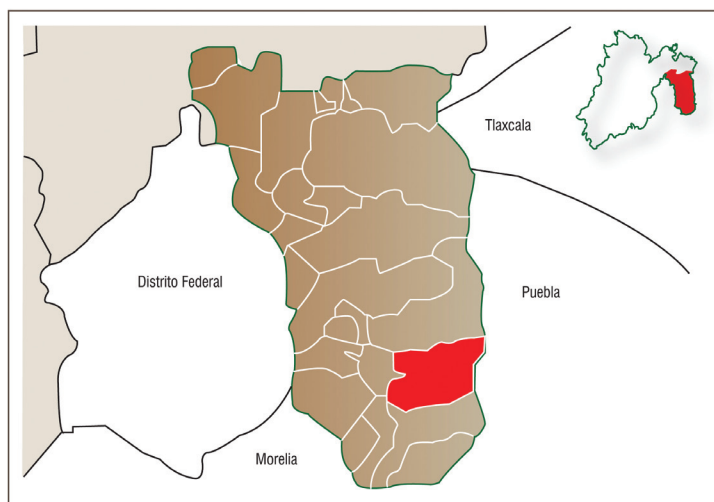


Imagen 7.2
Sitio de disposición
final de Zumpango
antes y después
de la regularización



Estado de México
Región III, Texcoco

Municipio: Amecameca



Disposición: 43 Ton/día

Ubicación: En el kilómetro 2.6 de la Carretera Amecameca-Tlaxacas.

Extensión: 2 hectáreas

Antigüedad: Más de 10 años

Fecha de ingreso del Plan de Regularización: 15 de Diciembre del 2005

Condiciones: Cuenta con autorización en materia de impacto ambiental, los residuos eran dispuestos a cielo abierto, contaba con alguna de la infraestructura que establece la Norma Oficial Mexicana 083 y es operado por el Municipio.

Plan de Regularización: Fue entregado como Plan de Regulación para la rehabilitación del sitio, ya que contaba con la autorización en materia de impacto ambiental expedida por SMAGEM. Contaba en aquel entonces con la siguiente infraestructura: malla ciclónica en toda la periferia del sitio, caseta para el control y vigilancia del ingreso de residuos, pozos para la captación de biogás, impermeabilización con geomembrana en la primera celda, la cual tenía una



extensión de aproximadamente una hectárea, además con laguna para la captación y tratamiento de lixiviado.

El principal problema que presentaba este vertedero era la falta de maquinaria para la conformación, compactación y cubierta de los residuos. En el PR proponían el terminar con las obras de infraestructura que les hacían falta.

A la fecha la celda de operación está por concluir su vida útil, ya conformaron, compactaron y cubrieron los residuos que se encontraban a cielo abierto, así mismo construyeron canaletas para el desvío de aguas pluviales, oficinas y servicios sanitarios. Se encuentran habilitando una nueva celda.

La SMAGEM gestiona recursos para apoyar a varios ayuntamientos del Estado para el saneamiento o adecuación de sus sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, dentro de los cuales se contempló en el ejercicio 2011.

Antes



Después



Imagen 7.3
Sitio de
disposición final de
Amecameca antes
y después de la
regularización



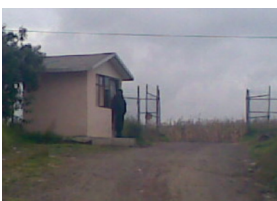


Imagen 7.3
Sitio de
disposición final de
Amecameca antes
y después de la
regularización

