

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES
Del 7 al 12 de noviembre de 1994.

FECHA	HORARIO	TEMA	PROFESOR
Lunes 7	9:00 a 11:00 hrs.	Presentación del curso	Ing. Paula Noreña Franco
	11:00 a 12:00 hrs.	Introducción del curso	Quim. Consuelo Reyes Mtz.
	12:15 a 13:30 hrs.	Legislación ambiental nacional e internacional	Ing. Cristina Ramos Cortés
	13:30 a 15:00 hrs.	Determinación de parámetros de diseño y operación Sistema de separación y acopio de Sub-productos en Fuente, para su reciclaje, reutilización y reuso.	Biol. Patricia Gtz. Rojas
Martes 8	9:00 a 10:30 hrs.	Sistemas centralizados de separación y Segregación	M.I. Jorge Sánchez Gómez
	10:30 a 12:00 hrs.	Sistema de aprovechamiento de orgánicos (composta y otras opciones)	Ing. Víctor Flores Valencia
	12:15 a 14:00 hrs.	Incineración y aprovechamiento de energía	M.I. Gustavo Solórzano Ochoa
	14:00 a 15:00 hrs.	Otros sistemas de tratamiento	Ing. Ricardo Estrada Núñez
Miércoles 9	9:00 a 10:30 hrs.	Análisis y selección de sitios para rellenos Sanitarios.	M.I. Jorge Sánchez Gómez
	10:30 a 13:30 hrs.	Diseño de rellenos sanitarios	M.I. Felipe López Sánchez
	13:30 a 15:00 hrs.	Clausura de sitios de disposición final	M.I. Arturo Dávila Villarreal
Jueves 10	9:00 a 10:30 hrs.	Operación de rellenos sanitarios	M.I. Arturo Dávila Villarreal
	10:30 a 12:00 hrs.	Mecanismos de supervisión y control de rellenos sanitarios	M.I. Arturo Dávila Villarreal
	12:15 a 13:00 hrs.	Experiencias operativas	(Videos)
	13:00 a 15:00 hrs.	Análisis de costos	Ing. Fco. J. Manzanera Miranda
Viernes 11	9:00 a 11:30 hrs.	Desarrollo institucional	Lic. Jesús Barrera Lozano
	11:45 a 13:30 hrs.	Impacto ambiental	Ing. Víctor J. Gtz. Avedoy
	13:30 a 15:00 hrs.	Monitoreo ambiental	Ing. Inés Semadeni Mora
Sábado 12	9:00 a 13:00 hrs.	Visita al relleno Sanitario: Bordo Poniente	M. C. Constantino Cutiérrez P.
	13:00 a 14:00 hrs.	Mesa redonda	Panel de Profesores
	14:00 a 15:00 hrs.	Clausura	

1.- ¿LE AGRADO SU ESTANCIA EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA?

SI	NO
----	----

SI INDICA QUE "NO" DIGA PORQUE.

2.- MEDIO A TRAVES DEL CUAL SE ENTERO DEL CURSO:

PERIODICO EXCELSIOR		FOLLETO ANUAL		GACETA UNAM		OTRO MEDIO	
PERIODICO EL UNIVERSAL		FOLLETO DEL CURSO		REVISTAS TECNICAS			

3.- ¿QUE CAMBIOS SUGERIRIA AL CURSO PARA MEJORARLO?

4.- ¿RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)?

SI		NO	
----	--	----	--

5.- ¿QUE CURSOS LE SERVIRIA QUE PROGRAMARA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

6.- OTRAS SUGERENCIAS:

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS, MUNICIPALES
 FECHA: Del 7 al 12 de noviembre, 1994.

CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	COMUNICACION CON EL ASISTENTE	PUNTUALIDAD
Ing. Paula Noreña Franco				
Quim. Consuelo Reyes Martínez				
Ing. Cristina Ramos Cortés				
Blol. Patricia Gutiérrez Rojas				
M. I. Jorge Sánchez Gómez				
Ing. Víctor Flores Valencia				
M.L. Gustavo Solórzano Ochoa				
Ing. Ricardo Estrada Nuñez				
M.L. Felipe López Sánchez				
M.L. Arturo Davila Villarreal				
Ing. Francisco J. Manzanera Miranda				
Lic. Jesús Barrera Lozano				
Ing. Víctor L. Gutiérrez Avedoy				
Ing. Inés Semadeni Mora				
M.C. Constantino Gutiérrez Palacios				

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL CURSO	
GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL CURSO	
ACTUALIZACION DEL CURSO	
APLICACION PRACTICA DEL CURSO	

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO	CALIF.
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
CONTINUIDAD EN LOS TEMAS	
CALIDAD DEL MATERIAL DIDACTICO UTILIZADO	

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

**CURSO DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

TEMA:

ANALISIS DE COSTOS

EXPOSITOR:

ING. JAVIER MANZANERA MIRANDA

**ASOCIACION MEXICANA PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS
Y PELIGROSOS A.C.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CUALQUIER CAMBIO DE SISTEMA Y/O IMPLEMENTACION DE UNO NUEVO, DEMANDA LA ELABORACION DE UN PLAN SERIO Y ADECUADO A LAS CARACTERISTICAS ACTUALES Y ESPERADAS DEL ENTORNO.

ES DECIR:

PARTIRA DE UN ANALISIS EXTERNO O DE LAS NECESIDADES DE LA POBLACION [DEMANDA HACIA EL SISTEMA]

Y DE UN ANALISIS INTERNO DE FUERZAS Y DEBILIDADES CON QUE SE CUENTA PARA RESPONDER ADECUADAMENTE A TALES NECESIDADES

DE ACUERDO CON ELLO, SE DISEÑARAN (CON EL EMPLEO DE METODOS Y TECNICAS ADECUADAS COMO LAS ESTUDIADAS EN EL CURSO) SOLUCIONES TECNICAMENTE FACTIBLES

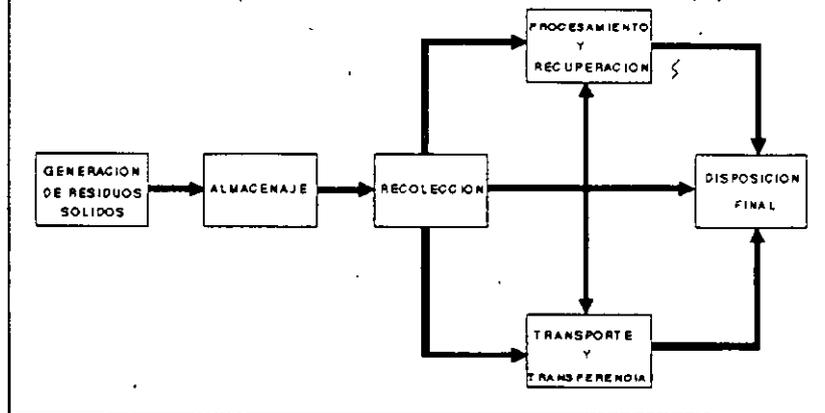
PERO:

CUALQUIER ACTIVIDAD ACTUAL FUTURA, IMPLICA EMPLEO DE RECURSOS ECONOMICOS Y, DADO QUE LOS RECURSOS NUNCA SERAN ILIMITADOS (SINO MAS BIEN ESCASOS), RESULTARA DE LA MAYOR IMPORTANCIA QUE LAS MEJORES SOLUCIONES IMPLIQUEN LOS MENORES COSTOS.

POR ELLO SE JUSTIFICA EL CONOCER TECNICAS PARA LA DETERMINACION DE COSTOS Y, PARA LA ELABORACION DE ANALISIS FINANCIEROS

DENTRO DE CADA ETAPA DEL SISTEMA DE MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS, SE TIENEN COSTOS INVOLUCRADOS:

ESQUEMA TÍPICO DE MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS



CONCEPTOS DE COSTOS EN EL SISTEMA [EJEMPLOS]

RECOLECCION Y BARRIDO

- PERSONAL
- VEHICULOS
- CUADRILLAS DE BARRIDO
- EQUIPO PARA EL PERSONAL
- MAQUINARIA DE BARRIDO
- TALLERES DE MANTENIMIENTO Y ENCIERRO DE VEHICULOS
- COMBUSTIBLES, ETC.

TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA

- PERSONAL
- VEHICULOS
- INSTALACIONES DE TRANSFERENCIA
- EQUIPO PARA EL PERSONAL
- MAQUINARIA DE EMPUJE (EN CIERTOS CASOS)
- TALLERES DE MANTENIMIENTO
- COMBUSTIBLES, ETC.

SIN EMBARGO, LOS QUE PARA EFECTOS DE ESTE CURSO RESULTAN DE INTERES SON LOS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL:

CONCEPTOS DE COSTOS DE TRATAMIENTO **[EJEMPLOS]**

INCINERACION

- TERRENO
- EDIFICIOS
- EQUIPOS DE PROCESO (INCINERACION)
- EQUIPOS DE SERVICIOS (BOMBEO, SUBESTACION, ETC.)
- ESTUDIOS Y PROYECTOS
- SALARIOS
- COMBUSTIBLES

- ENERGIA ELECTRICA
- RETRIO DE CENIZAS
- MONITOREO Y CONTROL DE EMISIONES A LA ATMOSFERA
- MANTENIMIENTO
- COSTO FINANCIERO

SELECCION PARA RECICLAJE

- TERRENO
- EDIFICIOS
- EQUIPOS DE PROCESO (SELECCION, CRIBADO, MOVIMIENTO DE MATERIALES, ETC.)
- EQUIPOS DE SERVICIOS (BOMBEO, SUBESTACION, ETC.)
- ESTUDIOS Y PROYECTOS
- SALARIOS
- COMBUSTIBLES
- ENERGIA ELECTRICA
- COMERCIALIZACION
- RETRIO DE MATERIAL DE RECHAZO
- COSTO FINANCIERO

COMPOSTEO

- TERRENO
- EQUIPOS DE PROCESO (MOLIENDA, APILACION, VOLTEO, MOVIMIENTOS DE MATERIAL, ETC.)
- EQUIPOS DE SERVICIOS Y TRANSPORTE
- ESTUDIOS Y PROYECTOS
- SALARIOS
- COMBUSTIBLES
- ENERGIA ELECTRICA
- COMERCIALIZACION
- COSTO FINANCIERO

CONCEPTOS DE COSTOS DE DISPOSICION FINAL **[EJEMPLOS]**

- TERRENO
- PERSONAL
- MAQUINARIA DE EMPUJE, COMPACTACION Y NIVELACION
- MATERIAL DE RELLENO Y DE CUBIERTA
- ACARREO DE MATERIALES
- IMPERMEABILIZACION
- INFRAESTRUCTURA DE CAPTACION DE LIXIVIADOS Y

BIOGAS

- SUPERVISION Y MONITOREO
- OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS
- MANTENIMIENTO DE CAMINOS

LOS CONCEPTOS ANTERIORES PUEDEN, ADEMÁS, SER AGRUPADOS (Y/O DESAGREGADOS) EN CENTROS Y/O SUBCENTROS DE COSTOS PARA UN MAS FACIL CONTROL Y MANEJO.

ASIMISMO Y, CON IGUAL FIN (FACILITAR SU CONTROL Y MANEJO), RESULTA DE GRAN UTILIDAD EL CONOCER LA NATURALEZA DEL COMPORTAMIENTO DE CADA RUBRO DE COSTOS, RESPECTO DEL VOLUMEN DE OPERACION QUE SE MANTENGA.

CLASIFICACION DE COSTOS DE ACUERDO CON EL VOLUMEN DE OPERACION

FIJOS SON AQUELLOS QUE TIENEN EL MISMO MONTO, CON INDEPENDENCIA DE LOS VOLUMENES QUE SE MANEJEN. ES DIFICIL QUE EXISTAN

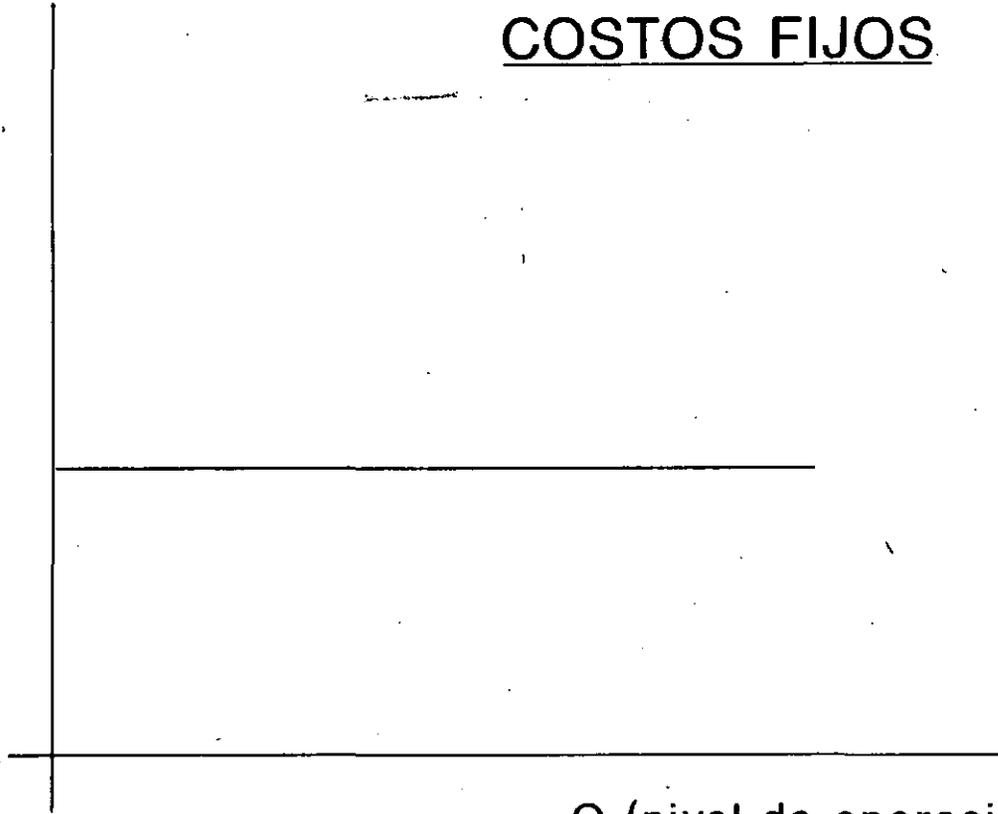
VARIABLES GUARDAN RELACION DIRECTA DE VARIACION CON EL VOLUMEN

SEMIVARIABLES CONTIENEN UNA PARTE FIJA Y, OTRA VARIABLE. [AUNQUE EL VOLUMEN SEA "CERO", EXISTE CIERTO COSTO] EJEMPLO: MANTENIMIENTO

SEMIFIJOS SE MANTIENEN FIJOS POR INTERVALOS EN LOS NIVELES DE OPERACION [EJEMPLO: COSTOS DE SALARIOS DE SUPERVISION]

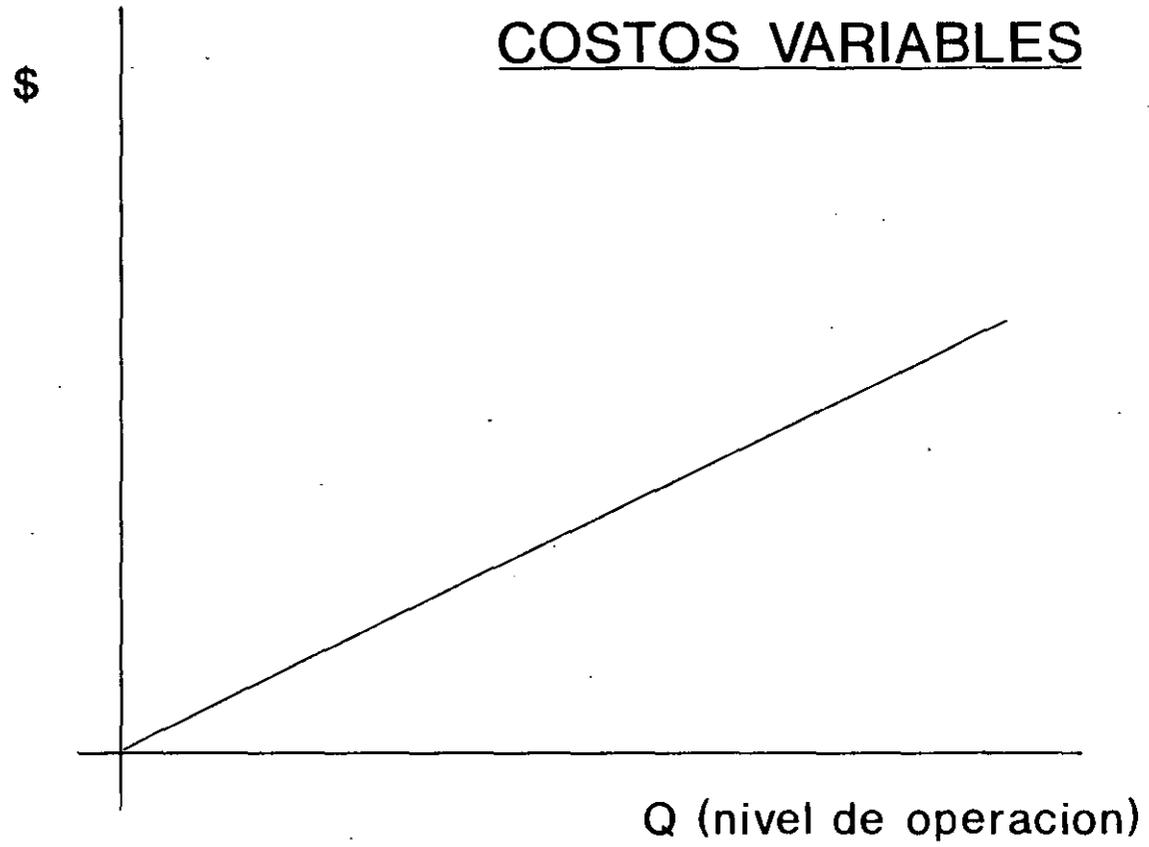
COSTOS FIJOS

\$

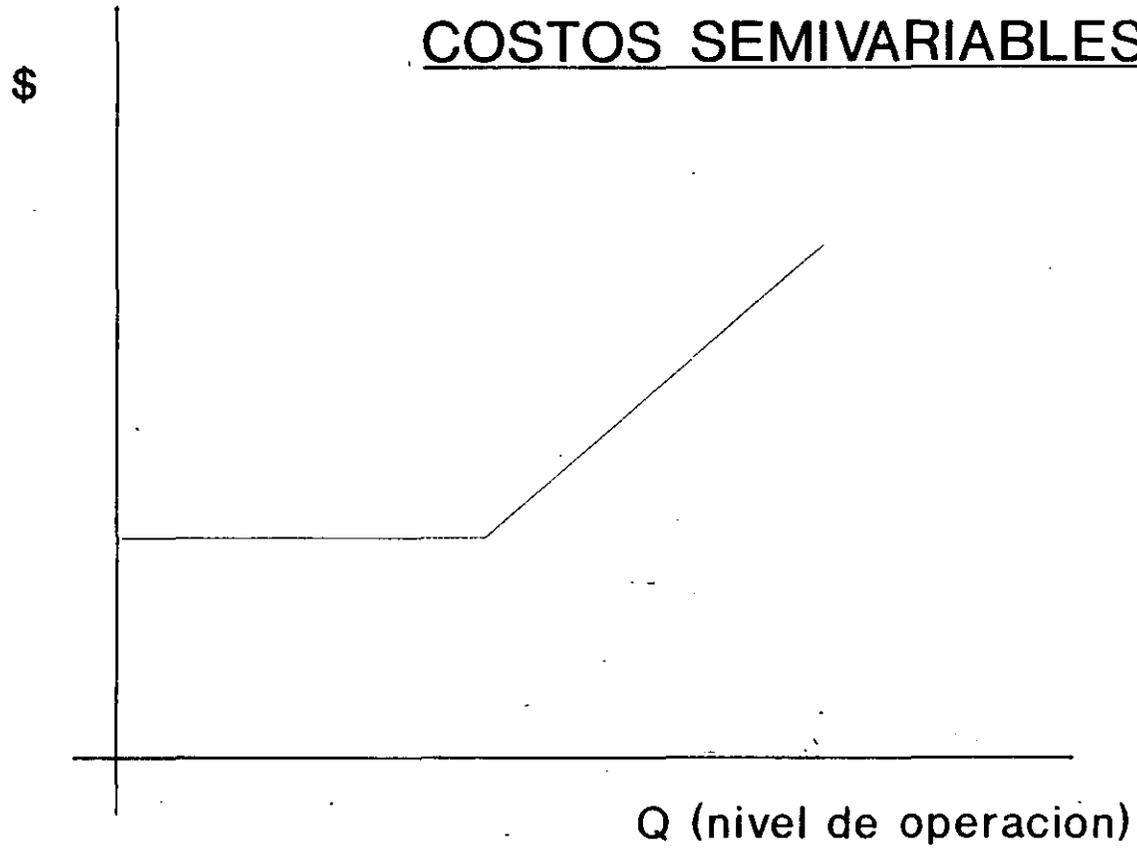


Q (nivel de operacion)

COSTOS VARIABLES

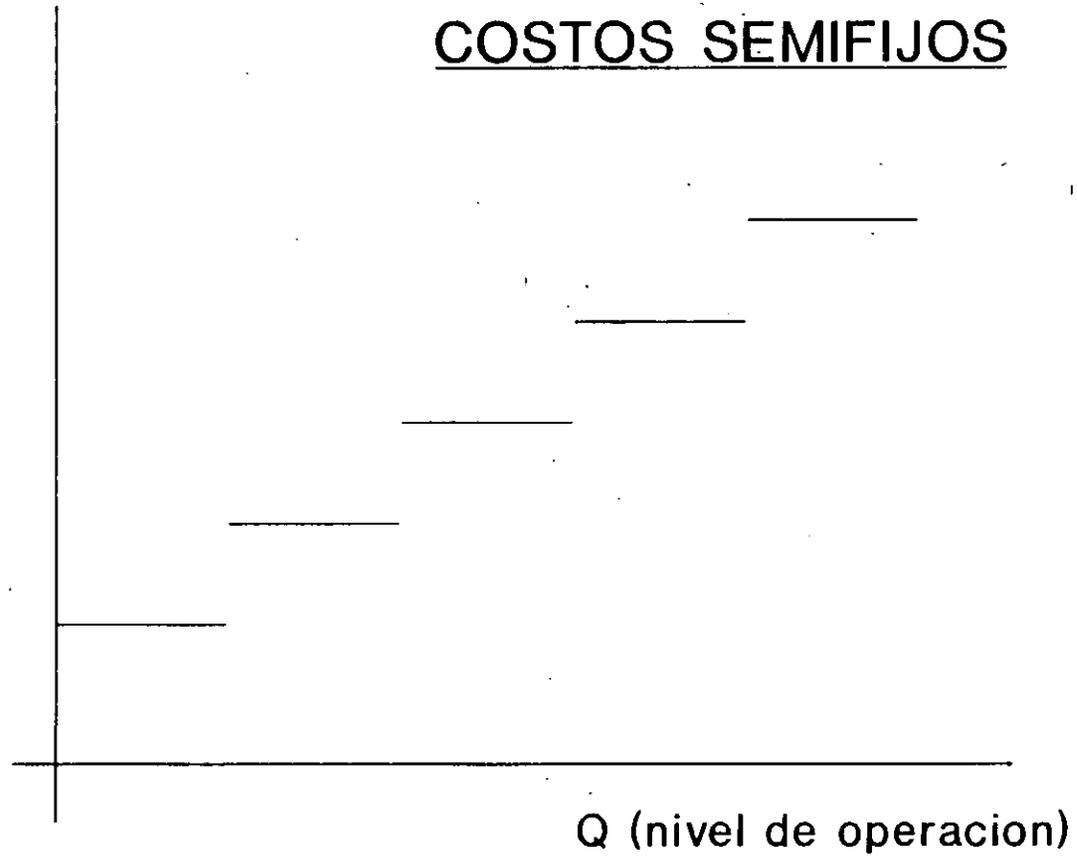


COSTOS SEMIVARIABLES



COSTOS SEMIFIJOS

\$



ESTIMACIONES DE COSTOS

ESTIMAR COSTOS ES NECESARIO TANTO PARA PLANEAR, COMO PARA CONTROLAR OPERACIONES

SI SE ASUME QUE LOS COSTOS, AL MENOS EN CIERTOS INTERVALOS, TIENEN FUNCIONES LINEALES (DEJANDO AFUERA, COMO CASOS ESPECIALES, LOS SEMIFIJOS), LA ECUACION DE *COSTOS TOTALES* SERA DE LA SIGUIENTE FORMA:

$$CT = a + bx$$

DONDE x IMPLICA "NIVEL DE ACTIVIDAD (UNIDADES, HRS. HOMBRE, TONELADAS, ETC.)