Antes

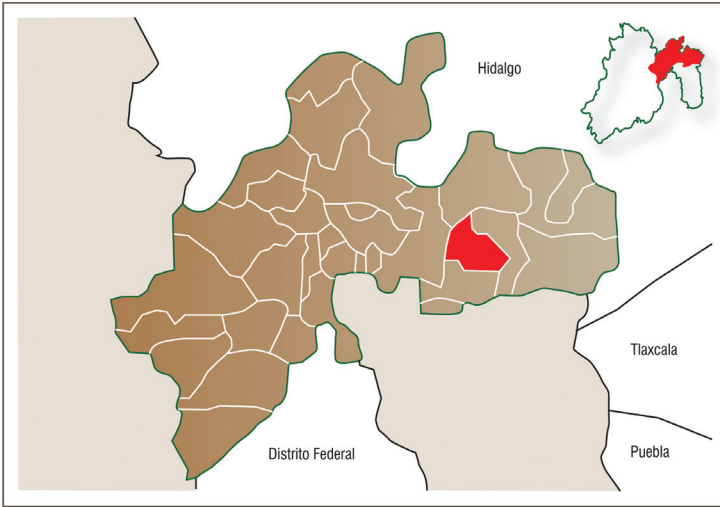


Después



Estado de México

Municipio: Teotihuacan



Disposición: 40 Ton/día

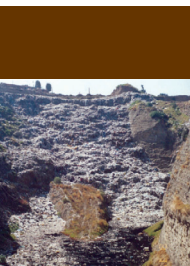
Ubicación: Localidad de San Agustín Actipac, Cerro de Tecomaxuchitl

Extensión: 2.5 hectáreas

Antigüedad: Más de 10 años

Fecha de ingreso del Plan de Regularización: 3 de Noviembre del 2008

Condiciones: El Ayuntamiento se encuentra actualmente realizando trabajos para dar cumplimiento con las condicionantes y obtener la autorización en materia de impacto ambiental. Los residuos eran dispuestos a cielo abierto, contaba con alguna de la infraestructura que establece la Norma Oficial Mexicana 083 y es operado por el Municipio.



Plan de Regularización: Fue entregado como PR del sitio, ya que el predio es propiedad del Ayuntamiento y contemplaban la posible compra de terrenos aledaños para construir una nueva celda que cumpliera con lo establecido en la **NOM-083-SEMARNAT-2003**. El principal problema que tenía era la conformación, compactación y cubierta de los RSU. La SMAGEM apoyó con recursos para el saneamiento y clausura de la celda actual.

A la fecha contempla la construcción de una nueva celda para lo cual tramitan la autorización correspondiente. Finalmente cabe mencionar que actualmente depositan sus residuos en una celda provisional que habilitaron a un costado de la celda clausurada, en la cual cubren los RSU de manera regular con maquinaria pesada, propiedad del Ayuntamiento, la cual sufre de descomposturas frecuentemente, lo que dificulta las labores de conformación, compactación y cubierta.

Antes

Después

Imagen 7.4
Sitio de
disposición final
de Teotihuacán
antes y después
de la regularización



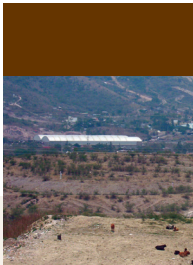
Antes



Después



Imagen 7.4
Sitio de
disposición final
de Teotihuacán
antes y después
de la regularización



Fotos: Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua, Suelo y Residuos (DGPCCASR), SMAGEM.



7.2 Guerrero⁸

Estado de Guerrero

Municipio: Chilapa de Álvarez



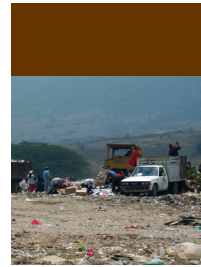
Disposición: 30 Ton/día

Ubicación del SDF: Localidad de Texcal 1 a 1.5 Km de Chilapa de Álvarez

Extensión: 5.89 hectáreas

Antigüedad: Más de 9 años

Condiciones: No contaba con autorización en materia de impacto ambiental, los residuos eran dispuestos a cielo abierto, no cumplía con lo establecido en la **NOM-083-SEMARNAT-2003**. El sitio era operado por el Municipio.