EXISTEN DOS METODOS FUNDAMENTALES PARA LA ESTIMACION DE COSTOS:

- ANALISIS DE COSTOS HISTORICOS

ESTIMA LOS COSTOS FUTUROS, BASADO EN LOS DATOS DE COSTOS ANTERIORES

ES UN METODO MUY EXACTO CUANDO NO SE TIENEN VARIACIONES IMPORTANTES EN ASPECTOS O VARIABLES EXTERNAS; ES DECIR, CUANDO SE ESPERA QUE EL FUTURO RESULTE SIMILAR AL PASADO

- **METODO DE INGENIERIA**

SE BASA EN RELACIONES FISICAS (DERIVADAS DE ESPECIFICACIONES, PROCESOS, ETC.)

ES DE GRAN UTILIDAD EN LOS CASOS EN QUE NO PUEDE CONTARSE CON DATOS HISTORICOS.

PUEDE VOLVERSE MUY COMPLEJO Y, PASAR POR ALTO LA INTERVENCION DE AGENTES EXTERNOS

INDEPENDIENTEMENTE DEL METODO A USAR PARA ESTIMAR COSTOS, DEBERA SIEMPRE:

- **ANALIZARSE SI NO EXISTEN SESGOS EN LOS REGISTROS**

¿LOS COSTOS SON DEL MISMO PERIODO QUE LOS VOLUMENES?

¿EXISTE PRORRATEO DE COSTOS FIJOS? (BAJO QUE BASES)

¿EL PERIODO DE OBSERVACION ES EL ADECUADO? (SUFICIENTEMENTE LARGO PARA QUE RESULTE REPRESENTATIVO, PERO NO TANTO QUE DILUYA LA OBSERVACION DE PROBLEMATICAS DETERMINADAS)

- **VERIFICARSE QUE LOS REGISTROS U OBSERVACIONES FUERON HECHOS EN LAS MISMAS CONDICIONES**

X/EJ PUDO PRESENTARSE CAMBIO EN LAS TECNOLOGIAS EMPLEADAS

- **SEPARARSE LAS VARIABLES DEPENDIENTES DE LAS INDEPENDIENTES**

AL MENOS SELECCIONAR BIEN LA VARIABLE INDEPENDIENTE PRINCIPAL (X/EJ HRS-HOMBRE) Y DEJAR (O SUPONER) FIJAS EL RESTO.

ALGUNAS TECNICAS PARA LA ESTIMACION DE COSTOS CON BASE EN DATOS HISTORICOS

METODO DE CLASIFICACION CONTABLE:

$$a = \sum j CFj$$

$$b = \frac{\sum i CVi}{Xo}$$

Por lo que:

$$CT = \sum j CFj + (\sum i CVi / Xo)X$$

METODOS DE APROXIMACION ENTRE LOS NIVELES MINIMO Y MAXIMO

$$b = \frac{CTmax - CTmin}{Xmax - Xmin}$$

$$CF = CTmax - bXmax \quad \text{ó} \quad CF = CTmin - bXmin$$

METODOS ESTADISTICOS

MEDIANTE METODOS DE REGRESION.

LLEGA A SER MAS EXACTO; PERO RESULTA MUCHO MAS CARO Y, SE REQUIERE DE MUCHAS OBSERVACIONES

COSTOS UNITARIOS

A PARTIR DE COSTOS TOTALES [O MEDIANTE METODOS DE ESTIMACION DIRECTA], SE PUEDE LLEGAR A CUANTIFICACIONES UNITARIAS DE COSTOS O, COSTOS POR UNIDAD DE INTERES; POR EJEMPLO:

- COSTO/TONELADA
- COSTO/HABITANTE SERVIDO
- COSTO/KM²
- COSTO/M³
- ETC.

UN EJEMPLO DE ESTIMACION DE COSTOS EMPLEANDO AMBOS METODOS:

ANALISIS DEL COSTO HORARIO DE UN VEHICULO DE VOLTEO

[SIGUIENTE HOJA]

**DETERMINACION DE COSTOS HORARIOS
CAMION DE VOLTEO**

DATOS GENERALES:

Precio de Adquisición N\$ (Pa)	N\$141,900
Valor Lantas N\$ (VN)	N\$5,853
Valor Inicial (Va) = Pa - VN	N\$136,047
Valor de Rescate N\$ (Vr)	N\$14,190
Tasa de Interés Anual (i)	12.00%
Factor Prima de Seguros (a)	0.030
Vida Económica Hrs (Ve)	8,000
Horas por Año (Ha)	2,000
Potencia del Motor HP (HP)	170
Factor de Mantenimiento (Q)	1.00
Costo del Diesel N\$/Lt (Cd)	N\$0.78
Costo Aceite de Motor N\$/Lt (Am)	N\$6.50
Costo Aceite Hidráulico N\$/Lt (Ah)	N\$8.00
Costo Diario Chofer N\$/Día (Ch)	N\$84.94
Costo Diario Tripulación N\$/Día (Ay)	N\$127.41

CARGOS FIJOS:

Depreciación $D = (Va - Vr) / Ve$	N\$15.23
Inversión $I = (Va + Vr) i / (2 Ha)$	N\$4.51
Seguros $S = (Va + Vr) a / (2 Ha)$	N\$1.13
Mantenimiento $T = Q D$	N\$15.23
Total Cargos Fijos por Hora	N\$36.10

CONSUMOS:

Combustible $E = 0.1 HP Cd$	N\$13.26
Lubricantes Motor $Ld = 0.0034 HP Am$	N\$3.76
Lubricantes Hidráulico $Lh = 0.0009 HP Ah$	N\$0.36
Lantas $Li = VN / Ha$	N\$2.93
Total Consumos por Hora	N\$20.30

OPERACION:

Chofer Ch/8	N\$10.62
Tripulación Ay/8	N\$15.93
Total Operación por Hora	N\$26.54

COSTOS HORARIOS:

Costo Hora Activo	N\$82.95
Costo Hora Inactivo	N\$36.10
Costo Hora Espera	N\$62.64

**VALORES INTERNACIONALES PROMEDIO DE
ALGUNOS COSTOS UNITARIOS**

COSTO RECOLECCION: (\$25-75 US/TON EN PAISES
DESARROLLADOS Y, \$12-25 US EN PAISES EN
DESARROLLO)

COSTO TRANSFERENCIA (\$1.5 A \$3.5 US/TON)
[N\$15/TON]

COSTO DE DISPOSICION FINAL EN RELLENO
SANITARIO (\$12-\$36 US/TON EN PAISES EN
DESARROLLO.

COSTO DE RECICLAJE Y COMPOSTEO: (\$6-\$15
US/TON PROCESADA)

EN TERMINOS GENERALES, CUALQUIER SISTEMA DE MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS, SIEMPRE INVOLUCRA COSTOS DE IMPORTANCIA.

POR ELLO:

CUALQUIER PROYECTO QUE BUSQUE EFICIENTAR EL SISTEMA DESDE EL PUNTO DE VISTA ECOLOGICO, NO DEBE DE PERDER DE VISTA EL OBJETIVO COLATERAL DE RECUPERAR RECURSOS (VIA AHORRO Y/O VIA RECUPERACION DIRECTA - POR EJEMPLO UNA TARIFA-).

EL ANALISIS DE ESTE CONCEPTO ES, POR TANTO, DE SUMA IMPORTANCIA; SIN QUE POR ELLO DEBA OLVIDARSE LA EVALUACION SOCIAL Y ECOLOGICA DE CUALQUIER PROYECTO DE MEJORA.

METODOS DE EVALUACION DE PROYECTOS:

LOS METODOS DE MAYOR ACEPTACION Y QUE, A SU VEZ, RESULTAN COMPLEMENTARIOS ENTRE SI, SON LOS SIGUIENTES:

- PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION
- RELACION BENEFICIO/COSTO
- TASA INTERNA DE RETORNO
- VALOR PRESENTE NETO.

Nota: Dadas las características de este curso (así como el tiempo asignado al presente tema), no se tocará con detalle la naturaleza y mecánica de cada uno de estos cuatro métodos. sin embargo, aquella persona que desee profundizar más al respecto, puede acudir a la bibliografía que se sugiere enseguida.

BIBLIOGRAFIA

N. Dopuch / J.G. Birnberg / J. Demski
"COST ACCOUNTING"
HARCOURT BRACE JOVANOVICH, INC.

James C. Van Horne
"FINANCIAL MANAGEMENT AND POLICY"
PRENTICE-HALL

F.J. Weston / E.F. Brigham
"FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACION FINANCIERA"
INTERAMERICANA



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

**CURSOS ABIERTOS
" TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES "**
Del 7 al 11 de noviembre de 1994.
DIRECTORIO DE PROFESORES

- 1.- ING. FELIPE DE JESUS BARRERA LOZANO
JEFE DE RECURSOS HUMANOS
ESTUDIOS AMERICA, SA DE CV
CALZADA DE TLALPAN No. 2818
C.P. 04840
TEL. 684 80 71
MEXICO, D.F.
- 2.- ING. ARTURO DAVILA VILLARREAL
DIRECTOR GENERAL
PROCESA, INGENIERIA Y ECOLOGIA
RANCHO SE CO No. 127
FRACC. SANTA CECILIA
C.P. 04930
TEL. 554 58 30, 671 68 13, 671 87 45
MEXICO, D.F.
- 3.- ING. RICARDO ESTRADA NUÑEZ
SUBDIRECTOR DE SISTEMAS DE MANEJO
DIRECCION TECNICA DE DESECHOS SOLIDOS
AV. 412 ESQ. 608
COMPLEJO INDUSTRIAL
SAN JUAN DE ARAGON
TEL. 799 26 28
MEXICO, D.F.
- 4.- ING. VICTOR M. FLORES VALENZUELA
SUBDIRECTOR DE TRATA. DE RESIDUOS
D.D.F.
SAN ANTONIO ABAD No. 122-6to PISO
TEL. 740 29 98
MEXICO, D.F.
- 5.- ING. VICTOR GUTIERREZ AVEDOY
- 6.- BIOL. MARTHA PATRICIA GUTIERREZ ROJA
JEFE DE AREA
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS URBANOS
TECNICA DE DESECHOS SOLIDOS
TEL. 740 29 98
MEXICO, D.F.
- 7.- ING. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS
GERENTE DE INGENIERIA AMBIENTAL
FONDO NACIONAL DE FOMENTO AL TURISMO
FONATUR
INSURGENTES SUR 800 No. 13
COL. DEL VALLE
DELEG. BENITO JUAREZ
TEL. 536 44 90, 682 45 00
MEXICO, D.F.
- 8.- ING. FELIPE LOPEZ SANCHEZ
SUBDIRECTOR TECNICO
DIRECCION DE DESECHOS SOLIDOS
SAN ANTONIO ABAD NO. 122-6 to. PISO
COL. TRANSITO
MEXICO, D.F.

*rgd.



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

- 9.- ING. FCO. JAVIER MANZANERA MIRNADA
DIRECTOR GENERAL
SANTALO ESTUDIOS Y PROYECTOS
FELIX CUEVAS No. 920-B
COL. DEL VALLE
TEL. 605 98 14
MEXICO, D.F.
- 10.- ING. PAULA NOREÑA FRANCO
COORDINADOR TECNICO DE SETASA
GRUPO ICA
VIADUCTO RIO BECERRA No. 27-3er. PISO
COL. NAPOLES
TEL. 669 39 85 ext. 4320
MEXICO, D.F.
- 11.- ING. CRISTINA RAMOS CORTES
COORDINADOR DE PROYECTOS DE CONTROL
DIRECCION TECNICA DE DESECHOS SOLIDOS
MEXICO, D.F.
- 12.- QUIM. CONSUELO REYES MARTINEZ
JEFE DE LA DIVISION DE RESIDUOS
AV. 608 ESQ. EJE 5 NTE. S/N.
TEL. 766 67 75
MEXICO, D.F.
- 13.- ING. GUSTAVO SOLORZANO OCHOA
DIRECTOR DE INGENIERIA AMBIENTAL
ARENAL No. 37
CHIMALESTAC, C.P. 01070
TEL. 661 06 64
MEXICO, D.F.
- 14.- ING. JORGE SANCHEZ GOMEZ
DIRECTOR TECNICO DE DESECHOS SOLIDOS
AV. 608 ESQ. 412
COL. SAN JUAN DE ARAGON
C.P. 07950
TEL. 799 28 93, 799 22 41 ext. 13 y 120
FAX: 799 37 27
MEXICO, D.F.
- 15.- ING. INES EUGENIA SEMADENI NORA
COORD. AREA DE MONITORES
DIRECCION TECNICA DE DESECHOS SOLIDOS
SAN ANTONIO ABAD NO. 122-6to. PISO
COL. TRANSITO
TEL. 730 34 834
MEXICO, D.F.

*rgd.

(2).



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

C U R S O S A B I E R T O S

"TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES"

Del 7 al 11 de noviembre de 1994

DIRECTORIO DE ASISTENTES

1. Ing. Alfonso Barajas Martínez
Jefe de Grupo
Comisión Federal de Electricidad
Mississippi # 81 5º piso
Col. Cuauhtémoc
Tel. 229 48 00
2. Francisco Javier Fernández Soto
Director General
Importadora y Exportador Ferval, S.A.
Morena 312-301
Col. del Valle
03100, Benito Juárez, Méx. D.F.
3. Ing. Eduardo Corona Cerecero
Catedrático
Universidad Autónoma de Guerrero
Av. Lázaro Cárdenas S/N
Ciudad Universitaria
Chilpancingo Guerrero
Tel. 279 43
4. Ivan García Méndez
Analista Técnico
Dirección Técnica de Desechos Sólidos DDF.
Av. 608, esq. Av. 412
Col. Sn. Juan de Aragón
07920, Gustavo A. Madero, Méx. D.F.
Tel. 799 27 97 Ext. 18
5. Susana Garcia Huerta
Analista
Banco Nacional de Obras y Serv.P
Tecoyotitla # 100
Col. Florida
Tel. 723 6019
6. Ing. Claudia P. Hernández Barrios
Becario (area riesgos químicos)
Centro Nal. de prevención de desas:
Av. Delfín Madrigal # 665
Col. Pedregal de Sto. Domingo
04360, Coyoacán, Méx.D.F.
Tel. 606 9520 Ext. 245
7. Ing. Daniel Lagunas Hernández
Director de Ingeniería Ambiental
Servicios y Proy. en Ing. Ambiental S.A.C.V.
Arzona 79, Desp. 1 y 2
Col. Nápoles
03810, Benito Juárez, Méx. D.F.
Tel. 682 72 95 y 682 71 62
8. Ing. Aideé Medel de Gante
Inspector del Depto. Prev. y Cont
de contaminación.
S.E.D.U.E.E.P.
Recta a Cholula km S.S.
72760, Cholula Puebla.
Tel. 47 03 03
- 9.

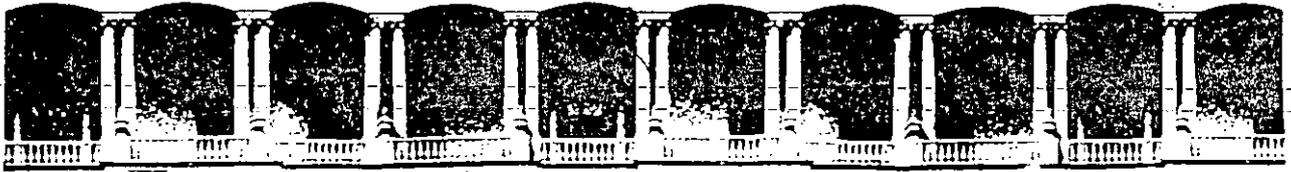


**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
"TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES"**

Del 7 al 11 de noviembre de 1994

DIRECTORIO DE ASISTENTES

10. Ing. José Jaime Montes Rabell
Jefe de Area
Santalo Estudios y Proyectos, SA.de CV.
Félix Cuevas 920 -B
Col. Del Valle
Benito Juárez, Méx. D.F.
Tel.605 98 14
11. Néstor Morales Escalante
Coordinador de la Subdirección de
Manejo de Desechos.
Av. 608 y 412
Col. Unidad Sn.Juan Aragón
07920, Gustavo A. Madero Méx.D.
Tel.799 27 97
12. Miguel Angel Mosqueda Lagunes
Jefe de Técnico "A"
SEDESOL
Prol. Reforma 3911
Col. La Paz
Puebla, Puebla
Tel. 48 71 86
13. Filemón Muciño García
Gerente
F.M. Constructores, S.A.
Carretera México, Toluca 3084
Col. El Molino
05720, Cuajimalpa, Méx. D.F.
Tel. 520 88 91
14. José Epifanio Ramos Contreras
Técnico
F.E.S. Zaragoza
Calz. Zaragoza y Av. Guelatao
Col. Juan Escutia
Iztapalapa, Méx. D.F.
Tel. 352 23 70
15. Ing. Sergio Reyes Aranda
Profesor Investigador
Universidad Nal.del Sur, Bahía
Blanca, Argentina.-Consejo Nal.
de Inv. Científicas y Tecnológicas
Av. Leandro N. Alem 1253
Col. Bahí Blanca
8000, Buenos Aires, Argentina
Tel.54-91-28034/35
16. Ing. Juan Robles Enríquez
Director
Reciclados Industriales Ecológicos,SA.de CV.
San Simón # 135
Col. San Simón
02030, Azcapotzalco, Méx. D.F.
Tel. 561 31 24
17. Ricardo Rodríguez Reynoso
Coordinador
Dirección Gral.Serv.Urbanos.
Rio Churubusco # 1155
Col. CTM Unidad Aragón
Gustavo a Madero, Mex.D.F.
Tel.796 27 93



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

"TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES"

Del 7 al 11 de noviembre de 1994

DIRECTORIO DE ASISTENTES

17. José Luis Romero Sánchez
Coordinador
Direccion Técnica de Desechos Sólidos
Av. 608 S/N esq. 442
Col. San Juan de Aragón
Méx. D.F.
Tel. 799 28 93
18. Juan Manuel Sánchez Fuentes
Calculista
Comisión Federal de Electricidad
Rio Mississippi #71
Col. Cuauhtémoc
Del. Cuauhtémoc, Méx.D.F.
Tel.229 44 00
19. Ing. Oscar F. Vázquez Briones
Subdirector Operativo
H. Ayuntamiento de Tlalnepantla de Baz
Palacio Municipal Tlalnepantla Baz
Col. Centro
Del. Tlalnepantla, Edo. Méx.
Tel. 311 88 91



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

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

REALIDADES Y NECESIDADES (A DISMINUIR)

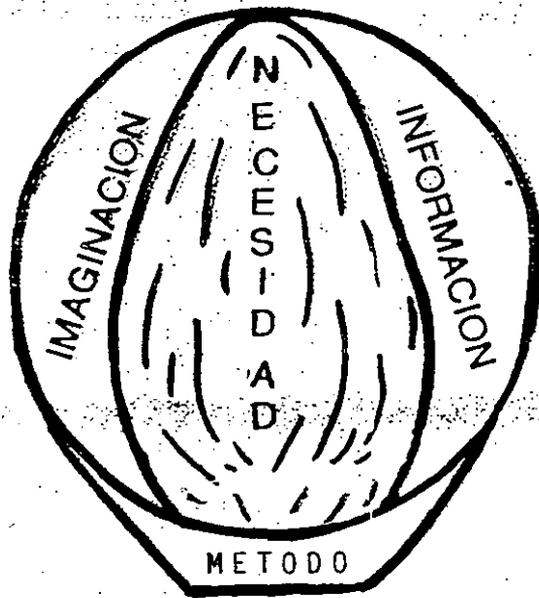
EXPOSITOR:

ING. FELIPE DE JESUS BARRERA L.

**REALIDADES
Y
NECESIDADES
(A DISMINUIR)**

1. Alta densidad e incremento acelerado de la población urbana.
2. Incremento de la generación de residuos por habitante.
3. La cantidad de residuos se duplica cada quince años.
4. Menos contenido de biodegradables y más contaminantes peligrosos.
5. Crisis económica que limita el pago de salarios, el gasto y la importación de equipos y repuestos.

FUENTE: OPS/91 (Francisco Zepeda Porras)



DIAGNOSTICO INTERNACIONAL

GRANDES CIUDADES:

1. La planeación empezó, con algunas excepciones, hace sólo 10 años.
2. Pocas ciudades tienen un plan maestro.
3. Menor número aún, practican la planeación financiera.
4. Pocas usan indicadores gerenciales para controlar la eficiencia y tomar decisiones.
5. Pocas tienen programas de reciclaje, de recursos humanos y participación comunitaria.