Plan de Regularización: Se presenta con fecha 15 de mayo del 2011, una lista de chequeo con base en la **NOM-083-SEMARNAT-2003** para la disposición final de los residuos sólidos, a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Guerrero y en la cual le comunica que no cumple con esa lista de chequeo y se le insta a realizar un PR para la clausura definitiva del sitio mencionado.

Por una presión social y aunada a una multa por parte de la PROFEPA, se decide clausurar y adquirir para el municipio un nuevo lugar de disposición de residuos sólidos, llamado El Nuevo Texcal, el cual, cuenta con el permiso de operación por parte de la SEMAREN.

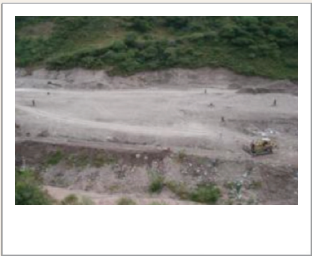
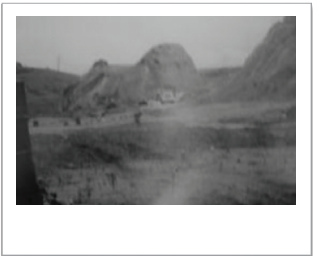
Antes



Después



Imagen 7.5
Sitio de disposición
final de Chilapa
de Álvarez antes
y después de
la clausura y
saneamiento



Fotos: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Gobierno del Estado de Guerrero



7.3 Quintana Roo⁹

Estado de Quintana Roo

Municipio: Bacalar



Disposición: 18 Ton/día

Ubicación del SDF: Carretera Bacalar-Chetumal km 15+404

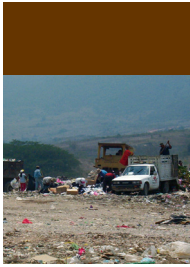
Extensión: 3 hectáreas

Antigüedad: Más de 10 años

Fecha del Plan de Regularización: Diciembre de 2011

Condiciones: Los residuos eran depositados a cielo abierto en una sascabera de 3 hectáreas misma que se encontraba a un costado de la carretera federal Chetumal- Felipe Carrillo Puerto y escasos 350 m de la Laguna de Bacalar, considerada como uno de los cuerpos de agua más hermosos de la zona sur del estado. El sitio no contaba con ninguna obra de ingeniería ni manejo para mitigar los impactos que se generan al depositar los residuos en esta zona, provocando con ello infiltración de los lixiviados hacia los cuerpos de agua, proliferación de fauna nociva, riesgos para los conductores que circulan por esta vía de comunicación derivado del exceso de aves carroñeras, así como una pésima imagen al municipio de Bacalar catalogado como Pueblo Mágico por la Secretaría de Turismo (SEDTUR).

Plan de Regularización: La prioridad del proyecto consistió en sanear y clausurar este sitio, se bandearon, compactaron y cubrieron 24,000 m³ de residuos en dos plataformas. Se instaló una cerca perimetral para evitar que se continúen depositando residuos, además se colocó 0.2 m de capa de tierra fértil para facilitar el crecimiento de vegetación. Actualmente en este sitio ya no se depositan residuos, logrando en gran medida mitigar el impacto visual que tenían los visitantes al cruzar por esta área, así como disminución de la contaminación derivada del manejo de los residuos.