CIUDADES PEQUEÑAS:

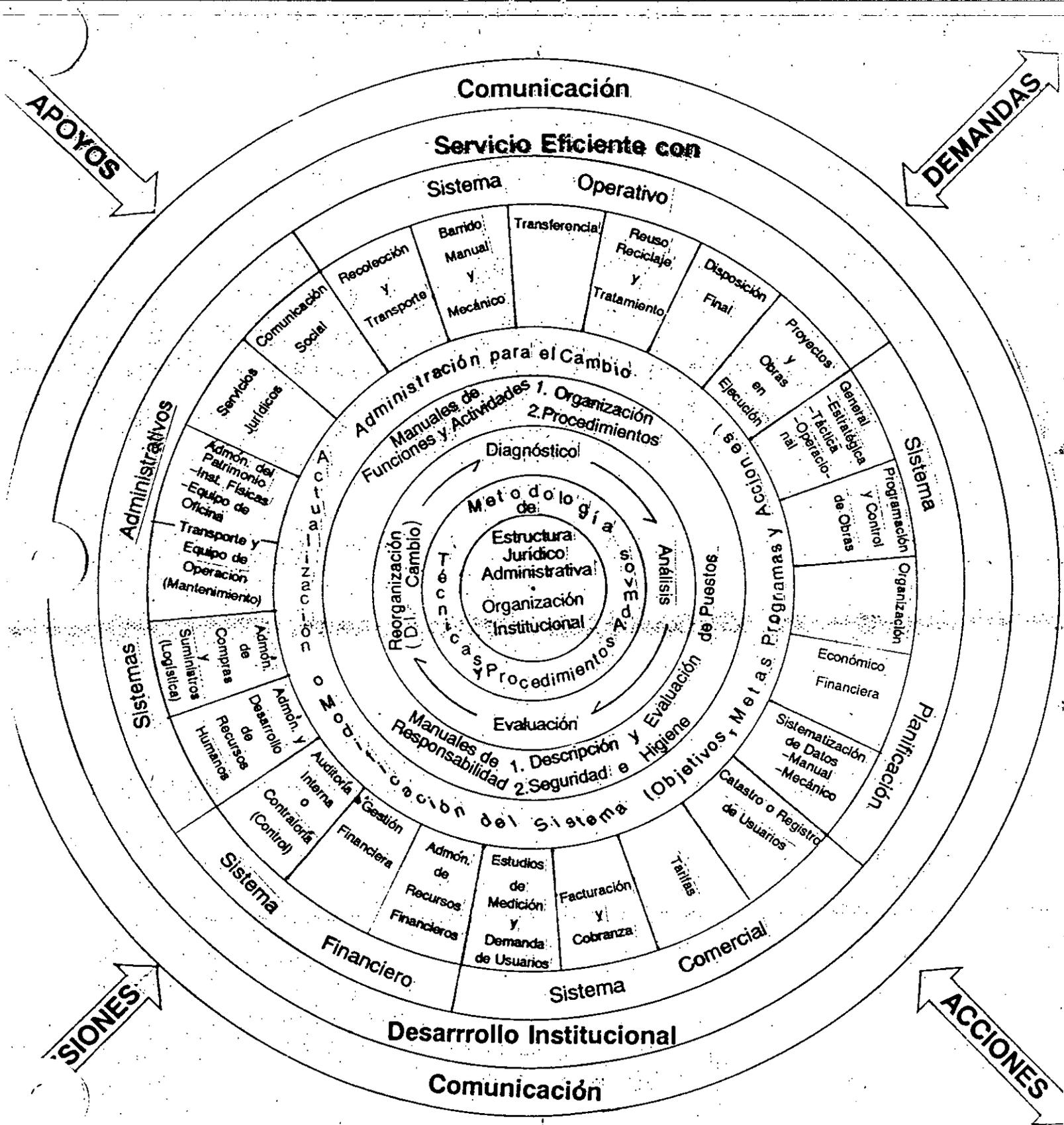
1. Las ciudades más pequeñas no tienen ningún tipo de planes.
2. Se requieren Planes Nacionales para apoyarlas, pero los pocos que existen carecen de prioridad y de fondos.

FUENTE: OPS/91 (Francisco Zepeda Porras)

DIAGNOSTICO GENERAL DE LOS ORGANISMOS OPERADORES DE ASEO URBANO EN MEXICO

- 1. DESCONOCIMIENTO Y TEMOR DE LA NECESIDAD DE CONTAR CON UN DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL U ORGANIZACIONAL.**
2. Estructuras Administrativas obsoletas a las nuevas necesidades.
- 3. ESCASOS O NULOS ESTUDIOS TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS POR CONSIDERARLOS COSTOSOS Y POCO APLICABLES.**
4. Carencia de programas de inducción, adiestramiento y capacitación para el personal de los diferentes niveles técnico-administrativos.
- 5. INEXISTENCIA DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS DIFERENTES PROCESOS, PERO PRINCIPALMENTE EN LOS SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL.**
6. Nulos programas de incentivos al personal.
7. La reglamentación en la mayoría de los casos, se encuentra atrasada o fuera de su contexto geo-demográfico.
- 8. Carencia de programas de integración para la promoción y participación institucional con la ciudadanía.**
9. Carencia de un sistema de información técnico-administrativa.
10. Ausencia de programas de adquisición y mantenimiento de materiales y equipo.
11. Ausencia de un Sistema de Comunicación e Información Integral sobre las actividades del Sistema.
12. Carencia de programas que permitan la explotación económica de los residuos, y que fomenten el reuso y reciclaje.
- 13. Inexistencia de controles 6 indicadores COSTO/BENEFICIO/EFICIENCIA.**
14. Carencia y desvío de recursos económicos a otros servicios considerados por la municipalidad como más importantes.
15. Incapacidad financiera por la falta de adopción de tarifas por la prestación del servicio.
16. Carencia de control de ingresos y egresos del servicio.

SISTEMA DE ORGANISMO OPERADOR PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.



¿QUÉ ENTENDEMOS COMO DESARROLLO INSTITUCIONAL?

ES UNA FILOSOFÍA METODOLÓGICA QUE NOS PERMITE POR MEDIO DE TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS ESPECÍFICOS, EFECTUAR UN PROCESO PLANIFICADO DE CAMBIO PARA QUE LOS SERVICIOS ALCANCEN SUS OBJETIVOS, METAS, PROGRAMAS Y ACCIONES ADAPTÁNDOLOS PERMANENTEMENTE A LAS INSTITUCIONES Y A LAS DEMANDAS DEL AMBIENTE.

¿DÓNDE APLICARLO?

EN LAS LOCALIDADES, MUNICIPIOS, REGIONES, PAISES O BLOQUES
ECONÓMICOS.

¿CUÁNDO APLICARLO?

**EN CADA COMUNIDAD, PUEBLO Y SOCIEDAD QUE DESEA PROMOVER,
DELIMITAR Y ADAPTAR EL CAMBIO EN SUS INSTITUCIONES SOCIALES
BÁSICAS.**

¿POR QUÉ O PARA QUÉ APLICARLO?

CON EL FIN DE MEJORAR O TRANSFORMAR SUS CONDICIONES EDUCATIVAS, POLÍTICAS, SOCIO-CULTURALES Y ECONÓMICAS A NUEVOS ESTADIOS DE BIENESTAR.

¿CÓMO ALCANZARLO?

CON DESEO, IMAGINACIÓN, TÉCNICA, ADAPTACIÓN Y VOLUNTAD DE REALIZAR
LOS CAMBIOS QUE SEAN NECESARIOS Y QUE PERMITAN TRANSFORMAR EL
AMBIENTE Y LAS ORGANIZACIONES SOCIALES QUE SEAN INDISPENSABLES
INNOVAR.

RESUMIENDO

CONJUNTANDO TODOS LOS CONCEPTOS ANTERIORMENTE VERTIDOS, DIREMOS QUE PARA QUE EXISTA LA POSIBILIDAD DEL DESARROLLO INSTITUCIONAL, ES NECESARIO QUE EXISTA LA ACTITUD Y LA APTITUD INDIVIDUAL Y COLECTIVA PARA EL CAMBIO.

**ESTRUCTURAS DE ORGANIZACION FACTIBLES EN EL SISTEMA DE CONTROL DE
LOS RESIDUOS SOLIDOS**

PARA QUE EXISTA LA POSIBILIDAD DE APLICAR EL DESARROLLO INSTITUCIONAL ES NECESARIO, CREAR O TENER UN ORGANISMO OPERADOR DEL SISTEMA, SEA ÉSTE, CON UNA ESTRUCTURA JURÍDICO-ADMINISTRATIVA SIMPLE O COMPLEJA Y CONSIDERANDO LOS RECURSOS HUMANOS, MATERIALES, FINANCIEROS Y DE INFORMACIÓN DE QUE DISPONGA LA LOCALIDAD RURAL O URBANA DEL PAÍS EN DONDE SE DESARROLLE EL ESTUDIO.

ES POR ELLO, QUE EN EL CASO DE NUESTRO PAÍS (MÉXICO), ES DE SUMA IMPORTANCIA EL REALIZAR DE MANERA ESPECÍFICA Y DETALLADA EL ESTUDIO DE LAS:

BASES JURÍDICO-ADMINISTRATIVAS

Ante las crecientes demandas de los ciudadanos para que sus comunidades cuenten con infraestructura y condiciones que promuevan el desarrollo económico de sus localidades, el Gobierno Federal estableció en los Artículos 115, fracción III inciso c), 116 fracción VI y 124 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el que los servicios públicos deben de ser regulados por las leyes que expidan las Legislaturas Estatales.

Por otro lado, en el ámbito jurídico municipal, las LEYES ORGÁNICAS son las que deben de precisar las bases para estructurar las áreas que prestan los servicios públicos, además de establecer los procedimientos jurídico-administrativos para crear, organizar y operar estos servicios.

**EN MÉXICO,-- LAS ESTRUCTURAS JURÍDICO-ADMINISTRATIVAS PARA PRESTAR
EL SERVICIO PÚBLICO DE LIMPIA, SON LAS SIGUIENTES:**

1. Centralización o prestación directa del Ayuntamiento,
2. Organismo o Empresa Descentralizada.
3. Empresa Intermunicipal o Paramunicipal.
4. Empresa Mixta de Participación Estatal o Paramunicipal, y
5. Empresa Concesionada (Total o Parcial).

Sin embargo, en nuestro ámbito Jurídico-Administrativo u Organizacional se contemplan otras posibilidades como son:

6. Organismo Desconcentrado,
7. Fideicomiso, y
8. Sociedad Cooperativa.

Todas estas estructuras jurídico-administrativas u organizacionales, contemplan la posibilidad de efectuar la **CONTRATACIÓN O SUBROGACIÓN TOTAL O PARCIAL** de cada Sistema o Subsistema del Servicio incluyendo los servicios de Dirección o Supervisión a través de sociedades o empresas legalmente

constituídas -bien sean estas organizaciones complejas o microempresas-, por medio de un **CONTRATO CIVIL DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS RELACIONADOS CON O A UNA OBRA PUBLICA** en el que se especifique de manera clara y concreta las DECLARACIONES, las CLÁUSULAS que deben contener las OBLIGACIONES, los DERECHOS, las PENALIDADES o SANCIONES, las GARANTÍAS o FIANZAS y la JURISDICCIÓN -para ambas partes-, en la forma, tiempo y términos en la que se prestará el servicio o la obra.

En nuestro sistema jurídico-administrativo existen TRES FORMAS DE CONTRATAR O ADJUDICAR LOS SERVICIOS RELACIONADOS CON O A UNA OBRA PUBLICA, SIENDO LAS SIGUIENTES:

1. Licitación Pública.
2. Convocatoria o Invitación directa a cuando menos tres contratistas, y
3. Adjudicación Directa.

Estas formas de contratación o adjudicación se encuentran sustentadas en el Artículo 134 de nuestra Carta Magna y demás Leyes Reglamentarias.

Pasemos ahora, a ver en los siguientes cuadros esquemáticos, las principales características de cada una de las Estructuras Jurídico-Administrativas antes enunciadas, y a presentarles un análisis de ventajas y desventajas de cada una de ellas:

Estructura Jurídico-Administrativa Centralizada

EM-PRESA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ORGA-NISMO MUNI-CIPAL CEN-TRALI-ZADO	<ul style="list-style-type: none"> * Las Leyes Orgánicas otorgan a los Organos Municipales poderes de decisión, de nombramiento, de mando, de revisión, de vigilancia, de disciplina para resolver los conflictos de su competencia. * Se encuentran concentrados dichos poderes en un número reducido de órganos facultados para ello. * Emplea su propia organización y sus recursos. * Los servicios se encuentran bajo dependencia de otros órganos administrativos (línea jerárquica del municipio) * Dicha concentración abarca aspectos técnicos y administrativos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Ayuntamiento asigna recursos para la realización de los servicios públicos. 2. Está facultado para llevar a cabo las funciones de revisión y vigilancia sobre las actividades realizadas por los órganos municipales que llevan a cabo la prestación de los servicios públicos. 3. El servicio es permanente. No se interrumpe por cambio de administración o por huelga. 4. Financiamiento y ayuda técnica nacional e internacional. 5. Posibilidad de establecer un derecho por servicio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. En ocasiones, los recursos técnicos y administrativos que designa el Ayuntamiento no son suficientes para la realización de los servicios públicos. 2. No existe continuidad en los planes y programas de operación de los servicios públicos, debido al rompimiento de éstos en cada cambio de administración municipal. 3. Subordinación de los intereses comunitarios con relación a los intereses gubernamentales. 4. Falta de capacidad técnica y administrativa para llevar a cabo la prestación de los servicios públicos de manera eficiente, para satisfacer oportunamente las necesidades de la comunidad. 5. Altos costos de operación, lo cual constituye una carga excesiva para el gobierno municipal. 6. Endeudamiento por la adquisición de préstamos que rebasan la capacidad de pago de los gobiernos municipales. 7. Exceso de burocratismo en las áreas operativas y administrativas.

EM-PRESA	CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO</p>	<p>* Se crea a través de un decreto, expedido por la Legislatura del Estado, que regula su estructura y funcionamiento, precisando sus fines, denominación, patrimonio, órganos; sus relaciones con el personal y usuarios del servicio y demás actividades propias de su organización.</p> <p>* Tiene por objetivo realizar eficientemente la prestación de un servicio público de la administración central.</p> <p>* Cuenta con personalidad jurídica y patrimonio propio para realizar sus funciones.</p> <p>* Acepta la aplicación del derecho privado cuando efectúa sus relaciones mercantiles, pero su régimen general es de derecho público.</p> <p>* La liquidación es determinada por la Legislatura del Estado cuando no cumpla sus objetivos o no sea conveniente para la economía estatal.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El gobierno controla y vigila el funcionamiento de sus actividades, por medio de Consejos de Administración, sin que exista dependencia jerárquica (autonomía). 2. Puede adoptar el régimen de una sociedad mercantil. 3. No son aplicables los principios de derecho privado a las instituciones descentralizadas. Se crea un estricto régimen de derecho público al afectar el Estado sus bienes a propósitos de interés general. 4. Solo cuando se establezca en el decreto que origine su creación, puede regirse por el derecho privado. 5. En caso de liquidar a la entidad, los bienes se reintegren al patrimonio general del Ayuntamiento. 6. En muchos casos, la administración se realiza a través de procedimientos análogos a los de la empresa privada. 7. Se entrega el manejo del servicio a los que tienen la preparación técnica necesaria. 8. Puede llegar a sostenerse con sus propios recursos. Por medio de cuotas o tarifas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se presenta la intervención de factores políticos en la administración general de la empresa. 2. No existe continuidad en los planes y programas de operación de los servicios públicos, debido al rompimiento de éstos en cada cambio de administración municipal. 3. En algunos casos el personal es seleccionado de acuerdo a las influencias políticas, y no porque tenga competencia profesional para realizar las funciones asignadas. 4. El gobierno debe de proveer (en primera instancia) de recursos a la entidad para que lleve a cabo sus funciones, por lo que en ocasiones se presentan problemas económicos y administrativos para prestar los servicios público.

Estructura Jurídico-Administrativa Intermunicipal

EM-PRESA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
EM-PRESA INTER MUNICIPAL	<p>* Es la asociación de dos o más municipios para prestar un servicio a la comunidad asentada dentro de sus ámbitos territoriales.</p> <p>* Es un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio.</p> <p>* Su creación está fundamentada en el Artículo 115 Constitucional y en las Leyes Orgánicas Municipales.</p> <p>* Los estatutos legales que la rigen son los mismos que los de los organismos descentralizados.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los gastos de operación generados por la prestación del servicio público es compartido por los municipios. 2. Los municipios involucrados procuran los elementos necesarios para mantener la unidad, vigilancia y control de la empresa intermunicipal. 3. Solo cuando lo establezca en el decreto que origina su creación, puede regirse por el derecho privado. 4. En caso de liquidar a la entidad, los bienes se reintegran al patrimonio general de los Ayuntamientos. 5. En muchos casos, la administración se realiza a través de procedimientos análogos a los de la empresa privada. 6. Se entrega el manejo del servicio a los que tienen la preparación técnica necesaria. 7. Puede llegar a sostenerse con sus propios recursos por medio de cuotas o tarifas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las necesidades no son las mismas en los municipios asociados, por lo que se dificulta la prestación oportuna de los servicios. 2. Los costos de operación pueden incrementarse debido a la falta de coordinación existente entre los municipios asociados. 3. Se presenta la intervención de factores políticos en la administración general de la empresa. 4. No existe continuidad en los planes y programas de operación de los servicios públicos, debido al rompimiento de éstos en cada cambio de administración municipal. 5. El personal puede ser seleccionado de acuerdo a las influencias políticas, y no porque tenga competencia para realizar las funciones asignadas. 6. El gobierno debe proveer (en primer instancia) de recursos a la entidad para que lleve a cabo sus funciones, por lo que en ocasiones se presentan problemas económicos y administrativos para prestar el servicio público.

Estructura Jurídico-Administrativa Mixta e de Participación Estatal

EM- PRESA	CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
EM- PRESA DE ECO- NOMIA MIXTA	<p>* Tiene por objetivo prestar un servicio bajo las normas de derecho privado, pero con la intervención del poder público.</p> <p>* Para ser considerada empresa de economía mixta o de participación estatal, se requiere que:</p> <p>a) El gobierno aporte o sea propietario de más o menos del 50% del capital social (mayoritaria o minoritaria).</p> <p>b) Que figuren acciones en el capital social que sólo puedan ser suscritas por el Gobierno.</p> <p>c) Que corresponda al Gobierno hacer nombramientos a nivel de Junta Directiva o Directivo, o cuando pueda vetar los acuerdos de la Asamblea General.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El gobierno vigila y controla el funcionamiento de sus actividades. 2. Puede adoptar el régimen de una sociedad mercantil. 3. La administración se realiza a través de procedimientos análogos a los de la empresa privada. 4. Puede llegar a sostenerse con sus propios recursos. 5. El gobierno puede intervenir en el establecimiento de tarifas. 6. Se entrega el manejo del servicio a personal con la preparación técnica necesaria. 7. Existe mayor flexibilidad en la operación total de la organización y del sistema. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se presenta la intervención de factores políticos en la administración general de la empresa. 2. Se puede presentar el caso de que no exista continuidad en los planes y programas de operación de los servicios públicos, debido al rompimiento de éstos en cada cambio de administración municipal. 3. En algunos casos, el personal es seleccionado de acuerdo a las influencias políticas, y no porque tenga competencia profesional para realizar las funciones asignadas. 4. No existen normas que concilien su carácter privado con las funciones públicas.

Estructura Jurídico-Administrativa Concesionada

EM- PRESA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CON- CE- SION DEL SER - VICIO PU- BLICO	<ul style="list-style-type: none"> * La Administración Estatal establece un derecho a favor de un particular para que maneje un servicio por un plazo determinado y bajo condiciones precisas, de naturaleza contractual y reglamentaria. * Está sujeta a las normas que dicten las Leyes Orgánicas Municipales. * Es de carácter temporal (15 años generalmente). * Durante su vigencia el concesionario puede obtener una utilidad razonable de sus inversiones y recuperar su importe por medio de cuotas que los usuarios paguen por el servicio. * Existe el derecho de reversión, mediante el cual los bienes afectados en la concesión, pasan al Estado al término de ésta. * La concesión puede terminar anticipadamente, mediante indemnización al concesionario. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A través de la concesión se fija la organización y funcionamiento, horarios, tarifas, derechos de usuarios, etc. para la prestación del servicio. 2. El gobierno puede intervenir en: <ol style="list-style-type: none"> a) El establecimiento de tarifas. b) Puede ejercer el control que le corresponde para asegurarse que el concesionario tiene la competencia y medios para la explotación de la concesión. c) Puede variar unilateralmente las condiciones de la concesión. 3. El concesionario es el que efectúa los gastos de la concesión, realiza la gestión del servicio y está obligado a conservar los bienes durante la concesión. 4. Al término de la concesión los bienes pasan a ser patrimonio general del Ayuntamiento. 5. La administración es totalmente privada. 6. Se sostiene con sus propios recursos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los beneficios económicos que se generen por la prestación del servicio, quedan en posesión del concesionario. 2. Difícilmente se tendrán concesionarios (inversionistas) que acepten concesiones por un término menor a 15 años.

Estructura Jurídico-Administrativa Desconcentrada

EM- PRESA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>ORGA- NISMO</p> <p>PUBLI- CO</p> <p>DES- CON- CEN- TRADO</p>	<p>* Un organismo des- concentrado tiene por objetivo favorecer el desarrollo integral de las entidades federativas, previo cumplimiento de las formalidades establecidas.</p> <p>* Es una alternativa con que cuenta el gobierno central para coordinar y controlar directamente sus recursos.</p> <p>* A nivel municipal se deben establecer convenios de desconcentración, según lo establecido en el Artículo 22 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.</p>	<p>1. El Ayuntamiento asigna recursos para la realización de los servicios públicos.</p> <p>2. Está facultado para llevar a cabo las funciones de revisión y vigilancia sobre las actividades realizadas por los órganos municipales que llevan a cabo la prestación de los servicios públicos.</p> <p>3. No son aplicables los principios de derecho privado a las instituciones desconcentradas, debido a que se crea un estricto régimen de derecho público.</p> <p>4. En caso de liquidar a la empresa los bienes patrimoniales se reintegran al Ayuntamiento.</p> <p>5. Se entrega el manejo del servicio público a los que tienen la preparación técnica necesaria.</p> <p>6. Son autónomos del Ayuntamiento para cumplir con la función técnica que se les encomendó.</p>	<p>1. En ocasiones los recursos técnicos y administrativos que designa el Ayuntamiento no son suficientes para la realización de los servicios públicos.</p> <p>2. No existe continuidad en los planes y programas de operación de los servicios públicos, debido al rompimiento de éstos en cada cambio de administración municipal.</p> <p>3. Subordinación de los intereses comunitarios con relación a los intereses gubernamentales.</p> <p>4. En algunos casos el personal es seleccionado de acuerdo a influencias políticas, y no porque tengan competencia profesional para realizar las funciones asignadas</p> <p>5. Altos costos de operación, lo cual constituye una carga excesiva para el gobierno municipal.</p> <p>6. Endeudamiento por la adquisición de préstamos que rebasan la capacidad de pago de los gobiernos municipales.</p> <p>7. El ejercicio y control del presupuesto lo ejerce el ayuntamiento.</p> <p>8. No lo consideran generalmente las Constituciones Políticas de los Estados y las Leyes Orgánicas Municipales.</p>

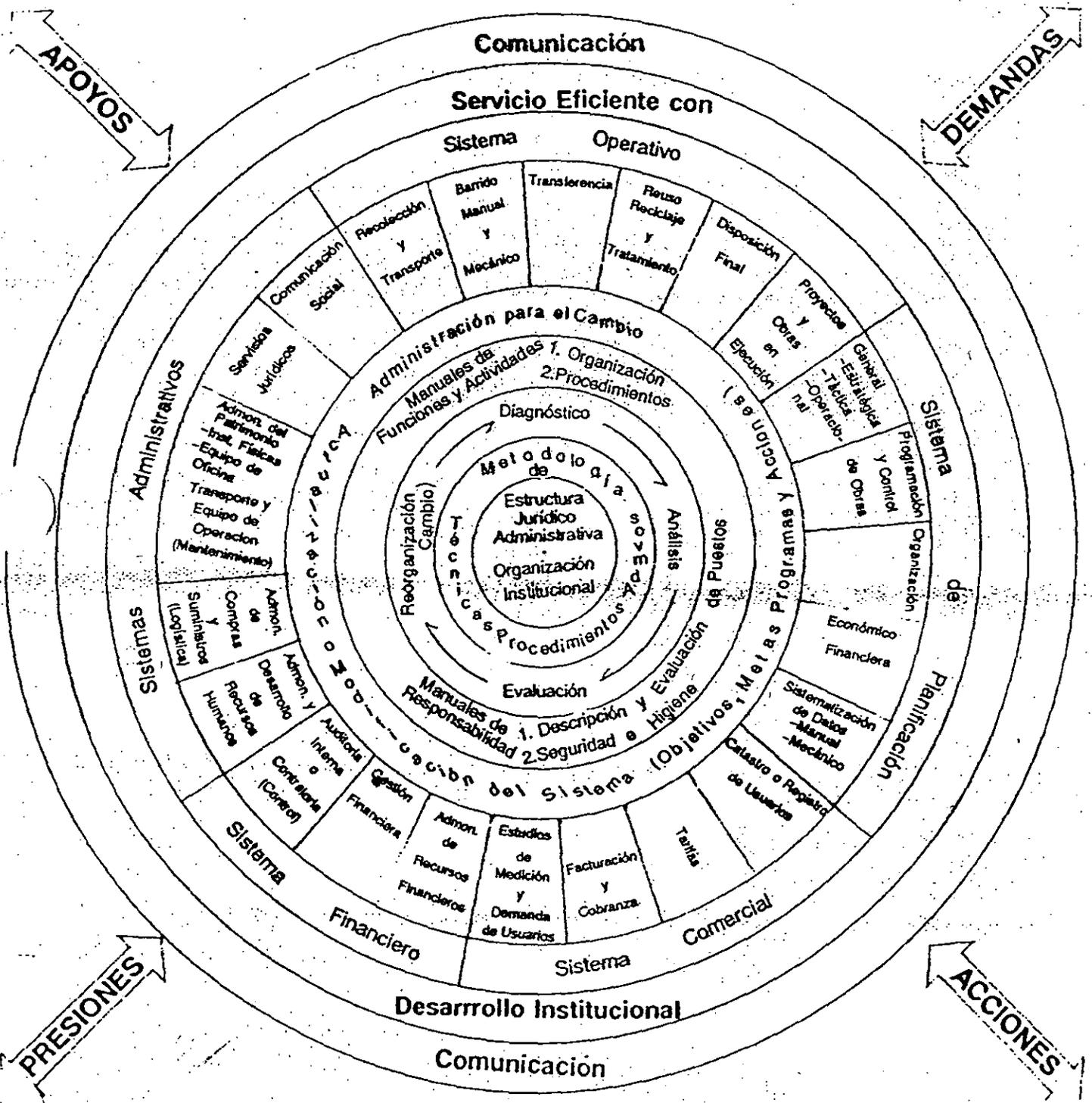
Estructura Jurídico-Administrativa Fiduciaria