Antes

Después

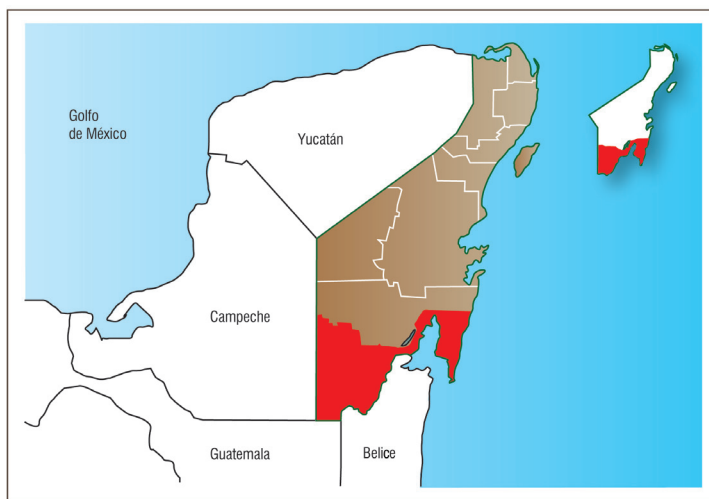


Imagen 7.6
Sitio de disposición
final de Bacalar
antes y después
de la regularización.



7.3 Chetumal

Municipio: Othón Blanco



Disposición: 280 Ton/día

Ubicación del SDF: Km 7 de la Av. Centenario desviación Izquierda a 2.5 km, en la localidad de Calderitas

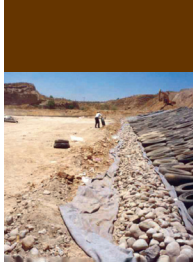
Extensión: 11 hectáreas

Antigüedad: 20 años

Fecha de Plan de Regularización: Enero de 2010

Condiciones: Carecía de obra de infraestructura para la protección al ambiente así como de una operación adecuada que garantizara la compactación y cobertura de los residuos, por el sitio se observaban lixiviados y residuos expuesto por lo cual proliferaba la generación de malos olores y fauna nociva que afectaba la zona urbana; por otro lado al carecer de sistemas de captación de lixiviado, estos se infiltraban poniendo en riesgo la Bahía de Chetumal considerada como el hábitat de la subespecie *Trichechus manatus manatus* (Manatí ssp.).

Plan de Regularización: A través del PR, se desarrolló el acomodo, compactación y cobertura de 39,570 m³ de residuos sólidos urbanos sobre una superficie de 7 hectáreas; se elaboró un proyecto ejecutivo que contó con los estudios correspondientes, estableciéndose los criterios para la instalación de un sistema de captación y circulación de lixiviados, bandeo y cobertura de los residuos así como programa de monitoreo y mantenimiento del sitio saneado. Actualmente ya no se depositan residuos sólidos, los lixiviados son canalizados a una laguna de oxidación, y se desarrolló un programa de mantenimiento constante, por lo que en el sitio se puede observar la germinación de vegetación logrando erradicar la presencia de fauna nociva y malos olores, mitigando el impacto al ambiente y a la salud pública de la zona, mejorando así la imagen del lugar.



Antes



Después



Imagen 7.7
Sitio de disposición
final de Othón
P. Blanco
antes y después
de la regularización





7.3 Playa del Carmen

Municipio: Solidaridad



Disposición: 400 Ton/día

Ubicación del SDF: Antiguo tiradero a cielo abierto, de la ciudad de Playa del Carmen

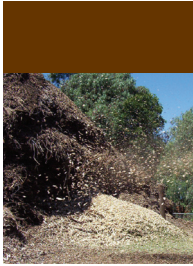
Extensión: 4 hectáreas

Antigüedad: 5 años

Fecha de Plan de Regularización: Enero de 2010

Condiciones: El sitio era considerado como el segundo pasivo ambiental en el Estado, no cumplía con la **NOM-083-SEMARNAT-2003** para disponer los residuos de este municipio. A pesar que se bandeaban y compactaban los residuos, no existía una cobertura de los mismo por lo que ocasionaba la generación de lixiviados, fauna nociva y malos olores característicos de este tipo de SDF, de igual manera se registraba incendios que acrecentaban los malos olores que llegaban hasta la zona urbana de Playa del Carmen. Las características geológicas de la zona llena de cavernas y cenotes hacen que los lixiviados se filtren fácilmente al manto acuífero poniendo en riesgo las aguas de Mar Caribe que es donde desembocan estos ríos subterráneos.