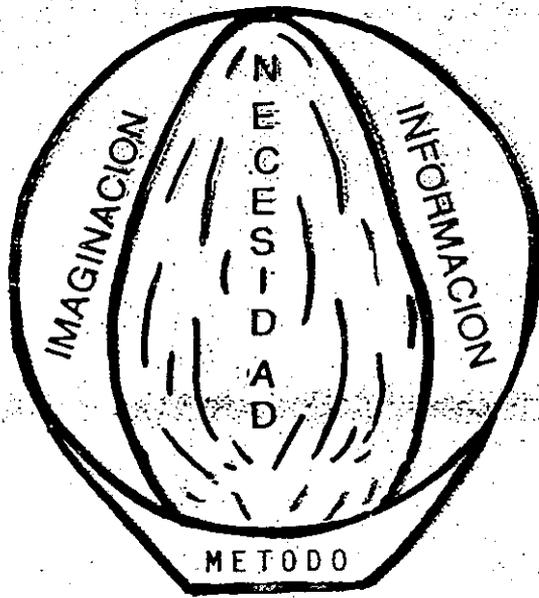
EM- PRESA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>FIDEI-COMI-SO</p>	<p>* La Ley General de Instituciones de Crédito establece que puede ser objeto del fideicomiso toda clase de bienes que sean estrictamente personales de su titular.</p> <p>* En un fideicomiso participan: fideicomitente, fideicomisario y el fiduciario.</p> <p>* No es necesario que se nombre al fideicomisario.</p> <p>* Pueden ser fideicomitentes autoridades judiciales o administrativas cuando el objeto del fideicomiso lo constituyan bienes cuya guarda, conservación, administración, liquidación, reparto o enajenación corresponda a dichas autoridades o a las personas designadas por éstas.</p> <p>* Se extingue:</p> <p>a) Cuando se cumple el objetivo.</p> <p>b) Por ser imposible su cumplimiento.</p> <p>c) Por no realizarse dentro del término establecido o 20 años después.</p>	<p>1. El gobierno controla y vigila el funcionamiento de sus actividades.</p> <p>2. Constituye una fuente de financiamiento para las empresas públicas y/o privadas.</p> <p>3. Puede llegar a sostenerse con sus propios recursos.</p> <p>4. En muchos casos, la administración se realiza a través de procedimientos análogos a los de la empresa privada.</p>	<p>1. Se presenta la intervención de factores políticos en la administración general de la empresa.</p> <p>2. No existe continuidad en los planes y programas de operación de los servicios públicos, debido al rompimiento de éstos en cada cambio de administración municipal.</p> <p>3. En ocasiones, el personal es seleccionado de acuerdo a las influencias políticas, y no porque tenga competencia para realizar las funciones asignadas.</p> <p>4. Existe la posibilidad de que los recursos económicos obtenidos no sean los suficientes para llevar a cabo la prestación del servicio de limpia.</p>

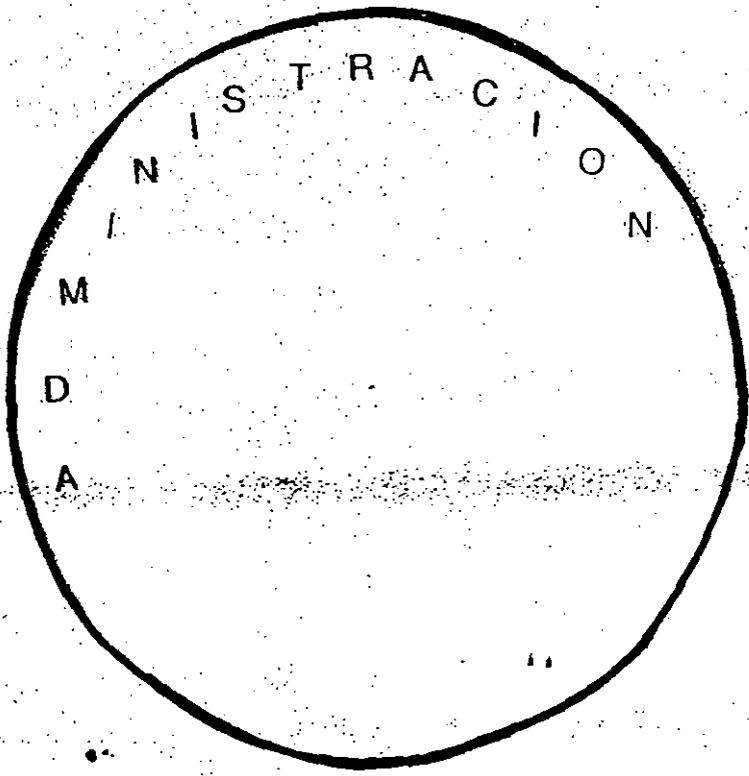
Estructura Jurídico-Administrativa de Sociedad Cooperativa

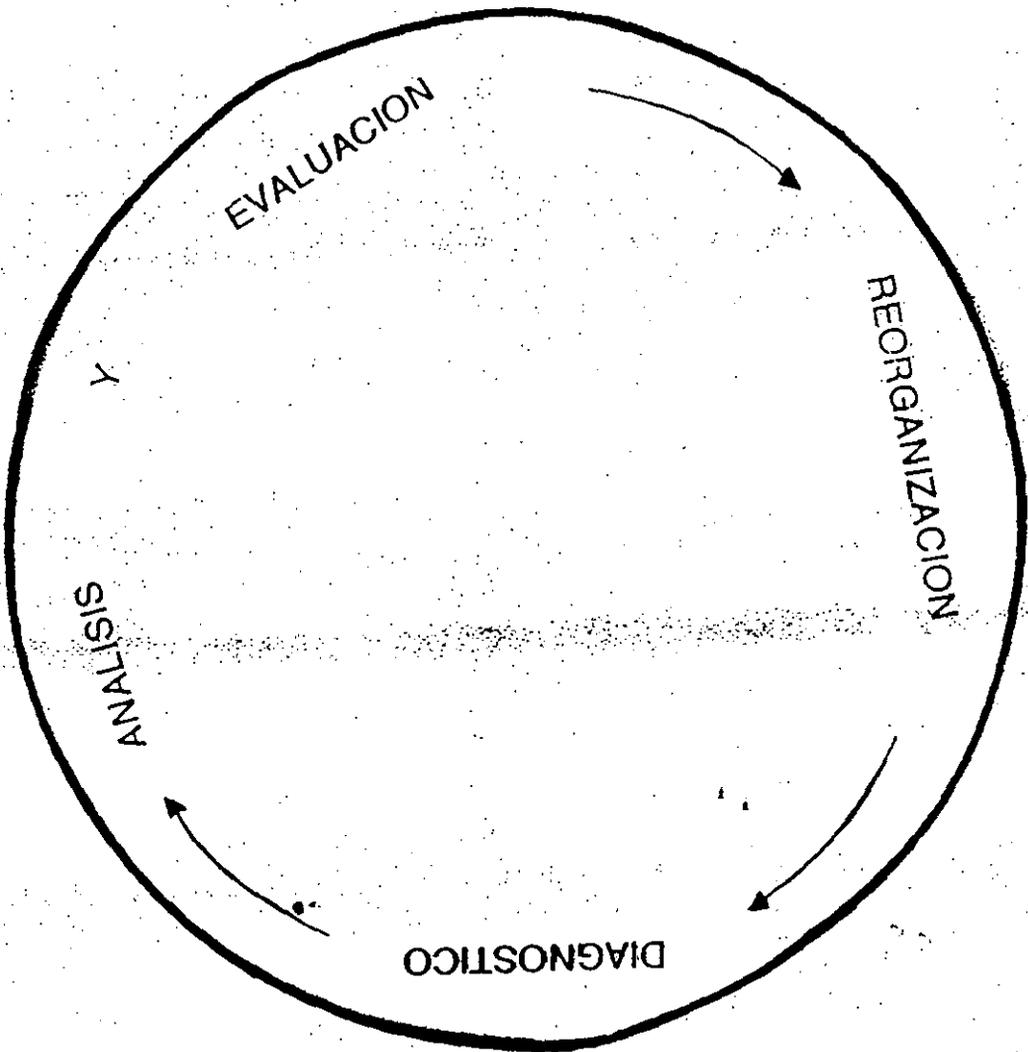
EM- PRESA	CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>ORGA- NIZA- CION</p> <p>COO- PERA- TIVA</p>	<p>* Está integrada por individuos de la clase trabajadora.</p> <p>* Tiene por objeto procurar el mejoramiento social y económico de sus socios.</p> <p>* Su creación se da a través de la concesión del servicio por parte del gobierno a los trabajadores.</p> <p>* Cuenta con personalidad jurídica y patrimonio propio.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los trabajadores reciben directamente los beneficios de su trabajo. 2. Debido a lo anterior, pueden mejorar su nivel económico-social. 3. Al tener calidad de socios, cuentan con prestaciones sociales, participan del reparto de utilidades, así como de otros beneficios sociales. 4. Debido a que se trata de una concesión del servicio, el gobierno puede regular su funcionamiento de acuerdo a lo señalado en el apartado correspondiente a la concesión. 5. Se da el mismo tratamiento que a las concesiones de servicios públicos. 6. Realizan actividades remunerativas de su interés, acordes con su nivel académico. 7. Existe la posibilidad de que su familia participe en las actividades de la cooperativa, aumentando su ingreso económico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de asistencia técnica adecuada que permita la actualización de sus tecnologías, la optimización de recursos y el mejoramiento de los sistemas de producción y administración. 2. Se requiere diseñar e implantar programas de capacitación y desarrollo para su personal. 3. Falta de fluidez en la tramitación de los apoyos crediticios, financieros y fiscales requeridos para la operación de la cooperativa. 4. No se cuenta con una estructura comercial que facilite la introducción de su producción en el mercado de bienes y servicios. 5. Existencia de burocracia administrativa que no agilita la constitución y desarrollo de las organizaciones cooperativas.

4. SISTEMA DE ORGANISMO OPERADOR PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.









DEMANDAS

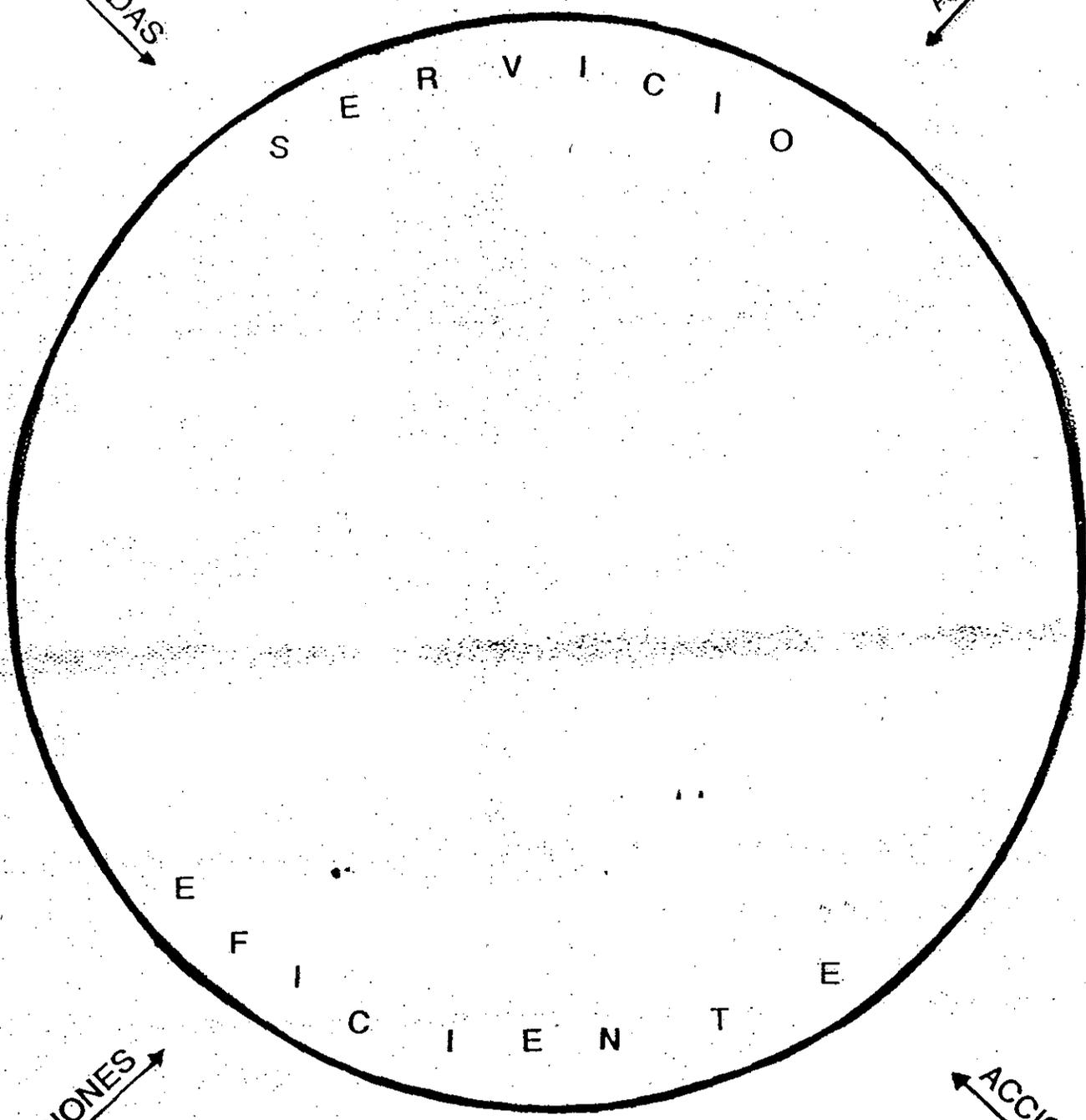
APOYOS

S E R V I C I O

E F I C I E N T E

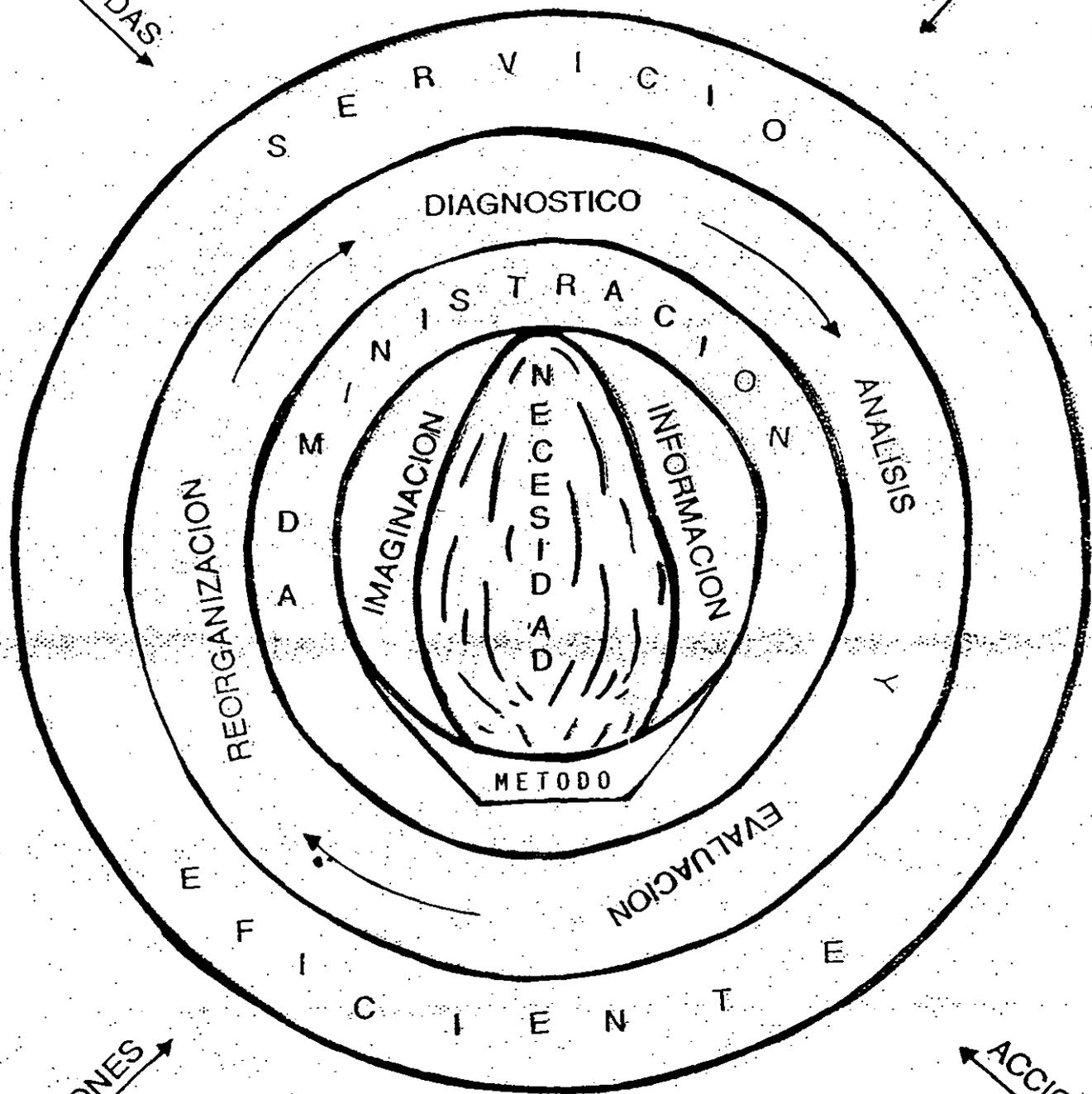
PRESIONES

ACCIONES



DEMANDAS

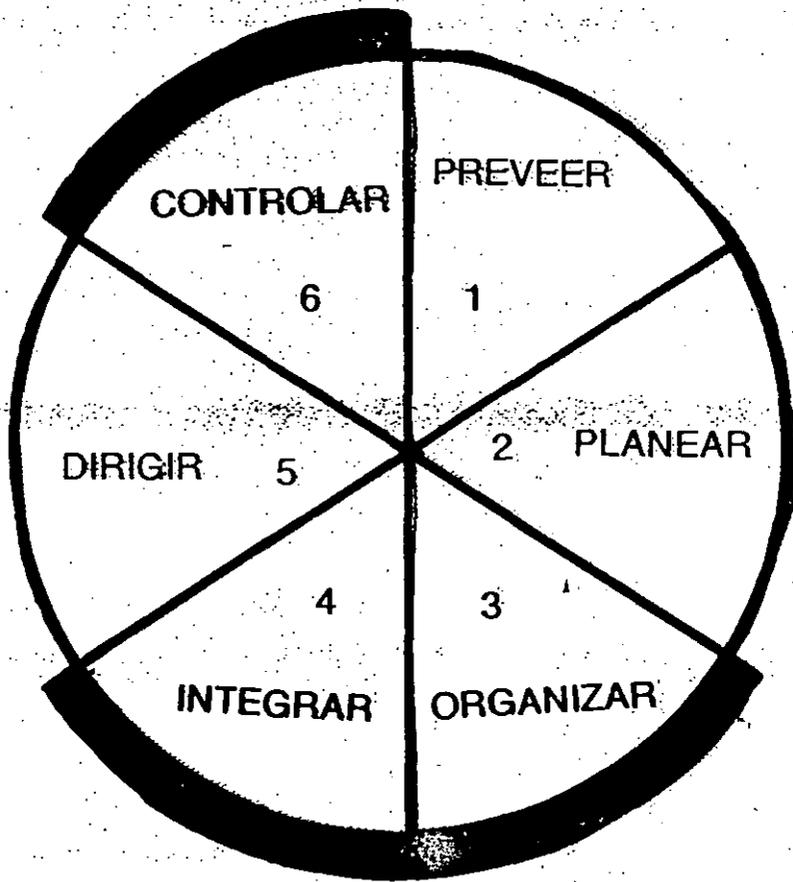
APOYOS



PRESIONES

ACCIONES

PROCESO ADMINISTRATIVO



ETAPA	FASES	MEDIOS
PREVEER	Interpretación de Resultados (Análisis e)	<ul style="list-style-type: none"> - Reportes o Informes. - Estadísticas. - Gráficas.
	Problemática (Ideas)	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio o Análisis de Situaciones o Casos. - Tormenta o lluvia de Ideas. - Demostraciones. - Flexibilidad o Adaptación.
	Estrategias (a implantar)	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnósticos Institucionales a Nivel Nacional de los Organismos Operadores. - Creación de un Banco y de una Red de Información Básica. - Creación de un Catastro y de una Red de Centros de Acopio de Reuso y Reciclaje. - Recopilación y difusión de la información a través de AMCRESPAC. - Elaboración de Normas y Reglamentos en la materia. - Elaboración de estudios o investigaciones para determinar la factibilidad para la concesión o privatización de los servicios - Diagnóstico, Evaluación o Monitoreo de cada etapa del proceso administrativo. (Mínimo cada 3 años). - Promoción de Encuentros y Congresos de Desarrollo Institucional (Anual y Bianual).

ETAPA	FASES	MEDIOS
PLANEAR	Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Cualitativos. - Cuantitativos (Metas o Cobertura).
	Programas	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la Generación. - Promoción y Participación social . - Normas y Reglamentos. - Organización o Reorganización Comercial y Económico-Financiero. - Residuos Hospitalarios y Peligrosos. - Barrido, Recolección, Transferencia y Disposición final. - Sistematización de la información. - Diagnóstico, Evaluación o Monitoreo permanente.
	Políticas	<ul style="list-style-type: none"> - Integración o Interrelación de convencimiento y compromiso. - Uso eficiente de la información y del equipo administrativo y operativo.
	Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> - Administrativos: de Selección, de Adquisición, de Mantenimiento, etc. - Operativos: de Recepción y Descarga, de Material de Cobertura, de Empuje y Acomodo, etc.

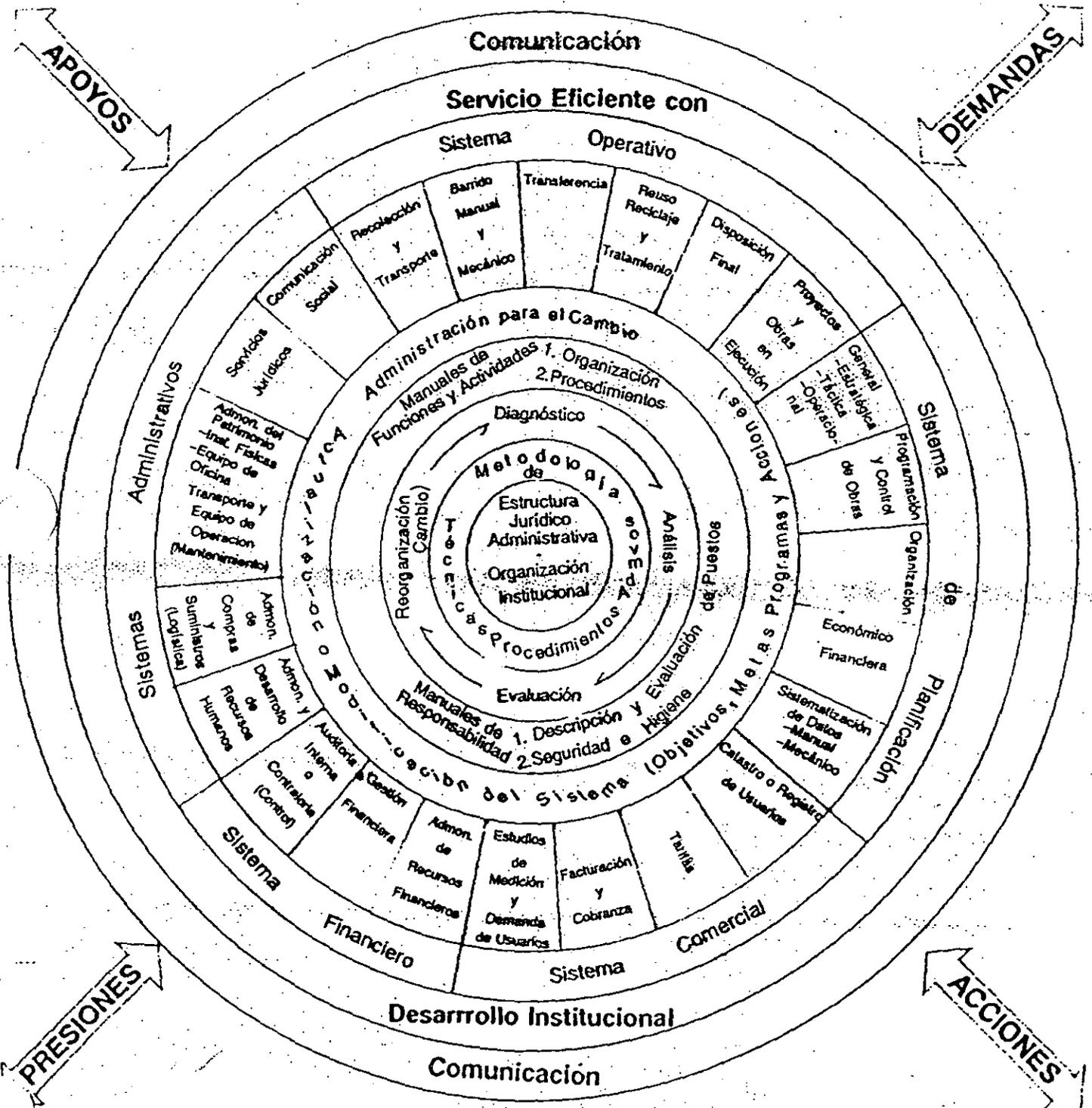
ETAPAS	FASES	MEDIOS
ORGANIZAR	Estructura (Definición de)	– Organigramas: * Estructurales. * Funcionales.
	Funciones (Definición de)	– Manuales: * Organización. * Procedimientos u Operación. * Formas.
	• Responsabilidades y Autoridad (Definición de)	– Manuales: * Descripción de Puestos. * Valuación de Puestos. * Seguridad e Higiene.

ETAPA	FASES	MEDIOS
<p style="text-align: center;">INTEGRAR (Recursos) O LOGISTICA</p>	<i>Humanos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Selección. - Inducción. - Adiestramiento. - Capacitación. - Actualización. - Desarrollo. - Calificación de Méritos. - Promoción y Participación Social.
	<i>Materiales</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de Proveedores y Productos. - Adquisición. - Almacenaje. - Inventarios. - Proveeduría. - Mantenimiento Preventivo y Correctivo.
	<i>Financieros</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Presupuesto de Ingresos y Egresos. - Contabilidad: <ul style="list-style-type: none"> * Registro de Ctas (Pólizas). * Balanza de Comprobación y Cuentas de Resultados (Ajustes). - Formulación de Edos. Financieros: <ul style="list-style-type: none"> ** Edo. de Resultados. * Balance Gral. o de Situación Financiera. * Flujo de Efectivo.
	<i>Jurídicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Políticas y Normas Institucionales. - Leyes (Municipales, Estatales y Federales).
	<i>Información</i>	

ETAPA	FASES	MEDIOS
DIRIGIR	Delegar	<ul style="list-style-type: none"> - Resposnabilidad. - Autoridad. - Dirección o Conducción.
	Comunicar	<ul style="list-style-type: none"> - Informar Resultados. - Motivar. - Medidas Correctivas.
	Coordinar	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura Organizacional o Cadena de Mando. - Juntas o Reuniones de Trabajo. - Comités Ejecutivos o de Asesoría. - Sistema de Sugerencias y - Quejas.
	Cambio (Administración del)	<ul style="list-style-type: none"> - Promover: <ul style="list-style-type: none"> * Creatividad. * Innovación. * Aceptación.

ETAPA	FASES	MEDIOS
CONTROLAR	Sistemas de Información	<ul style="list-style-type: none"> - Manuales. - Electrónicos.
	Parámetros o Estándares de Actuación o Producción	<ul style="list-style-type: none"> - Metas o Coberturas. - Agenda Ejecutiva.
	Evaluación o Medición de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Objetivos. - Presupuesto. - Auditoría Administrativa y Contable: <ul style="list-style-type: none"> * Interna. * Externa.
	Estímular	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicar Resultados. - Felicitar o Motivar. - Remunerar. - Establecer Medidas Correctivas.

4. SISTEMA DE ORGANISMO OPERADOR PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.



RECORDEMOS:

La imaginación es más importante que el conocimiento.

-Albert Einstein



La imaginación gobierna al mundo.

-Napoleón



La imaginación toma el poder.

-Anónimo

La Sorbona / Mayo 68





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

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

III. DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO
Y OPERACION

1 9 9 4

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

3.-DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO Y OPERACION

EL DESTINO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES GENERADOS EN UNA CIUDAD, PUEDEN SER ORIENTADOS DESPUES DE SU RECOLECCION HACIA:

A) SU DISPOSICION FINAL

- RELLENO SANITARIO
- INCINERACION

B) REAPROVECHAMIENTO

- REUSO DIRECTO
(SIN- MODIFICACION SUSTANCIAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS).
- REPROCESAMIENTO
 - RECUPERACION DE MATERIALES.
(RECICLAJE)
 - RECUPERACION U OBTENCION DE ENERGIA Y OTROS MATERIALES.
(INCINERACION , PIROLISIS)

RELLENO SANITARIO

ES UN METODO DE DISPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA TIERRA DE UNA MANERA SEGURA E HIGIENICA CON LOS MENORES RIESGOS AMBIENTALES POSIBLES, UTILIZANDO LOS PRINCIPIOS DE LA INGENIERIA PARA CONFINAR LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA MENOR AREA POSIBLE CUBRIENDOLOS CON CAPAS DE TIERRA COMPACTADAS.

PARAMETROS DE DISEÑO OPERACION DE UN RELLENO
SANITARIO.

SELECCION DEL SITIO.

ESTUDIOS BASICOS

1. - CLIMATOLOGIA.

- TEMPERATURA
- PRECIPITACION
- EVAPORACION
- VIENTOS

2. - TOPOGRAFIA.

- PLANOS GENERALES
- TOPOGRAFIA DE DETALLE DEL SITIO SELECCIONADO

3. - GEOLGIA.

- SONDEOS A CIELO ABIERTO
- SONDEOS PROFUNDOS

4. - ANALISIS Y SELECCION DE BANCOS DE MATERIALES PARA MATERIAL DE
CUBIERTA.

5. - HIDROLOGIA Y GEOHIDROLOGIA.

- ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES
- ANALISIS DEL MANTO FREATICO

6. - ANALISIS DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES.

7. - SERVICIOS DISPONIBLES.

- VIALIDADES
- COMUNICACION

CUANTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS A DISPONER

1. - DETERMINACION DE LA GENERACION MEDIA.

- ESTUDIOS DE GENERACION
- ESTIMACION DE LA CANTIDAD TRANSPORTADA AL SITIO

2. - DETERMINACION DE LA GENERACION TOTAL

- ACTUAL
- FUTURA (PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA POBLACION Y DE LA VARIACION DE LA GENERACION MEDIA).

3. - CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

- COMPOSICION
 - CLASIFICACION DE SUBPRODUCTOS
- CARACTERISTICAS
- FISICAS
- PESO VOLUMETRICO
 - EN LA FUENTE, EN EL VEHICULO, ESTIMADO EN EL RELLENO.
- CONTENIDO DE HUMEDAD.

$$H = (w - d / w) \times 100$$

DONDE:

- H = CONTENIDO DE HUMEDAD, %
- w = PESO INICIAL DE LA MUESTRA
- d = PESO DE LA MUESTRA DESPUES DEL SECADO A 105 °C

- POTENCIAL HIDROGENO (PH)
- CAPACIDAD DE CAMPO

- PERMEABILIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS COMPACTADOS EN
RELLENO

$$K = C d^2 \frac{\gamma}{\mu} = k \frac{\gamma}{\mu} \quad \text{DONDE :}$$

- K = COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.
- C = CONSTANTE ADIMENSIONAL O FACTOR DE FORMA.
- d = TAMAÑO PROMEDIO DE LOS POROS.
- γ = PESO ESPECIFICO DEL AGUA.
- μ = VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA.
- k = PERMEABILIDAD INTRINSECA.

CARACTERISTICAS QUIMICAS

- POTENCIAL HIDROGENO (PH)
- CENIZAS
- AZUFRE
- NITROGENO TOTAL
- MATERIA ORGANICA
- PODER CALORIFICO
- RELACION CARBONO / NITROGENO
- FOSFORO TOTAL.

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS.

- COLIFORMES TOTALES
- COLIFORMES FECALES
- BIODEGRADABILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA.

DETERMINACION DEL METODO DE CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENO
SANITARIO.

- METODO DE AREA
- METODO DE TRINCHERA
- METODO DE RELLENO DE DEPRESIONES NATURALES.
(CAÑADAS, BARRANCAS)

PROYECTO EJECUTIVO DE UN RELLENO SANITARIO

- DISEÑO POR ETAPAS CONSTRUCTIVAS.
- DISEÑO DE LAS VIALIDADES INTERIORES.
- DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.
DEL RELLENO (TRINCHERA, BORDOS, BASE IMPERMEABLE).
- DISEÑO DE LAS OBRAS PARA EL CONTROL SANITARIO.
- CAPTACION, CONDUCCION Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.
- CAPTACION Y DISPOSICION DEL BIOGAS.
- CAPTACION Y CONDUCCION DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES.
- CONTROL DE DISPERSION DE LOS RESIDUOS DEBIDO AL VIENTO.
- DISEÑO DE LAS OBRAS Y EDIFICACIONES PARA LA OPERACION Y
EL MANTENIMIENTO.
 - MOVIMIENTO DE TIERRAS.
 - RESTAURACION DE BANCOS DE PRESTAMO.
 - DISEÑO DEL USO DEL SUELO DE LAS AREAS RELLENADAS
(PARQUES Y JARDINES, EDIFICACION LIGERA).
 - EDIFICACIONES : CASSETAS DE CONTROL.

- TALLERES
 - BODEGAS
 - OFICINAS
 - COMEDORES
-
- DISEÑO DE LA OPERACION DEL RELLENO
 - TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE VEHICULOS DE RECOLECCION DENTRO DEL RELLENO.
 - MOVIMIENTOS DE TIERRA.
 - MONITOREO DE LIXIVIADOS Y BIOGAS.
 - OPERACION DE LAS OBRAS PARA EL MANEJO Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.
-
- ELABORACION DE MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.
 - CATALOGO DE CONCEPTOS.
 - SELECCION DE EQUIPOS.
 - DETERMINACION DE COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

REAPROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

REUSO DIRECTO

ACTIVIDAD LIMITADA

EJEMPLOS:

- UTILIZACION DE LLANTAS EN MUELLES PEQUEÑOS, EN PARQUES RECREATIVOS, ETC.
- UTILIZACION DE ENVASES Y EMBALAJES YA USADOS
- UTILIZACION DE CIERTOS RESIDUOS COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCION DE OTROS BIENES DE CONSUMO (EJEM. ASERRIN, VIRUTA, LIMADURA DE FIERRO).

REAPROVECHAMIENTO

RECUPERACION DE MATERIALES (RECICLAJE)

- EN LA FUENTE DE GENERACION.

- OPCION DE REPROCESAMIENTO INTERNO (GENERALMENTE EN LA FUENTE DE GENERACION : FABRICAS QUE UTILIZAN VIDRIO, PLASTICOS, METALES).
- RECUPERACION EN SITIOS DISEÑADOS PARA TAL EFECTO (PLANTAS INDUSTRIALIZADORAS O RECICLADORAS).
- RECUPERACION EN ALGUNAS DE LAS ETAPAS DEL CICLO DE RESIDUOS SOLIDOS.

MUY RECOMENDABLE) _____ EN LA FUENTE DE GENERACION.

(CON MAYOR _____ EN LA RECOLECCION.

DIFICULTAD) _____ EN ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

_____ EN EL RELLENO SANITARIO

SISTEMA DE INGENIERIA PARA RECUPERACION DE RECURSOS Y ENERGIA.

SE REQUIERE LLEVAR A CABO ESTUDIOS DE :

- CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS.
- CARACTERIZACION (FISICA, QUIMICA, BACTERIOLOGICA) .
- COMPOSICION (TIPOS DE SUBPRODUCTOS Y PORCENTAJE) .
- MERCADO.

ANTES DE TODO SE DEBE LLEVAR A CABO UN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DEL POSIBLE REAPROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS, CONSIDERANDO LOS COSTOS DE INVERSION DE: LA INFRAESTRUCTURA; DE OPERACION Y MANTENIMIENTO; DE LA COMERCIALIZACION, Y LOS PRECIOS DE VENTA DE LOS SUBPRODUCTOS RECUPERADOS.

LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE INGENIERIA PARA RECUPERACION DE RECURSOS Y ENERGIA SON:

TECNICAS DE PROCESAMIENTO

(PREPARACION PARA LA RECUPERACION Y/O OBTENCION DE ENERGIA).

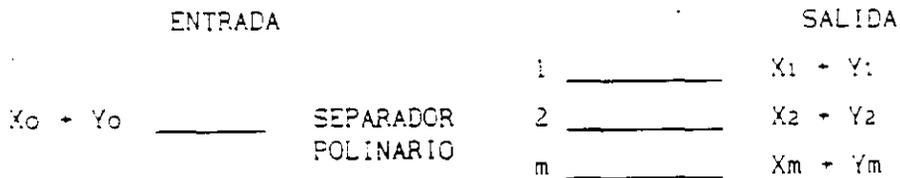
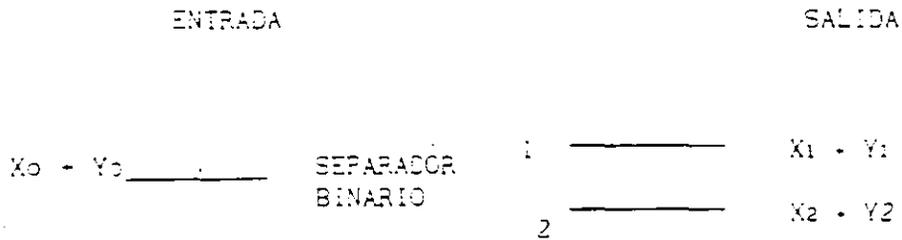
1.- ALTERACION MECANICA DE FORMA Y TAMAÑO

EL OBJETIVO ES UNIFORMIZAR Y HOMOGENEIZAR LOS RESIDUOS MEDIANTE EQUIPOS MECANICOS TALES COMO MOLINOS MECANICOS CON EL FIN DE PREPARARLOS PARA OTROS PROCESOS DE SEPARACION DE SUBPRODUCTOS.

SEPARACION MECANICA DE COMPONENTES

SE EFECTUA A TRAVES DE EQUIPOS QUE SEPARAN DE MANERA BINARIA (RESIDUO DE DOS CLASES) O POLINARIA LOS RESIDUOS.

SEPARACION BINARIA



SEPARACION MAGNETICA Y ELECTROMAGNETICA

SEPARACION DE MATERIALES FERROSOS Y NO FERROSOS. A TRAVES DE DISPOSITIVOS, GENERALMENTE RODILLOS MAGNETIZADOS PARA ATRAER LOS MATERIALES FERROSOS Y SEPARAR A LOS NO FERROSOS.

SECADO Y DESHIDRATADO

EN MUCHOS SISTEMAS DE RECUPERACION DE ENERGIA E INCINERACION, SE REQUIERE UN PRESECADO DEL MATERIAL MOLIDO. LO ANTERIOR SE LLEVA A CABO EN EQUIPOS SECADORES CON TEMPERATURA ELEVADA QUE MANTIENEN A LOS RESIDUOS UN TIEMPO SUFICIENTE PARA PRACTICAMENTE DESHIDRATARLOS.

SISTEMAS PARA RECUPERACION DE MATERIALES

SE TRATA DE PLANTAS INDUSTRIALIZADORAS O RECIKLADORAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS. EJEMPLO, PLANTA INDUSTRIALIZADORA DE SAN JUAN DE ARAGON EN EL D.F.

SEPARACION MANUAL	MOLIENDA GRUESA	SEPARACION MAGNETICA	COMPOSTAJE	MOLIENDA FINA
----------------------	--------------------	-------------------------	------------	------------------

RECEPCION

RECUPERACION DE PRODUCTOS POR CONVERSION BIOLOGICA.

LA RECUPERACION DE PRODUCTOS POR CONVERSION BIOLOGICA INCLUYE:

- COMPOSTAJE
- METANO (GAS COMBUSTIBLE)
- PROTEINAS Y ALCOHOLES
- OTROS COMPONENTES ORGANICOS

RECUPERACION DE PRODUCTOS POR CONVERSION TERMICA

PROCESO :

- COMBUSTION
(INCINERACION).
- GASIFICACION.
- OXIDACION HUMEDA.
- REFORMACION DE VAPOR
- PIROLISIS

PRODUCTO:

- ENERGIA EN FORMA DE CALOR
O ELECTRICIDAD.
- GAS DE BAJA ENERGIA .
- ACIDOS ORGANICOS .
- GAS DE ENERGIA MEDIA
- GAS DE ENERGIA MEDIA ,
COMBUSTIBLE LIQUIDO,
COMBUSTIBLE SOLIDO.

INCINERACION

ES UN METODO QUE SE CONSIDERA COMO LA DISPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS. EN REALIDAD SE REDUCE EL VOLUMEN Y LA CANTIDAD DE RESIDUOS HASTA ALREDEDOR DE 5% QUE QUEDAN COMO CENIZAS LAS CUALES SE DEBEN DISPONER EN RELLENOS SANITARIOS.

LA INCINERACION TAMBIEN SE OCUPA EN CONDICIONES FAVORABLES PARA PRODUCIR ENERGIA ELECTRICA A TRAVES DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA PARA PRODUCIR VAPOR, QUE SOMETIDO A PRESION, PONE EN FUNCIONAMIENTO GENERADORES DE ENERGIA ELECTRICA.

LA INCINERACION SE LLEVA A CABO A TRAVES DE LA COMBUSTION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS. PARA EFECTUAR UNA COMBUSTION ES NECESARIO INCREMENTAR LA TEMPERATURA DE LOS RESIDUOS HASTA UN PUNTO DENOMINADO **TEMPERATURA DE INFLAMACION**. UNA VEZ ENCENDIDOS EL CALOR DE LA REACCION MANTENDRA UNA PORCION DEL MATERIAL RESTANTE EN SU TEMPERATURA DE INFLAMACION Y CONTINUARA ARDIENDO HASTA QUE SE CONSUMA TOTALMENTE.

CADA SUSTANCIA COMBUSTIBLE TIENE UNA TEMPERATURA DE INFLAMACION DEFINIDA. PARA ALGUNAS SUSTANCIAS COMO EL FOSFORO LA TEMPERATURA DE INFLAMACION ES RELATIVAMENTE BAJA, MIENTRAS PARA OTROS, COMO EL HIERRO, ES BASTANTE ALTA. LAS TEMPERATURAS QUE SE ALCANZAN EN LOS INCINERADORES SON SUPERIORES A LOS 700 °C. ALCANZANDO ALGUNOS MAS DE 1100 °C.

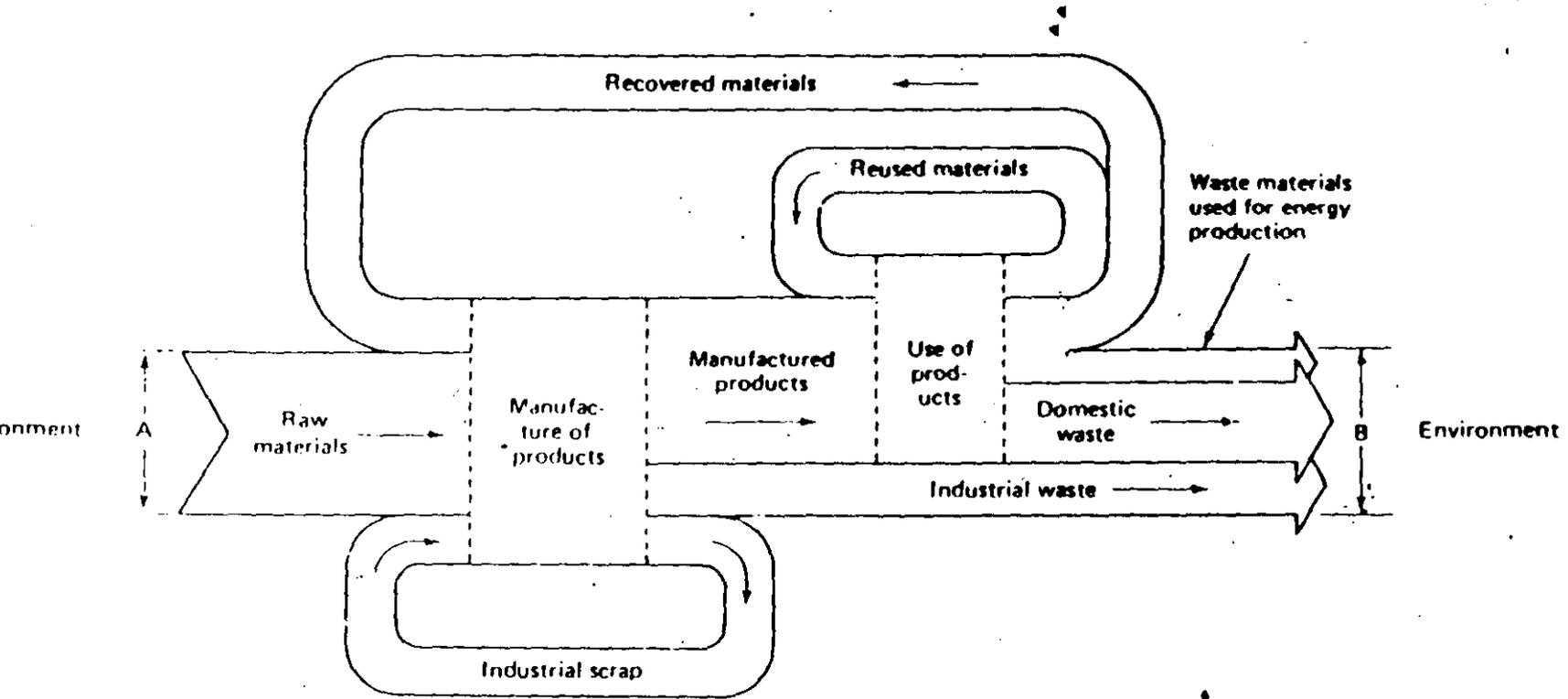


Figure 1-1. Flow of materials in society.