Plan de Regularización: Para el desarrollo del PR se elaboró el proyecto ejecutivo de saneamiento y clausura del SDF del Municipio de Solidaridad, este documento contiene el diseño de los sistemas de captación de lixiviados, tubo de venteo para la extracción de biogás así como la compactación y cobertura de aproximadamente de 433 mil toneladas de RSU. Actualmente el sitio se encuentra saneado, clausurado y conformado en tres celdas, para ello se utilizó material de la región mitigando los problemas ambientales que se generan por operación inadecuada del sitio. Con el saneamiento y clausura este sitio se mitiga la generación de malos olores, fauna nociva y los incendios ocasionales.



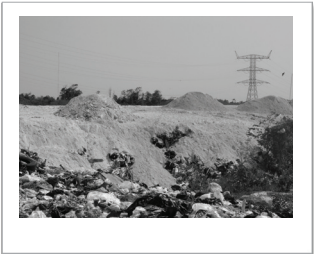
Antes

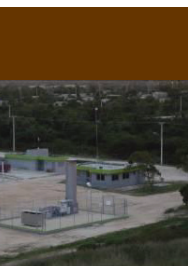


Después



Imagen 7.8
Sitio de Disposición
Final de Playa del
Carmen antes
y después de la
regularización





7.3 Cancún

Municipio: Benito Juárez e Isla Mujeres



Disposición: 850 Ton/día

Extensión: 15.3 hectáreas

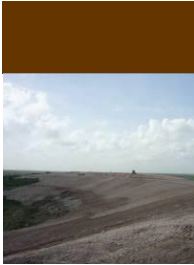
Antigüedad: Desde 1994 (13 años)

Fecha de Plan de Regularización: Octubre 2007

Condiciones: Este sitio se considero el principal pasivo ambiental del Estado de Quintana Roo por la cantidad de residuos acumulados, era un relleno sanitario controlado, de acuerdo a la **NOM-083-SEMARNAT-2003**, sin embargo a pesar de las actividades de manejo y operación, este fue rebasado en su capacidad, debido a diversos factores, tanto intrínsecos como extrínsecos, destacando un crecimiento poblacional en el municipio, y diversos fenómenos hidrometeorológicos que impactaron en la zona generado una problemática ambiental, debido a que los residuos quedaban expuestos al aire libre.

Plan de Regularización: La cobertura final fue de 2.4 millones de toneladas de residuos, utilizando material de la región llamado sascab. Se colocó una capa de 40 centímetros de sascab de segunda y una capa de 20 centímetros de sascab de primera, ambos compactados, esto de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana **NOM-083-SEMARNAT-2003**.

Actualmente el sitio ha sido regularizado y clausurado con tecnología de punta, tanto en saneamiento como en la captación del biogás que se genera en él. este proyecto está inscrito en el Programa MDL de la ONU para captación de gases de efecto invernadero, y en un futuro se pretende generar energía eléctrica a partir del mismo.



Antes



Después



Imagen 7.9
Sitio de Disposición
Final de Cancún
antes y después
de la regularización

8 Glosario



Área de emergencia: área destinada para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, cuando por fenómenos naturales y/o meteorológicos no se permita la operación en el frente de trabajo diario.

Biogás: Mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos, constituida principalmente por metano y bióxido de carbono.

Clausura: sellado del área de un sitio de disposición final después de la suspensión definitiva de la recepción de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Cobertura: Capa de material natural o sintético, utilizada para cubrir los residuos sólidos, con el fin de controlar infiltraciones pluviales y emanaciones de gases y partículas, dispersión de residuos, así como el contacto de fauna nociva con los residuos confinados.

Cobertura final de clausura: revestimiento de material natural o sintético, o ambos, que se coloca sobre la superficie del sitio de disposición final, cuando éste ha cumplido su vida útil, abarcando tanto a los taludes como a los planos horizontales.