A. Determinación del Peso Volumétrico in situ y Selección y Cuantificación en Subproductos.

Peso Volumétrico = 306 Kg/m³

Tabla 1. Selección y Cuantificación en Subproductos

Núm.	Subproducto	% en peso
1	ALGODON	0.32
2	CARTON	1.03
3	CUERO	--
4	RESIDUO FINO (todo material que pasa criba 2mm)	9.10
5	ENVASES DE CARTON	0.40
6	FIBRA DURA VEGETAL (esclerenquima)	0.26
7	FIBRA SINTETICA Y TRAPO	2.95
8	HUESO	1.34
9	HULE	--
10	LATA	--
11	LOZA Y CERAMICA	0.58
12	MADERA	0.63
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION	3.11
14	MATERIAL FERROSO Y NO FERROSO	3.39
15	PAPEL	11.98
16	PAÑAL DESECHABLE	2.08
17	PLASTICO DE PELICULA	3.13
18	PLASTICO RIGIDO	2.29
19	POLIURETANO	--
20	POLIESTIRENO EXPANDIDO	--
21	RESIDUOS DE JARDINERIA	1.39
22	RESIDUOS ALIMENTICIOS	51.51
23	VIDRIO DE COLOR Y TRANSPARENTE	3.76
24	OTROS (PLUMAS Y CABELLOS)	0.74
TOTAL		99.99

Nota.- El mayor porcentaje de residuo fino pertenece a material putrescible.

B. Análisis Físicoquímicos

Los análisis de los residuos sólidos domésticos indicaron lo siguiente:

- Contenido de Humedad 43.85%
- pH (10 g de residuos sólidos en 90 g de agua)..... 7.0
- Contenido de Cenizas (base seca) .. 71.0 %
- Contenido de Materia Orgánica (expresado como DQO)..... 40.93%
- Contenido de Materia Volátil (base seca) 29.0 %
- Contenido de Carbono Total (base seca) 23.74%
- Contenido de Nitrógeno Total 0.77%
- Contenido de Nitrógeno Amonia cal 144 mg/L
- Relación Carbono/Nitrógeno... 30.8

Discusión de los Resultados

El peso volumétrico determinado (306 Kg/m³) se situó en el rango de 180 a 450 kg/m³ reportado en la bibliografía para camiones recolectores con dispositivos de compactación.

La cuantificación en subproductos indica, como era de esperarse para un país subdesarrollado, valores elevados en el contenido de materia orgánica (51:51%), así como de otros rubros que también pertenecen a los putrescibles (residuo fino, 9.10%; residuo de jardinería, 1.39%). En este tipo de economía se esperan valores del orden de 40 a 60% de materia orgánica.

El porcentaje de papel (11.98%) corresponde también a los valores que se presentan en países en vías de desarrollo; contrariamente a los valores reportados en Estados Unidos donde el papel representa el 4% y la materia orgánica el 25%.

Los valores correspondientes al material de construcción (3.11%), material ferroso y no ferroso (3.39%) y vidrio (3.76%) aparecen los dos primeros excedidos y el tercero por abajo de los datos reportados por Turpin et al (1985). Los datos de material de construcción y material ferroso y no ferroso presentados en este trabajo se encuentra en el rango de composición de países desarrollados 4% y 3% respectivamente.

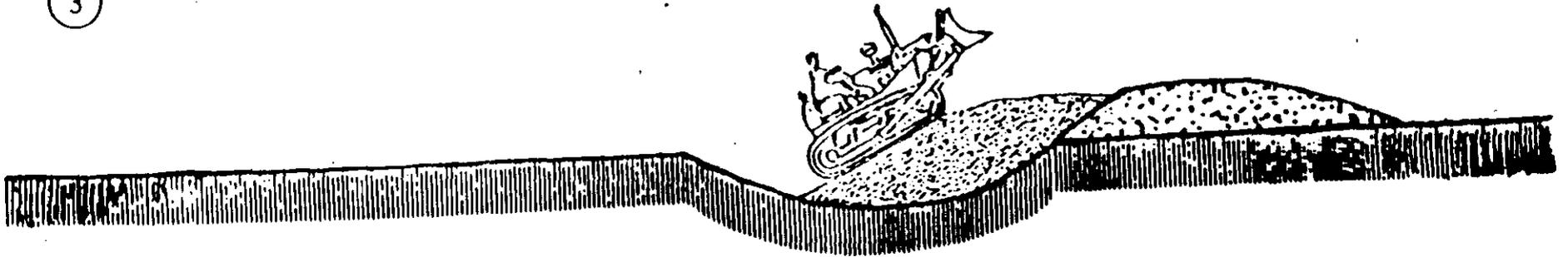
Los análisis físicoquímicos indicaron 43.85% de humedad, valor aceptable para residuos sólidos con alto contenido de materia orgánica. En la Tabla 2. se presentan el contenido de humedad por subproducto, el peso de material seco y el cálculo del contenido teórico de humedad para la composición de la muestra de residuos sólidos presentada en la tabla 1.

Tabla 2. Contenido de Humedad por Subproducto

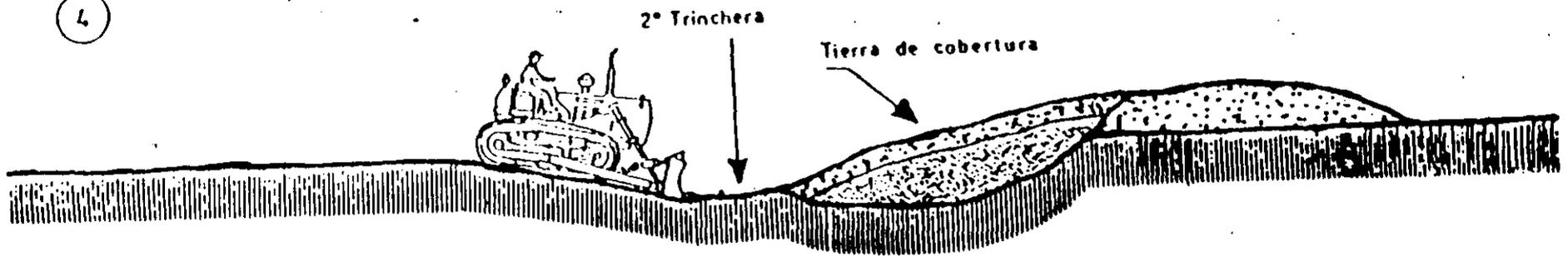
Subproducto	% en peso	contenido de humedad %	material seco* g
CARTON	1.03	5	0.98
CUERO	--	10	--
RESIDUO FINO	9.10	60	3.64
FIBRA SINTETICA Y TRAPO	2.95	10	2.66
HULE	--	2	--
LATA	--	3	--
MADERA	0.63	20	0.50
MATERIAL DE CONSTRUCCION	3.11	8	2.86
MATERIAL FERROSO Y NO FERROSO	3.39	2.5	3.30
PAPEL	11.98	6	11.26

FIGURA 3.2.2 (cont.) Disposición de los residuos

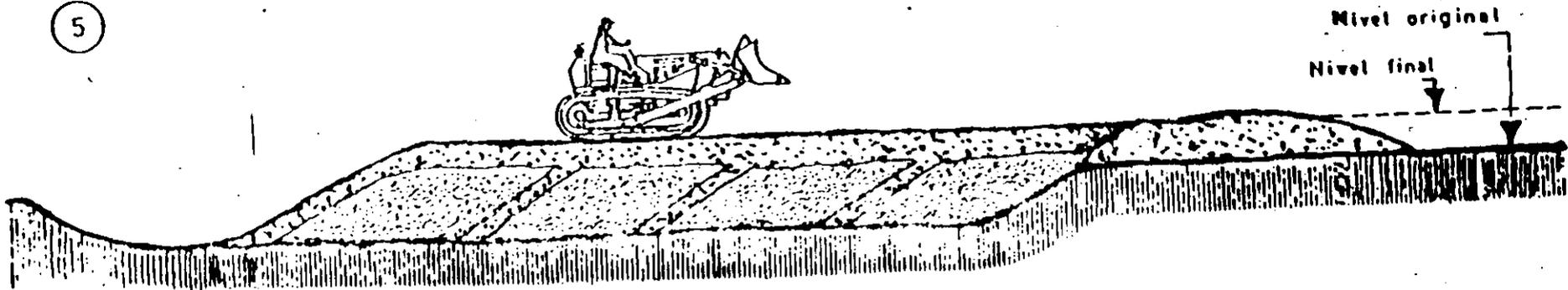
3



4



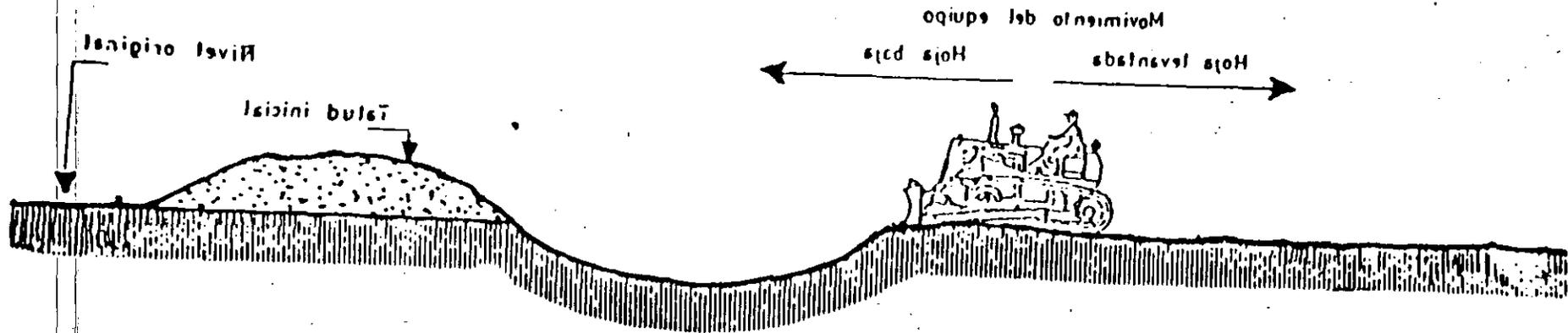
5



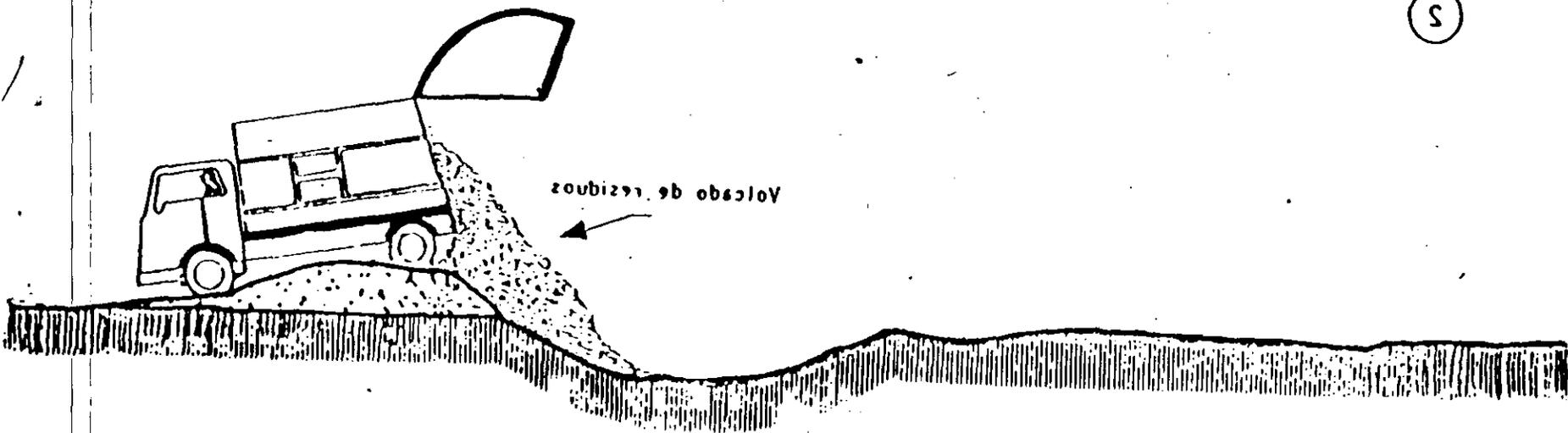
METODO DE TRINCHERA

FIGURA 1.1.1

1



2



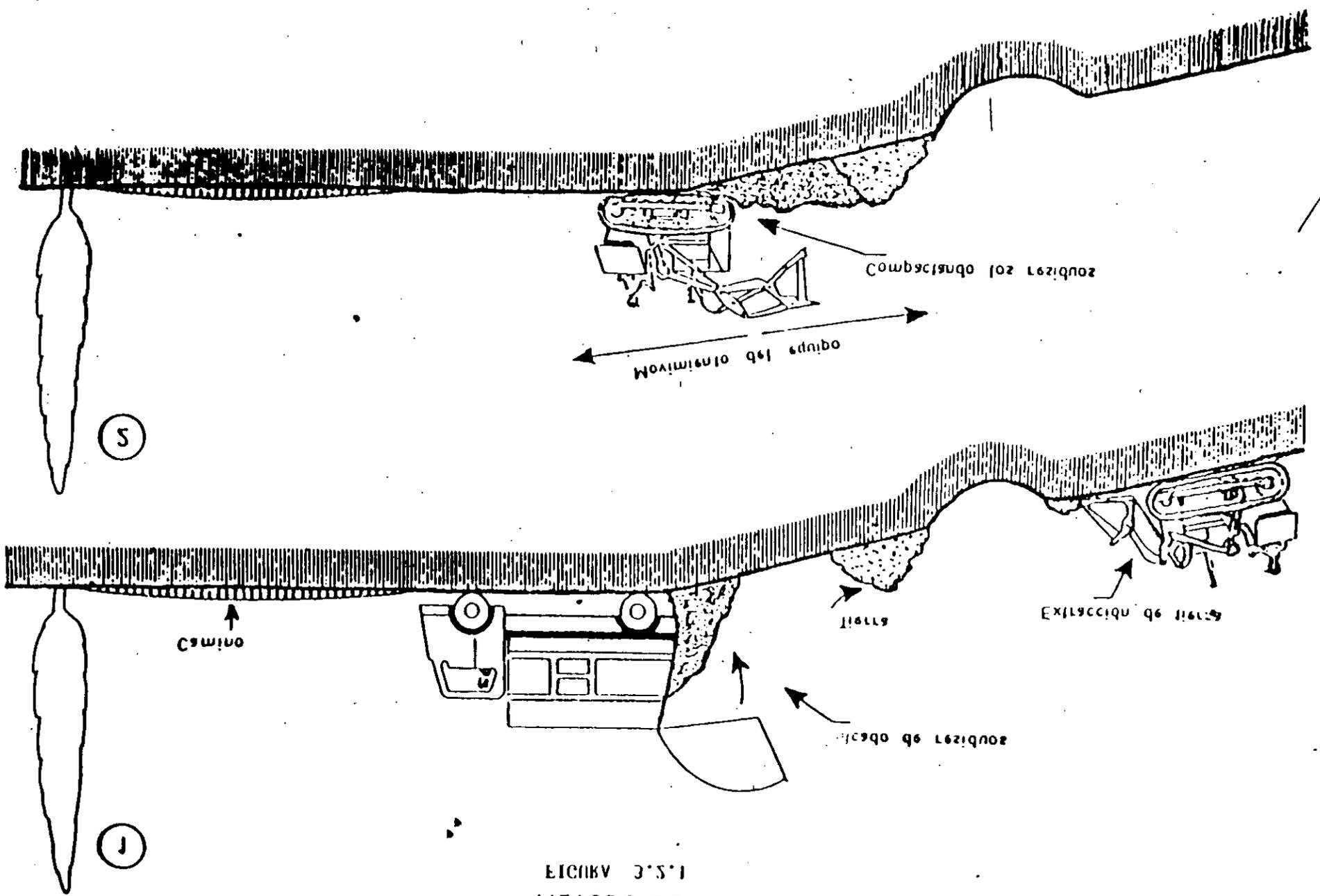


FIGURA 3.5.1
MÉTODO DE ABEA

3

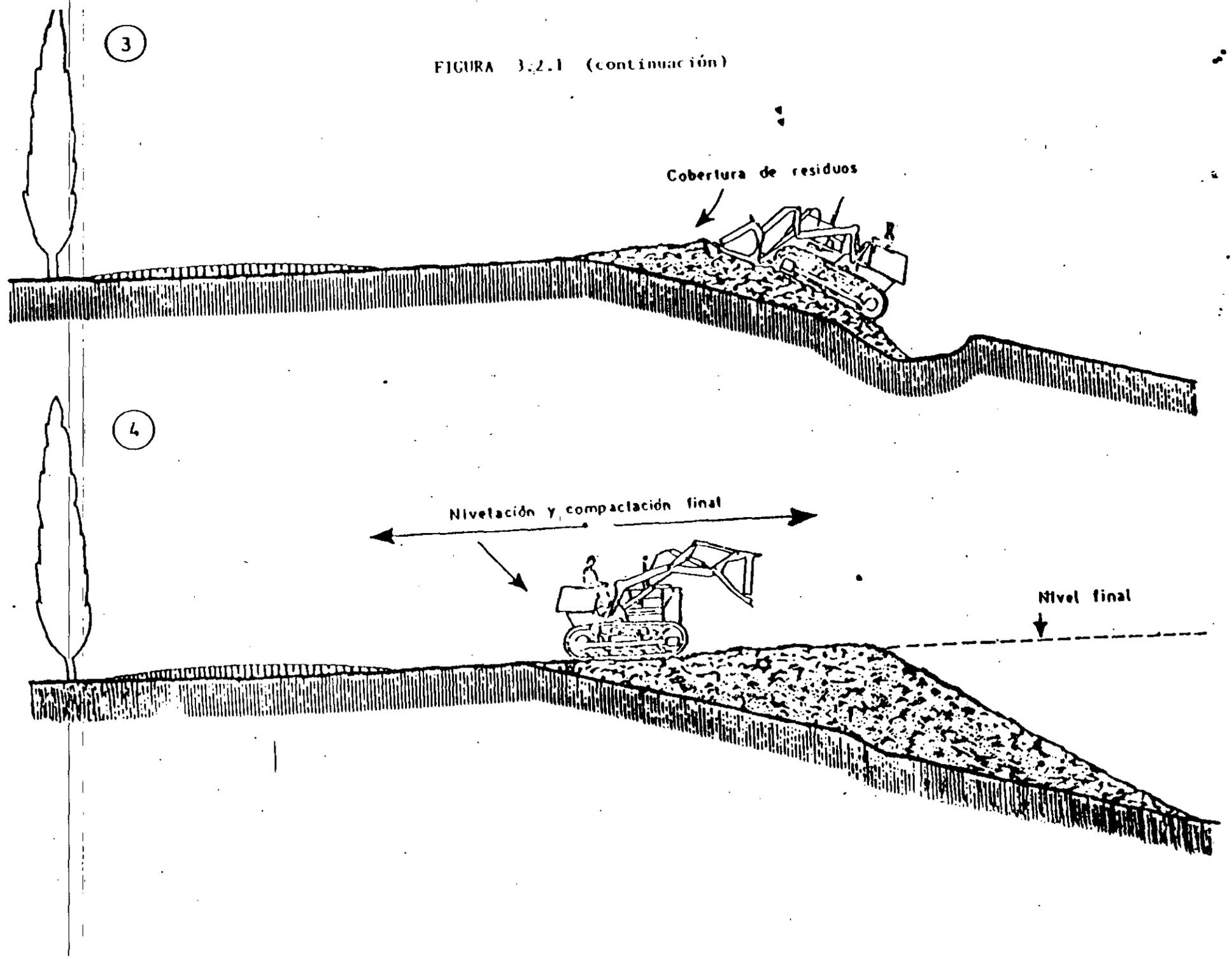
FIGURA 3.2.1 (continuación)

Cobertura de residuos

4

Nivelación y compactación final

Nivel final



NORMAS PARA LA DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

PARAMETRO POR DETERMINAR	NORMA OFICIAL MEXICANA	TITULO DE LA NORMA
HUMEDAD	NOM-AA-16-1984	DETERMINACION DE HUMEDAD.
POTENCIAL DE HIDROGENO	NOM-AA-25-1984	DETERMINACION DEL pH METODO POTENCIOMETRICO.
CENIZAS	NOM-AA-18-1984	DETERMINACION DE CENIZAS.
AZUFRE	NOM-AA-92-1984	DETERMINACION DE AZUFRE.
NITROGENO TOTAL	NOM-AA-24-1984	DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL
MATERIA ORGANICA	NOM-AA-21-1985	DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA
PODER CALORIFICO	NOM-AA-33-1985	DETERMINACION DEL PODER CALORIFICO SUPERIOR.
RELACION CARBONO/NITROGENO	NOM-AA-67-1985	DETERMINACION DE LA RELACION CARBONO/NITROGENO
FOSFORO TOTAL		

Para la determinación de coliformes fecales y totales así como para otras determinaciones más específicas de orden bacteriológico, deberán seguirse los lineamientos marcados en el siguiente documento: U.S.E.P.A.; PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL METHODS OF SOLID WASTES-TESTING (EPA 6700-73-01)-1973.

NORMAS PARA LA DETERMINACION DE PARAMETROS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

PARAMETRO POR DETERMINAR	NORMA OFICIAL MEXICANA	TITULO DE LA NORMA
GENERACION PER-CAPITA	NOM-AA-61-1985	Determinación de la Generación.
COMPOSICION	NOM-AA-15-1985	Muestreo-Método de Cuarteo.
	NOM-AA-22-1985	Selección y Cuantificación de subproductos.
PESO VOLUMETRICO "IN-SITU"	NOM-AA-15-1985	Muestreo-Método de Cuarteo.
	NOM-AA-19-1985	Determinación del Peso Volumétrico "In-Situ".

CUADRO 3.1.3.1

TABLE 3-10
Materials that have been recovered for recycling from MSW^a

Recyclable material	Types of materials or uses
Aluminum	Soft drink and beer cans
Paper	
Old newspaper (ONP)	Newsstand and home-delivered newspaper
Corrugated cardboard	Bulk packaging; largest single source of waste paper for recycling
High-grade paper	Computer paper, white ledger paper, and trim cuttings
Mixed paper	Various mixtures of clean paper, including newsprint, magazines, and white and colored long-fiber paper
Plastics	
Polyethylene terephthalate (PETE/1)	Soft drink bottles, salad dressing and vegetable oil bottles; photographic film
High-density polyethylene (HDPE/2)	Milk jugs, water containers, detergent and cooking oil bottles
Polyvinyl chloride (PVC/3)	Home landscaping-irrigation piping, some food packaging, and bottles
Low-density polyethylene (LDPE/4)	Thin-film packaging and wraps; dry cleaning film bags; other film material
Polypropylene (PP/5)	Closures and labels for bottles and containers, battery casings, bread and cheese wraps, cereal box liners
Polystyrene (PS/6)	Packaging for electronic and electrical components, foam cups, fast food containers, tableware and microwave plates
Multilayer and other (7)	Multilayered packaging, ketchup and mustard bottles
Mixed plastics	Various combinations of the above products
Glass	Clear, green, and brown glass bottles and containers
Ferrous metal	Tin cans, white goods, and other metals
Nonferrous metals	Aluminum, copper, lead, etc.
Yard wastes, collected separately	Used to prepare compost; biomass fuel; intermediate landfill cover
Organic fraction of MSW	Used to prepare compost for soil applications; compost for use as intermediate landfill cover; methane; ethanol and other organic compounds; refuse-derived fuel (RDF)
Construction and demolition wastes	Soil, asphalt, concrete, wood, drywall, shingles, metals
Wood	Packing materials, pallets, scraps, and used wood from construction projects
Waste oil	Automobile and truck oil; reprocessed for reuse or fuel
Tires	Automobile and truck tires; road building material; fuel
Lead-acid batteries	Automobile and truck batteries; shredded to recover individual components such as acid, plastic, and lead
Household batteries	Potential recovery of zinc, mercury, and silver

^aDetailed information on the recycling opportunities for the individual materials may be found in Chapter 15.

referred to in the solid waste literature incorrectly as density. In U.S. customary units density is expressed correctly as slug/ft³.) Because the specific weight of MSW is often reported as *loose, as found in container, uncompacted, compacted*, and the like, the basis used for the reported values should always be noted. Specific weight data are often needed to assess the total mass and volume of waste that must be managed. Unfortunately, there is little or no uniformity in the way solid waste specific weights have been reported in the literature. Frequently, no distinction has been made between uncompacted or compacted specific weights. Typical specific weights for various wastes as found in containers, compacted, or uncompacted are reported in Table 4-1.

TABLE 4-1
Typical specific weight and moisture content data for residential, commercial, industrial, and agricultural wastes

Type of waste	Specific weight, lb/yd ³		Moisture content, % by weight	
	Range	Typical	Range	Typical
Residential (uncompacted)				
Food wastes (mixed)	220-310	490	50-80	70
Paper	70-220	150	4-10	6
Cardboard	70-135	85	4-8	5
Plastics	70-220	110	1-4	2
Textiles	70-170	110	6-15	10
Rubber	170-340	220	1-4	2
Leather	170-440	270	8-12	10
Yard wastes	100-380	170	30-80	60
Wood	220-540	400	15-40	20
Glass	270-810	330	1-4	2
Tin cans	85-270	150	2-4	3
Aluminum	110-405	270	2-4	2
Other metals	220-1940	540	2-4	3
Dirt, ashes, etc.	540-1685	810	6-12	8
Ashes	1095-1400	1255	6-12	6
Rubbish	150-305	220	5-20	15
Residential yard wastes				
Leaves (loose and dry)	50-250	100	20-40	30
Green grass (loose and moist)	350-500	400	40-80	60
Green grass (wet and compacted)	1000-1400	1000	50-90	80
Yard waste (shredded)	450-600	500	20-70	50
Yard waste (composted)	450-650	530	40-60	50
Municipal				
In compactor truck	300-760	500	15-40	20
In landfill				
Normally compacted	610-840	760	15-40	25
Well compacted	995-1250	1010	15-40	25
Commercial				
Food wastes (wet)	800-1600	910	50-80	70
Appliances	250-340	305	0-2	1

(continued)

Because the specific weights of solid wastes vary markedly with geographic location, season of the year, and length of time in storage, great care should be used in selecting typical values. Municipal solid wastes as delivered in compaction vehicles have been found to vary from 300 to 700 lb/yd³; a typical value is about 500 lb/yd³.

Moisture Content

The moisture content of solid wastes usually is expressed in one of two ways. In the wet-weight method of measurement, the moisture in a sample is expressed

TABLE 4-1 (continued)

Type of waste	Specific weight, lb/yd ³		Moisture content, % by weight	
	Range	Typical	Range	Typical
Commercial (cont.)				
Wooden crates	185-270	185	10-30	20
Tree trimmings	170-305	250	20-20	5
Rubbish (combustible)	85-305	200	10-30	15
Rubbish (noncombustible)	305-610	505	5-15	10
Rubbish (mixed)	235-305	270	10-25	15
Construction and demolition				
Mixed demolition (noncombustible)	1685-2695	2395	2-10	4
Mixed demolition (combustible)	505-675	605	4-15	8
Mixed construction (combustible)	305-605	440	2-15	8
Broken concrete	2020-3035	2535	0-5	—
Industrial				
Chemical sludges (wet)	1350-1855	585	75-99	80
Fly ash	1180-1515	1350	2-10	4
Leather scraps	170-420	270	6-15	10
Metal scrap (heavy)	2530-3370	3000	0-5	—
Metal scrap (light)	840-1515	1245	0-5	—
Metal scrap (mixed)	1180-2530	1515	0-5	—
Oils, tars, asphalts	1350-1685	1600	0-5	2
Sawdust	170-590	490	10-40	20
Textile wastes	170-370	305	6-15	10
Wood (mixed)	675-1140	840	30-60	25
Agricultural				
Agricultural (mixed)	675-1265	945	40-80	50
Dead animals	340-840	605	—	—
Fruit wastes (mixed)	420-1265	605	60-90	75
Manure (wet)	1515-1770	1685	75-96	94
Vegetable wastes (mixed)	340-1180	605	60-90	75

Adapted in part from Refs. 6 and 8.

Note: lb/yd³ × 0.5933 = kg/m³

TIPO DE PARAMETRO	DETERMINACIONES	
Q U I M I C O S	-POTENCIAL HIDROGENO (PH) -ALCALINIDAD TOTAL COMO CaCO ₃ -CIANUROS (CN) -CLORUROS (CL) -DUREZA TOTAL COMO CaCO ₃ -FOSFATOS TOTALES COMO P-PO ₄ -NITROGENO ORGANICO COMO N-ORG. -NITROGENO AMONIAICAL COMO N-NH ₃ -SULFATOS (SO ₄) -ARSENICO (AS) ^{+3,+5} -CADMIO (CD) ⁺² -CALCIO (CA) ⁺² -COBRE (CU) ⁺² -CROMO TOTAL (CR) ^{+3,+6} -HIERRO TOTAL (FE) ^{+2,+3} -MAGNESIO (MG) ⁺² -MERCURIO TOTAL (HG) ⁺² -NIQUEL (NI) ^{+2,+3} -POTASIO (K) ⁺¹ -PLOMO (PB) ^{+2,+4} -SODIO (NA) ⁺¹ -ZINC (ZN) ⁺²	
	F I S I C O S	-CONDUCTANCIA ESPECIFICA -TURBIEDAD
		M A T E R I A O R G A N I C A
	- BACTERIAS COLIFORMES TOTALES EN N.P./100ML. -BACTERIAS COLIFORMES FECALES EN N.M.F./100ML.	

(1) : FUENTE. D.G.P.C.A., SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA, SEDUE, "PROYECTO TIPO DE RELLENO SANITARIO", MEXICO, D.F., DIC. 1984

CUADRO 3.1.3.4: AMBITO DE VARIACION EN LAS CONCENTRACIONES DE LOS COMPONENTES MAS COMUNEMENTE ENCONTRADOS EN LOS LIXIVIADOS CONTAMINANTES. (1)

C O M P O N E N T E S	AMBITO EN mg/l O ppm.
Alcalinidad Total como CaCO ₃	4000 - 25540
Arsénico	0.04
Cadmio	0 - 0.025
Calcio	100 - 320
Cianuros	0
Cinc	0.25 - 3.0
Cloruros	1325 - 8870
Cobre	0 - 0.6
Conductancia específica	7400 - 32000 en um. s/cm.
Cromo total	0 - 8.7
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	380 - 52000
Demanda Química de Oxígeno	1870 - 62320
Dureza total	1800 - 11000
Fluoruros	0.6 - 0.8
Fósforo total	1 - 10
Hierro total	1.7 - 1600
Magnesio	396 - 995
Manganeso	0.05 - 4.0
Mercurio	0 - 0.006
Nitratos	0
Nitritos	0.2 - 1.2
Nitrógeno Amoniacal	15.5 - 1420
Nitrógeno Orgánico	46 - 1889
Oxígeno disuelto	0
Potencial Hidrógeno	6.3 - 7.9
Plomo	0 - 2.0
Potasio	365 - 1270
Sólidos totales	1700 - 16460
Sodio	490 - 4920
Sulfatos	40 - 1000
Fenol	0.8 - 18
Detergentes (SAAM)	0.7 - 233
Turbiedad	128 - 1500 en U.T.

(1) : FUENTE. GONZALEZ URDELA J.L. "MONITOREO AMBIENTAL EN RELLENAMIENTOS SANITARIOS", 1er. CONGRESO MUNDIAL DE INGENIERIA SANITARIA. 17. VOL. XXVI. FNE - MAR 1982 (PAG. 40).

TABLE 4-2
Typical proximate analysis and energy data for materials found in residential, commercial, and industrial solid wastes^a

Type of waste	Proximate analysis, % by weight				Energy content, Btu/lb		
	Moisture	Volatile matter	Fixed carbon	Non-combustible	As collected	Dry	Dry ash free
Food and food products							
Fats	2.0	95.3	2.5	0.2	16,135	16,466	16,836
Food wastes (mixed)	70.0	21.4	3.6	5.0	1,797	5,983	7,180
Fruit wastes	78.7	16.6	4.0	0.7	1,707	8,013	8,285
Meal wastes	38.8	56.4	1.8	3.1	7,623	12,455	13,120
Paper products							
Cardboard	5.2	77.5	12.3	5.0	7,042	7,428	7,842
Magazines	4.1	66.4	7.0	22.5	5,254	5,478	7,157
Newsprint	6.0	81.1	11.5	1.4	7,975	8,484	8,612
Paper (mixed)	10.2	75.9	8.4	5.4	6,799	7,571	8,056
Waxed cartons	3.4	90.9	4.5	1.2	11,326	11,724	11,872
Plastics							
Plastics (mixed)	0.2	95.8	2.0	2.0	14,101	14,390	16,024
Polyethylene	0.2	98.5	<0.1	1.2	18,687	18,724	18,952
Polystyrene	0.2	98.7	0.7	0.5	16,419	16,451	16,430
Polyurethane	0.2	87.1	8.3	4.4	11,204	11,226	11,744
Polyvinyl chloride	0.2	86.9	10.8	2.1	9,755	9,774	9,985
Textiles, rubber, leather							
Textiles	10.0	66.0	17.5	6.5	7,960	8,844	9,827
Rubber	1.2	83.9	4.9	9.9	10,890	11,022	12,250
Leather	10.0	68.5	12.5	9.0	7,500	8,040	8,300

Wood, trees, etc.							
Yard wastes	60.0	30.0	9.5	0.5	2,601	6,503	6,585
Wood (green timber)	50.0	42.3	7.3	0.4	2,100	4,200	4,234
Hardwood	12.0	75.1	12.4	0.5	7,352	8,354	8,402
Wood (mixed)	20.0	68.1	11.3	0.6	6,640	8,316	8,383
Glass, Metals, etc.							
Glass and mineral	2.0	—	—	96-99†	84 [‡]	86	60
Metal, tin cans	5.0	—	—	94-99†	301 [‡]	319	317
Metal, ferrous	2.0	—	—	96-99†	—	—	—
Metal, nonferrous	2.0	—	—	94-99†	—	—	—
Miscellaneous							
Office sweepings	3.2	20.5	6.3	70.0	3,669	3,791	13,692
Residential MSW	21.0 (15-40)	52.0 (40-60)	7.0 (4-15)	20.0 (10-30)	5,000	6,250	8,333
Commercial MSW	15.0 (10-30)	—	—		5,500	6,470	
MSW	20.0 (10-30)	—	—		4,600	5,750	

[†]Adapted in part from Refs. 6-8.

[‡]Energy content is from coatings, labels, and attached materials.

Note: Btu × 1.0551 = kJ

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE UNA MUESTRA DE RESIDUOS SOLIDOS
DE LA DELEGACION AZCAPOTZALCO

Margarita Juárez Hájera y Sylvie Turpin Marion
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, 02200 México, D.F.
Tel.: 382-5000 ext. 210 ó 289

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de análisis fisicoquímicos efectuados sobre una muestra de residuos sólidos domésticos recolectada en la Delegación Azcapotzalco en Junio de 1986.

Estos análisis representan la primera etapa de un proyecto de investigación que tiene como objetivo optimizar la descomposición anaerobia de la materia orgánica de los residuos sólidos domésticos y caracterizar los lixiviados para aplicar medidas de control en los rellenos sanitarios.

Introducción

El tiradero a cielo abierto y el relleno sanitario son los métodos de disposición más difundidos y más utilizados (Robinson y Maris, 1979) por sus bajos costos de operación y mantenimiento, para recibir los residuos sólidos municipales.

El relleno, a diferencia del tiradero, es más recomendable porque se logra un acondicionamiento "sanitario" del terreno previa y posteriormente a la disposición de los residuos sólidos, además el relleno sanitario puede aprovecharse como futura fuente alternativa de energía -al ser generador de gas metano- y se puede controlar la infiltración de los lixiviados que se generan en él para evitar la contaminación de las aguas subterráneas -al determinar los márgenes de seguridad de la distancia mínima entre el fondo del relleno y el manto freático-

Sin embargo, existe escasa información relativa a la caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios nacionales.

Esta caracterización indica las propiedades físicas y químicas que el residuo sólido posee, información muy importante en la selección y operación del equipo para asegurar factibilidad en la recuperación de material, en la evaluación de procesos alternativos de recuperación, en el diseño del sitio de disposición, etc. (Tchobanoglous, 1977).

En este trabajo se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos llevados a cabo a una muestra de residuos sólidos de la Delegación Azcapotzalco.

Metodología

Para llevar a cabo los análisis fisicoquímicos se tomó una muestra de 220 Kg de residuos sólidos de un camión recolector tomado al azar, en la estación de transbordo de la Delegación Azcapotzalco.

El procedimiento seguido para obtener una muestra representativa, clasificarla en subproductos y llevar a cabo su caracterización fisicoquímica fue el indicado por las Normas Técnicas de la SEDUE, de la SMA o del Manual de Operación de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos (MOPIDS):

- Muestreo y Método de Cuarteo. NOM-AA-15-1984
- Peso Volumétrico in situ. NOM-AA-19-1984
- Selección y Cuantificación en Subproductos. NOM-AA-22-1984
- Preparación de Muestras en Laboratorio para su Análisis. NOM-AA-52-1984
- Determinación de Humedad. NOM-AA-16-1984
- Determinación de pH. NOM-AA-25-1984
- Determinación de Cenizas. NOM-AA-18-1984
- Determinación de Materia Orgánica. Ref. MOPIDS, 1976
- Determinación de Materia Volátil. Ref. MOPIDS, 1976
- Determinación de Carbono Total. Ref. MOPIDS, 1976
- Determinación de Nitrógeno Total. DGN-AA-24-1975
- Determinación de Nitrógeno Amoniacal. Ref. MOPIDS, 1976
- Determinación de la Relación Carbono Nitrógeno. Ref. MOPIDS, 1976
- Determinación de Fósforo. DGN-AA-32-1975
- Determinación del Poder Calorífico. DGN-AA-33-1976
- Determinación de Azufre. DGN-AA-31-1976
- Determinación de Metales Pesados. Ref. Standard Methods, 1985

Resultados

La recolección de la muestra se efectuó el jueves 26 de Junio de 1986 en la planta de transferencia ubicada en calle 4 esq. ciprés, Col. Ampliación del gas, Delegación Azcapotzalco. Posteriormente la muestra fue trasladada a las instalaciones de la UAM-A, donde se procedió inmediatamente a realizar:

PLASTICO	5.42	2	5.31
RESIDUO DE JARDI NERIA	1.39	60	0.56
RESIDUOS ALIMEN- TICIOS	51.51	70	15.46
VIDRIO	3.76	2	3.68
TOTAL	94.27		38.95

*base de 100 g de muestra

Contenido Teórico de Humedad = $\left(\frac{100}{100} - \frac{38.95}{100}\right) \cdot 100$

Contenido Teórico de Humedad = 61.05%

Los datos del contenido de humedad para algunos subproductos no se encontraron reportados en Tchobanoglous pag. 58, por eso el total del prociiento en peso de subproductos no suma 100%. Si se contara con esa información el contenido teórico de humedad sería menor.

El valor determinado del pH (7.0) fué ligeramente mayor al encontrado en los análisis de Turpin et al (1985). Así como el contenido de cenizas (71% contra -- 24.92%).

Cabe mencionarse que para efectuar los análisis fisicoquímicos presentados en este informe, se contaba ya con experiencia previa de instalaciones y equipo que permitiera mejorar las determinaciones.

Los resultados de la determinación del fósforo, del poder calorífico, del azufre y de los metales pesados contenidos en la muestra no se determinaron completamente, sin embargo se espera presentar los en otra oportunidad.

Conclusiones

En este trabajo se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos que caracterizan una muestra de residuos sólidos de la Delegación Azcapotzalco.

Las determinaciones realizadas incluyen el peso volumétrico in situ, la selección y cuantificación de subproductos, el contenido de humedad, el pH, el contenido de cenizas, materia orgánica, materia volátil, carbono total, nitrógeno total y nitrógeno amoniacal, y la relación carbono/nitrógeno, cuyos valores se encontraron dentro de los niveles detectados en la República Mexicana.

Es importante mencionar que se observó en la recolección de muestras de residuos sólidos, que a las muestras tomadas de un camión recolector no es posible identificarles correctamente su fuente de origen; por lo tanto, no se puede determinar la generación per capita con esas muestras. Sin embargo, se obtienen valores aceptables en la cuantificación de subproductos (ver Turpin et al, 1985).

En lo que respecta al contenido de humedad se considera que el manejo de los residuos sólidos, durante el cuarteo y la selección de subproductos, y la preparación de muestras para el laboratorio ocasionan pérdidas en su de terminación.

Agradecimientos

Las autoras desean agradecer a la M.en C. Mabel Vaca mier, a la Q. Violeta Mújica A y a los alumnos Rafael Garibay O., Laura Jiménez M., Ana Cristina Meza R., Yolanda E. Ordoñez H., Gabriela Salas L. y Maritza Saracho M. por su colaboración en la realización de este trabajo.

Bibliografía

- American Public Health Association, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 16th Edition, 1985.
- Departamento del Distrito Federal. Manual de Operación de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos. Laboratorio. Julio 1976.
- Dirección General de Normas. Normas Oficiales Mexicanas. Av. Puente de Tecamachalco 6, Lomas de Tecamachalco, Edo. de México.
- Robinson, H.D. y Maris, P.J. "Leachate from domestic waste: generation, composition, and treatment. A review Water Research Centre. TR-108. Mar. 1979.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Eleassen, R. Solid Waste. Engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill, 1977.
- Turpin, S., Juárez, M., Sánchez, J. y Maubert M. "Muestreo y caracterización de los residuos sólidos domésticos provenientes de la Delegación Azcapotzalco". Congreso Nacional sobre la Evaluación y el Control de la Contaminación Ambiental organizado por la Asociación Mexicana contra la Contaminación del Agua y del Aire, A.C. en Tlaxcala, Tlax., 21-23 de Agosto (1985).

231

CARACTERIZACION BIOLÓGICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
DOMÉSTICOS PROVENIENTES DE LA DELEGACION AZCAPOTZALCO

María Teresa Castañeda-B. y Laura Jiménez M.
Departamento de Ciencias Básicas.
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
Apartado postal #16-136, 02000 México, D.F.

Resumen

En este trabajo se presenta información sobre el contenido de microorganismos en los residuos sólidos domésticos provenientes de la Delegación Azcapotzalco, medido a través de indicadores como Coliformes Totales y Coliformes Fecales, para lo cual se empleó la técnica del número más probable (NMP). Se efectuó la diferenciación de coliformes así como el aislamiento e identificación de otras enterobacterias como Salmonella sp. y Shigella sp. Las cifras tan elevadas de Coliformes Totales (8.6×10^{10}), Coliformes Fecales (5.0×10^9), así como las especies bacterianas aisladas demuestran la magnitud de la contaminación fecal y el riesgo que representa para la salud humana un manejo inadecuado y mala disposición final de los residuos sólidos.

Introducción

Debido a que los residuos sólidos, sobre todo los de origen doméstico, por el alto contenido de materia orgánica biodegradable que puede contener, proporcionan un excelente medio de cultivo para el desarrollo de una gran variedad de microorganismos patógenos entre los que se encuentran bacterias, hongos y protozoarios entre otros, una mala disposición final de estos residuos representa un grave peligro para la salud humana.

Un método sencillo y económico para la disposición final de los residuos sólidos es el establecimiento de rellenos sanitarios que actualmente se utiliza en algunas ciudades de nuestro país, pero estos a su vez pueden constituir también una potencial fuente de contaminación provocada por los lixiviados y los gases tóxicos (CO , CO_2 , CH_4 , H_2S , etc.), generados durante la descomposición bacteriana en condiciones anaeróbicas de los componentes orgánicos, por lo cual deben de respetarse ciertos márgenes de seguridad en el diseño y construcción de tales sistemas de disposición de residuos. Para el cálculo de estos márgenes no se han determinado ciertos criterios para establecer un modelo matemático en nuestro país, por tal motivo, en la división de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco se está desarrollando el proyecto de investigación "Caracterización del biogás y de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios y determinación de parámetros nacionales para el diseño de rellenos sanitarios". Este proyecto consta de tres etapas. Actualmente se está trabajando en la primera etapa, que tiene como objetivo:

-Caracterizar químicamente los gases generados

durante la descomposición anaeróbica de una muestra representativa de residuos sólidos, así como los lixiviados provenientes de los mismos.

Asimismo, los alcances de esta primera etapa son:

- a) Muestreo y caracterización de los residuos sólidos domésticos provenientes de la Delegación Azcapotzalco.
- b) Diseño de una columna que simule una celda de rellenos sanitarios que contenga residuos sólidos típicos de la Delegación Azcapotzalco.
- c) Análisis físicoquímico y bacteriológico de muestras de lixiviados proveniente de celda.
- d) Análisis físicoquímico de los gases provenientes de la descomposición de los residuos contenidos en la columna.

Con respecto al alcance a) de esta primera etapa del proyecto, se considera importante además de la caracterización biológica de los residuos sólidos, para establecer si éstos representan un daño para el ambiente.

En este trabajo se presentan los resultados de los parámetros analizados: a) Coliformes Totales, b) Coliformes Fecales, c) Diferenciación de coliformes, así como también el aislamiento e identificación de otras enterobacterias.

Metodología.

Muestreo: Para la obtención de una muestra representativa de residuos sólidos domésticos de la Delegación Azcapotzalco, se acudió a la estación de transferencia de la Delegación Azcapotzalco y se cargaron cuatro recipientes de basura domiciliar de un camión de carga trasera. Siendo el peso total de la basura de 217.7 Kg. Posteriormente se procedió al meclado y cuarteo, así como a la preparación de las muestras en el laboratorio para su análisis siguiendo las normas técnicas de SEDUE y de acuerdo al Manual de Operación del laboratorio. Para los análisis biológicos se tomaron dos muestras de cincuenta gramos provenientes de la molienda fina (1Kg), las cuales se depositaron en recipientes de vidrio estériles, procediendo a su análisis de inmediato.