Control: inspección vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

Conformación final: configuración geométrica de los niveles finales del sitio de disposición final.

Disposición final: acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Estudio de Impacto ambiental: es un conjunto de análisis técnico-científicos, sistemáticos, interrelacionados entre sí, cuyo objetivo es la identificación, predicción y evaluación de los impactos significativos positivos y/o negativos, que pueden producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente físico, biológico y humano. La información entregada por el estudio debe llevar a conclusiones sobre los impactos que puede producir sobre su entorno la instalación y desarrollo de un proyecto, establecer las medidas para mitigarlos y seguirlos, y en general, proponer toda reducción o eliminación de su nivel de significancia.

Falla geológica: cuando se producen desplazamientos relativos de una parte de la roca con respecto a la otra, como resultado de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre.

Fauna nociva: especies animales potencialmente dañinas para la salud y los bienes, asociadas a los residuos.

Frente de trabajo: área del sitio de disposición final en proceso de llenado, que incluye generalmente la descarga, esparcido y cubierta de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Infiltración: penetración de un líquido a través de los poros o intersticios de un suelo, subsuelo o cualquier material natural o sintético.

Lixiviado: líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que pueden dar lugar a la contaminación del suelo y cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana de los demás organismos vivos.

Manifestación de impacto ambiental: es un instrumento de Política Ambiental que desde hace varios años se usa en diversos países como un fundamento técnico-científico que pretende evitar prejuicios y develar los beneficios de una acción humana significativa, tiene su base en la elaboración de un proyecto de una obra humana. Usa las herramientas de la evaluación del impacto ambiental.

Material de cobertura final: material natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Planimetría: es la parte del estudio topográfico que determina la ubicación de los límites del predio, describiendo geométricamente en un plano, cualquier elemento de significancia, como cursos o cuerpos de agua superficial, áreas de inundación, caminos, líneas de conducción existentes (luz, agua, drenaje, gas, teléfono y árboles), así como todo tipo de estructuras y construcciones dentro del predio.

Relleno sanitario: obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales los impactos ambientales.

Residuos sólidos urbanos: los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que generen residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.

Residuos de manejo especial: son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Restitución fotogramétrica: técnica mediante la cual se puede realizar la reconstrucción de terreno (planos topográficos) a partir de imágenes fotográficas aéreas, comúnmente utilizado para conocer las condiciones pasadas de un terreno.

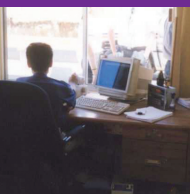
Saneamiento: es el conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tiene por objeto alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental. Tiene por finalidad la promoción y el mejoramiento de las condiciones de vida urbana y rural. Está encaminado a aguas residuales, manejo de residuos sólidos y excretas.

Sitio de disposición final: lugar donde se depositan los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma definitiva.

Sitio controlado: sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con las especificaciones de impermeabilización.

Sitio no controlado: sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en la **NOM-083-SEMARNAT-2003**.





Hernández C, Wehenpohl G. (2002). “Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México”. México: SEGEM-GTZ.

Hernández C, Wehenpohl G., Heredia P. (2005). “Guía para la realización de planes de regularización conforme a la **NOM-083-SEMARNAT-2003**. México: SEMARNAT-GTZ.

Heredia P, Sánchez J, Rodríguez M, Aguilar R. (2007). “Guía para la revisión de proyectos ejecutivos, planes de regularización o evaluación de la conformidad según la **NOM-083-SEMARNAT-2003**. México: SEMARNAT-GTZ.

Rodríguez I. (2006). Diseño de un índice ambiental para la evaluación de sitios de disposición final de acuerdo con la **NOM-083-SEMARNAT-2003** (Tesis maestría). México: IPN.

Norma Oficial Mexicana **NOM-083-SEMARNAT-2003**, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