Quantificación de Coliformes Totales y Fecales: La investigación de coliformes se hizo separadamente en las dos muestras, mediante la técnica del número más probable (NMP), de acuerdo a los

Standard Methods (1985). Se preparó un homogeneizado de la muestra de 50 gr de residuos en un recipiente estéril a los cuales se añadieron 450 ml de agua peptonada estéril al 0.1% agitándose a alta velocidad, obteniéndose de esta manera una dilución de 10^{-1} , a partir de la cual se prepararon diluciones hasta 10^{-11} , siendo utilizadas para el análisis únicamente las últimas cuatro (10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-10} , 10^{-11}). Para la Prueba Presuntiva se utilizó caldo lactoso y para la Prueba Confirmativa de Coliformes Totales y Fecales se usaron los caldos de Bilis Verde Bri y E.C. (*Escherichia Coli*), respectivamente.

Diferenciación de Coliformes:

Esta se hizo a partir de cultivos previos, de acuerdo a los Standard Methods, usando para el aislamiento Endo-C agar, para la obtención de cultivos puros Agar Nutritivo y los medios de SIM, Citrato de Simmons y MR-VP para efectuar las pruebas del I.M.V. y C.

Aislamiento e identificación de otras enterobacterias:

Para este propósito se siguieron las técnicas ya establecidas, (Cowan) (Farmer et Al). Para el aislamiento se usaron los siguientes medios: Sulfito de Bismuto, S.S, XLD y Mac Conkey. Para la identificación bioquímica se usaron los medios de: LIA, TSI, MIO, MR-VP, Citrato de Simmons, Urea de Christensen, Malonato, Mucato y una serie de carbohidratos.

Resultados.

Los valores de la cuantificación de coliformes totales y fecales se presentan en la tabla I, observándose niveles muy altos. Las cifras de Coliformes Totales y Fecales varía en cada una de las muestras, por lo cual se manejará el promedio de ambos resultados para cada caso.

Cabe mencionar que para la preparación del homogeneizado de las muestras no se contó con el homogeneizador adecuado (Waring Blender), lo cual debe haber influido en los resultados.

TABLA I

	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Coliformes Totales			
NMP de organismos 100ml ⁻¹	9.4×10^{10}	7.9×10^{10}	8.6×10^{10}
Coliformes Fecales			
NMP de organismos 100ml ⁻¹	4.0×10^9	6.0×10^9	5.0×10^9

En la tabla II se presenta la diferenciación de coliformes en las dos muestras analizadas. Se observa que *Citrobacter diversus* no fue aislada de la muestra 1. La más importante desde el punto de vista patológico es *Escherichia coli*, que se aisló en las dos muestras.

TABLA II

COLIFORMES	Muestra 1	Muestra 2
<i>Escherichia coli</i>	X	X
<i>Enterobacter aerógenes</i>	X	X
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	X	X
<i>Citrobacter freundii</i>	X	X
<i>Citrobacter diversus</i>		X

Se aislaron e identificaron 7 especies de enterobacterias no fermentadoras de lactosa las cuales se encuentran contenidas en la tabla III. *Salmonella* sp. Únicamente se aisló de la muestra 1 que junto con *Shigella* sp. aislada de las dos muestras, se consideran enteropatógenas, causantes de cuadros diarreicos o fiebres entéricas.

TABLA III

Enterobacterias no fermentadoras de lactosa.	Muestra 1	Muestra 2
<i>Proteus vulgaris</i>	X	X
<i>Proteus mirabilis</i>	X	
<i>Providencia</i> sp.	X	
<i>Salmonella</i> sp.	X	
<i>Shigella</i> sp.	X	X
<i>Serratia marcescens</i>	X	X
<i>Serratia liquefaciens</i>		X

Conclusiones.

- En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos del análisis biológico de residuos sólidos de la Delegación Azcapotzalco.
- Los criterios seguidos para la selección de los parámetros analizados fueron enfocados principalmente a la contaminación por heces fecales y sus implicaciones en la salud del hombre.
- Dentro de la familia Enterobacteriaceas hay muchos géneros y especies, además de *Salmonella* y *Shigella* que no fermentan la lactosa pero que son importantes por los problemas que causan en el hombre, por ejemplo *Salmonella typhi*, que causa la fiebre tifoidea y otras causan algunas enfermedades en los animales y se han pasado al hombre (Zoonosis), por tanto, se consideró importante su investigación.
- Es importante señalar que existen otras especies bacterianas patógenas que no se identificaron en esta primera fase de estudio por

por estar fuera de nuestro alcance en este momento, pero que se hará en los análisis subsecuentes.

- Los resultados obtenidos en cuanto a Coliformes Totales y fecales, así como las especies enteropatógenas aisladas, demuestran la magnitud de la contaminación fecal y el potencial riesgo que representa para la salud humana una mala disposición final de los residuos sólidos.

Referencias.

- Cowan S, 1974 , Manual for the identification of medical bacteria, 2th Ed. Cambridge University Press. Inglaterra.
- Farmer et Al, 1985 , New groups of Enterobacteriaceae, J. Clin. Microbiol. , vol. 21, - pp. 48-54.
- Mac Fadden, Pruebas Bioquímicas para La Identificación de Bacterias de Importancia Clínica, Ed. Médica Panamericana.
- Manual de Operación del Laboratorio, Planta Industrializadora de desechos sólidos, Ed. Departamento del Distrito Federal.
- Normas Oficiales Mexicanas, Dirección General de Normas, Av. Puente de Tecamachalco 6, Lomas de Tecamachalco, Edo. de México.
- Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 1985, 16 th, Ed. APHA, AWWA, WPCF, New York.



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

CURSOS ABIERTOS

**TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES**

I. INTRODUCCION

1 9 9 4

ASPECTOS GENERALES

I.- INTRODUCCION

Desde los principios de la civilización, el hombre ha tenido que afrontar los problemas ocasionados por la generación de los residuos sólidos, generalmente asociada con la producción de un bien o la satisfacción de una necesidad biológica; estos problemas tienen que ver con todo el ciclo que sufren los residuos sólidos desde su generación hasta su disposición final.

El hombre a través de su historia ha depositado incontroladamente sus residuos sólidos en el ambiente, siendo una práctica común la utilización de terrenos abandonados o márgenes de caminos, ríos y carreteras; otros residuos los han incinerado o enterrado y algunos residuos de alimentos les han servido como fuente alimenticia para sus animales domésticos.

Como consecuencia del inadecuado manejo de los residuos sólidos, el hombre ha tenido que enfrentar serios problemas de contaminación del ambiente y de la salud pública, dentro de los cuales destaca la contaminación de agua, suelo y aire, así como el incremento de infecciones transmitidas por vectores biológicos que se desarrollan en los lugares donde se almacenan o depositan sin ningún control, dichos residuos.

En los últimos años debido al acelerado crecimiento de las ciudades, estos problemas de contaminación ambiental asociados con el mal manejo de los residuos sólidos, se han visto incrementados conforme han crecido las poblaciones y las necesidades de sus habitantes, el hombre empezó a investigar diversos sistemas adecuados para el manejo y la disposición final incluyendo aspectos de la contaminación del agua, aire, suelo, así como de la salud y económicos.

Sin embargo, en la mayoría de los países poco desarrollados, y en nuestro país no es la excepción, se continúa disponiendo de los residuos a través de los "basureros a cielo abierto", práctica que consiste en depositar los residuos sólidos recolectados sobre un terreno sin ningún control, generalmente localizado en las afueras de la ciudad, aunque en algunas ocasiones se encuentra dentro de ésta, lo cual ocasiona efectos adversos sobre el ambiente, tales como malos olores, debido a la producción de gases por la descomposición de sulfatos contenidos en la basura, además el bióxido de carbono, en presencia de

humedad, forma ácido carbónico, el cual puede mineralizar el suelo y el agua.

Aunado a lo anterior se presenta la formación de lixiviados, por la percolación de agua (principalmente de lluvia, a través de la basura); estos lixiviados pueden contaminar cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Adicionalmente, se pueden producir incendios cuando el volumen del gas metano, producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica contenida en los residuos llega a alcanzar entre un 5 y un 15% del volumen del aire. Por último, los basureros a cielo abierto afectan la estética y son el habitat de vectores biológicos (moscos, mosquitos, ratas, etc.), transmisores de enfermedades infecciosas al hombre y a los animales.

Todos los problemas se incrementan en lugares de grandes concentraciones humanas, de altas precipitaciones pluviales, así como en lugares escasos de sitios para disponer los residuos sólidos.

CICLO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Las diferentes etapas que pueden integrar el ciclo de los residuos sólidos son las siguientes:

1.- GENERACION

Se refiere a la acción de producir una cierta cantidad de residuos sólidos, por una determinada fuente en cierto intervalo de tiempo.

2.- ALMACENAMIENTO

Es la acción de retener temporalmente los residuos sólidos, en tanto se recolecten para su posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

3.- PRETRATAMIENTO

Es el proceso de transformación que sufren los residuos

sólidos en la misma fuente generadora antes de ser almacenados. Esta transformación puede involucrar desde una simple separación de subproductos, hasta un cambio en las propiedades físicas o químicas de los residuos sólidos.

4.- RECOLECCION

Es la acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos o conducirlos a los sitios de transferencia, tratamiento y/o disposición final.

5.- TRANSPORTE PRIMARIO

Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos generados en las fuentes de generación a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

6.- TRANSPORTE SECUNDARIO

Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos hasta los sitios de disposición final, una vez que han pasado por las etapas de transferencia y/o tratamiento o viceversa.

7.- SEPARACION SIMULTANEA

Es el proceso mediante el cual se lleva a cabo una separación manual de subproductos reciclables, en forma simultánea con las fases de recolección, transporte primario y/o disposición final. A esta actividad es común denominarla en México prepepena.

8.- TRANSFERENCIA

Es la acción de transbordar los residuos sólidos de las unidades vehiculares de recolección a las de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de los residuos, logrando con ello disminuir los costos de transporte, incrementar la cobertura del servicio de recolección con el mismo número de vehículos y disminuir el deterioro de los mismos por los largos recorridos a los sitios de disposición final, los cuales por lo general se encuentran en malas condiciones.

9.- TRATAMIENTO

Es el proceso que siguen los residuos sólidos para hacerlos reutilizables y/o eliminar su peligrosidad.

10.- DISPOSICION FINAL

Es el depósito permanente de los residuos sólidos en sitios, los cuales deben de prepararse con el fin de evitar el deterioro del ambiente y por ende de la salud humana, al permitir la filtración de los lixiviados, la quema de los residuos, su exposición al ambiente, etc.

La etapa de Transferencia se utiliza en los asentamientos humanos densamente poblados y con grandes distancias de los centros de generación de los residuos sólidos a los sitios de disposición final, y por lo que respecta a la etapa de tratamiento, ésta ha tenido muy poco desarrollo en cuanto a América Latina se refiere, habiéndose desarrollado bastantes técnicas, la mayoría sofisticadas y muy costosas, en los países desarrollados.

II. SITUACION ACTUAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

La situación actual de los residuos sólidos va a ser referida en términos generales a América Latina, ya que las condiciones que se presentan en su totalidad son en la mayoría de los casos en forma similar a lo que en México está sucediendo, siendo en Estados Unidos, Europa y Japón, por mencionar algunas regiones y países, las condiciones muy diferentes a las nuestras.

Actualmente se generan en América Latina un promedio de 250,000 toneladas por día de residuos sólidos, los cuales hay que recolectar, transferir, tratar y disponer sanitariamente para evitar el deterioro del ambiente y en consecuencia de la salud humana.

Los residuos sólidos son generados en gran variedad de fuentes productoras, destacándose por su importancia las siguientes: casas-habitación, comercios, industrias, hospitales, mercados, centros de servicio, laboratorios, centros de reuniones, oficinas, etc., generándose una gran diversidad de residuos tanto por sus características físicas como físico-químicas, las cuales se van haciendo más complejas y difíciles de tratar y disponer en

forma adecuada conforme pasa el tiempo, y nuevos desarrollos tecnológicos van surgiendo.

En la actualidad se generan entre 0.3 y 0.6 kg/hab-día en las casas-habitación, llegando a alcanzar 1.0 kg/hab-día en algunas ciudades de la Región. Considerando las otras fuentes de generación mencionadas en el párrafo anterior el promedio de producción de residuos sólidos, tomando en cuenta todas las fuentes, anda en el orden de 1.0 a 1.2 kg/hab-día, el cual se incrementa tanto por el crecimiento de la población como por el aumento en la generación de basura de los habitantes, con los cambios de costumbres y hábitos en general.

En lo que al almacenamiento se refiere se puede decir que en términos generales se realiza en forma inadecuada en la mayoría de sus fuentes de generación, siendo algunas excepciones los establecimientos de servicios como lo son los hoteles, sobre todo las cadenas de éstos de origen norteamericano, europeas o japonesas, también en algunas industrias y hospitales se tiene un tipo de almacenamiento adecuado, coincidiendo en muchos de los casos con su mismo origen.

Por lo general, el almacenamiento se realiza en recipientes de una gran diversidad tanto en su tamaño como en su forma y material de fabricación, provocando con ello innumerables problemas como: retrasos en la recolección, accidentes a los operadores del servicio tanto cortaduras como problemas en columna por aristas afiladas y exceso de peso en los recipientes, repercutiendo esto en baja eficiencia de recolección e incremento en los costos del servicio. Cuando se trata de residuos industriales, peligrosos o patológicos, los problemas se agravan y repercuten también en el ambiente, en la calidad del agua, y con ello la afectación no es únicamente al personal del servicio de limpieza sino a la población en general.

El barrido y la limpieza pública es utilizada principalmente en las calles, avenidas, vías rápidas, en general aquellas pavimentadas o empedradas, con un rendimiento promedio de 1.0 a 2.5 km/día de calles (o sea 2.0 a 5.0 de cuneta), y una recolección aproximada de entre 30 y 90 kilogramos de basura por kilómetro barrido, requiriéndose de 0.4 a 0.8 barrenderos por cada 1000 habitantes, esto en cuanto a la limpieza manual, dependiendo del apoyo del barrido mecánico, de la porción de calles pavimentadas, del grado de dificultad del barrido así como de la educación y cooperación de la comunidad. En cuanto al barrido mecánico, el cual es utilizado en muy pocas ciudades de toda la región de América Latina tiene un rendimiento promedio de 40 kms./jornada cada barredora; en cuanto a costos, éstos son

menores a los del barrido manual aunque implica desplazamiento de mano de obra y salida de divisas de los países, ya que las barredoras son importadas.

En el aspecto de recolección, la cobertura de este servicio es entre el 75 y el 80 %, siendo las áreas marginadas donde se acentúa aún más el problema, lo cual contribuye a incrementar los riesgos ambientales, ya que a las condiciones de hacinamiento, pobreza y carencia de otros servicios, hay que agregar los problemas causados por los residuos sólidos. En muchos casos los servicios no se prestan por carencia de vehículos y de una infraestructura vial adecuada, problemas que en algunas ciudades han podido ser superadas al desarrollar métodos no convencionales de recolección primaria mediante carritos, carretas u otros elementos de tracción humana o animal.

Otro problema que enfrenta la recolección es la gran diversidad de equipos con que cuentan las municipalidades, muchos de ellos de importación, lo cual dificulta el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, ya que la importación de refacciones en términos generales es un trámite lento, esto considerando que se cuenta con recursos disponibles.

En el aspecto técnico, el problema también es de consideración ya que el establecimiento de rutas, rendimientos, frecuencias y horarios adecuados, personal capacitado, mantenimiento de equipos y en general de todos los aspectos que deben constituir el diseño del sistema, casi no se utilizan, repercutiendo en ineficiencias en la prestación de los servicios, así como altos costos del mismo.

La fase de Transferencia hasta hace unos 15 años, ha iniciado su desarrollo debido al acelerado crecimiento poblacional, lo cual ha ocasionado un crecimiento importante en las ciudades, conformándose muchas de ellas ya en zonas metropolitanas o ciudades con poblaciones superiores a los 600,000 habitantes, trayendo como consecuencia que los sitios de disposición final cada vez se encuentren más alejados de los centros de generación de los residuos sólidos.

De las dos modalidades de transferencia, con y sin sistema de compactación, ésta última ha tenido un mayor desarrollo por el costo y facilidad de operación, aún con los problemas de falta de mantenimiento que se presentan en las instalaciones de los servicios de limpieza pública.

La etapa de tratamiento está por el momento casi sin desarrollo, ya que los costos de inversión inicial y de operación aún están muy por encima de los del relleno sanitario, situación que cambia en los países desarrollados debido a la falta de terrenos para el relleno sanitario, altos costos de energéticos, gran oposición de la población para la instalación de un relleno sanitario cercano a la población.

Las plantas de compostaje, como sistema de tratamiento tuvieron su introducción en América Latina en los años '70s, y hoy en día un alto porcentaje de ellas está fuera de operación porque no se les dio el mantenimiento adecuado, el mercado de la composta no se ha dado con buenos resultados, se ha desarrollado en gran escala la prepepina haciendo casi nula la recuperación de subproductos. Lo anterior trajo como resultado que la recuperación de costos de operación por la venta de subproductos y de composta fuera mínima, y en consecuencia no se tuvieron los resultados esperados con este sistema de tratamiento.

En los últimos años se ha venido incrementando la práctica de la recuperación de subproductos en la misma fuente de generación, con resultados positivos, ya que los costos de operación son mínimos y el porcentaje de recuperación se ha incrementado.

La incineración se utiliza sobre todo para los residuos patológicos generados en las unidades médicas, aunque no con la eficiencia y cobertura que se requiere.

En lo que a disposición final se refiere, posiblemente del porcentaje que se recolecta, sólo un 25% se dispone adecuadamente en rellenos sanitarios, otro 25% en rellenos controlados o semicontrolados y el resto en basureros a cielo abierto, con los consecuentes problemas de contaminación del agua, aire y suelo, además de la proliferación de fauna nociva, gérmenes patógenos, malos olores, incidiendo todo esto en la salud del hombre.

Por otra parte, otro problema muy común es la debilidad institucional de los organismos operadores del sistema de limpieza. En la parte de organización, existen servicios administrados por las Municipalidades, así como aquellos cuya responsabilidad recae en instituciones del Gobierno Federal, en ambos casos, la operación se realiza en forma directa a través de contratos a particulares.

Desde el punto de vista de la planeación de los servicios, pocas ciudades cuentan con un programa de aseo urbano o han integrado

este aspecto al proceso de planeación urbana, y en el caso de que se quiera integrar se enfrentan al problema de que la prestación del servicio de limpieza siempre está subvencionado, dificultando con ello dicha planeación.

III. CONTROLES

Para mantener la calidad de un servicio de limpieza es indispensable establecer diversos controles que aseguren que se esté trabajando según lo programado.

Es muy importante no incluir controles innecesarios, sino sólo aquellos que son de utilidad para los fines perseguidos.

Controles Necesarios

Controles de personal

Se establecen con el fin de: elaboración de nóminas, otorgamiento de estímulos y recompensas por asistencia y puntualidad, lograr un mejor aprovechamiento del tiempo disponible del personal operativo.

Control de cobertura diaria

La finalidad del sistema de limpieza es evitar daños a la salud de la población. Por ello el sistema más importante por establecer es la verificación diaria de la cobertura en base a la forma programada. En caso de no ser así, es preciso tomar de inmediato las medidas necesarias para corregir la situación. El jefe del servicio debe recibir diariamente un informe escrito sobre esta materia. Un registro de los reclamos del público, y la labor de supervisores bien adiestrados ayudan a mantener este control, por cada chofer debe informar si no ha podido completar la ruta asignada, así como las razones que lo impidieron, en el caso de la recolección y el barrido mecánico, y el barrendero lo hará en el caso del barrido manual. En la disposición final y transferencia estará a cargo de lo anterior el responsable de la operación del sitio.

Control de Carga de Camiones

La instalación de una báscula en las estaciones de

transferencia, plantas de tratamiento y/o sitios de disposición final permite pesar tanto los vehículos de recolección como los de transferencia, para asegurarse que sean utilizados a su máxima capacidad, y nunca excediéndola ya que esto afecta los vehículos.

Control de tiempo

Se debe entregar a cada chofer de vehículos, ya sea de recolección, de barrido mecánico o de transferencia una hoja de ruta donde se anote la hora en que llegó o salió de los siguientes puntos:

- a. Salida del garage, con la firma del supervisor
- b. Inicio de la ruta
- c. Término de cada viaje
- d. Llegada a la estación de transferencia, planta de tratamiento o sitio de disposición final, según sea el caso, con la firma del supervisor o responsable del lugar
- e. Salida del lugar de transferencia, tratamiento o disposición final, con la firma del supervisor
- f. Inicio del segundo viaje
- g. Término del segundo viaje
- h. Segunda llegada y salida al sitio de transferencia, tratamiento o sitio de disposición final
- i. Los mismos datos de los puntos "f" al "h" si hay un tercer o cuarto viaje
- j. Regreso al garage, con la firma del supervisor

La información anterior, permite establecer tiempos estándar y detectar si algún chofer se sale de su ruta. Por otra parte hace posible corregir el diseño de rutas y mantener una eficiencia óptima en el servicio.

Control Ocasional del Servicio

El jefe del servicio o supervisores deben de revisar continuamente como se están atendiendo los diferentes sectores, en cuanto al servicio de limpieza se refiere, para detectar fallas o problemas no previstos. Por ejemplo, si el horario establecido para cierta calle crea congestionamiento de tráfico, si el público no está utilizando el tipo de recipiente adecuado, etc.

Control Contable

Ya que se procura minimizar los costos, es preciso, llevar un

registro de éstos, incluyendo todos los factores que inciden en ellos. Si algún concepto sufre un incremento no previsto o desproporcionado se requiere investigar a que se debe y procurar hacer las correcciones que permitan reducirlo.

Rendimientos

Los controles señalados permiten también fijar los rendimientos en cada ruta, expresados por ejemplo en toneladas recogidas, transferidas o barridas por hora. Estos rendimientos deben de ser semejantes en todas las rutas y, si ello no ocurre, deben de investigarse las causas.



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

CURSOS ABIERTOS.

TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

A N E X O .

M. en C. ARTURO DAVILA VILLAREAL.

NOVIEMBRE 1994.

SISTEMAS DE CONTROL EN LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL

RESUMEN QUINCENAL DE ADQUISICION DE MATERIALES EN EL RELLENO SANITARIO DE _____

PROVEEDOR: _____

MES DE: _____

MATERIAL SUMINISTRADO: _____

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: _____

PERIODO: _____

VOLUMEN A SUMINISTRAR: _____

PERIODO DE ENTREGA: _____

DIAS	No DE VIAJES	VOLUMEN SUMINISTRADO	VOLUMEN SUMINISTRADO ACUMULADO	VOLUMEN RESTANTE A SUMINISTRAR	VOLUMEN SUMINISTRADO A LA FECHA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
TOTAL					

SISTEMAS DE CONTROL EN LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL

**RESUMEN MENSUAL DE CONTROL DE MATERIAL DE CUBIERTA
EN EL RELLENO SANITARIO DE _____**

DIAS	VIAJES	VOLUMEN SUMINISTRADO M3	VOLUMEN ACUMULADO	VOLUMEN UTILIZADO	EXISTENCIA EN BANCO
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
TOTAL					

NOMBRE Y FIRMA DEL

RESIDENTE DE OBRA

SISTEMAS DE CONTROL EN LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL

RESUMEN MENSUAL DE CONTROL DE MAQUINARIA EN EL RELLENO SANITARIO DE _____

OBRA : _____

TIPO DE MAQUINARIA : _____

MES DE : _____

No. DE SERIE : _____

DIAS	HORAS EFECTIVAS	HORAS ACUMULADAS	OBSERVACIONES
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
	TOTAL		

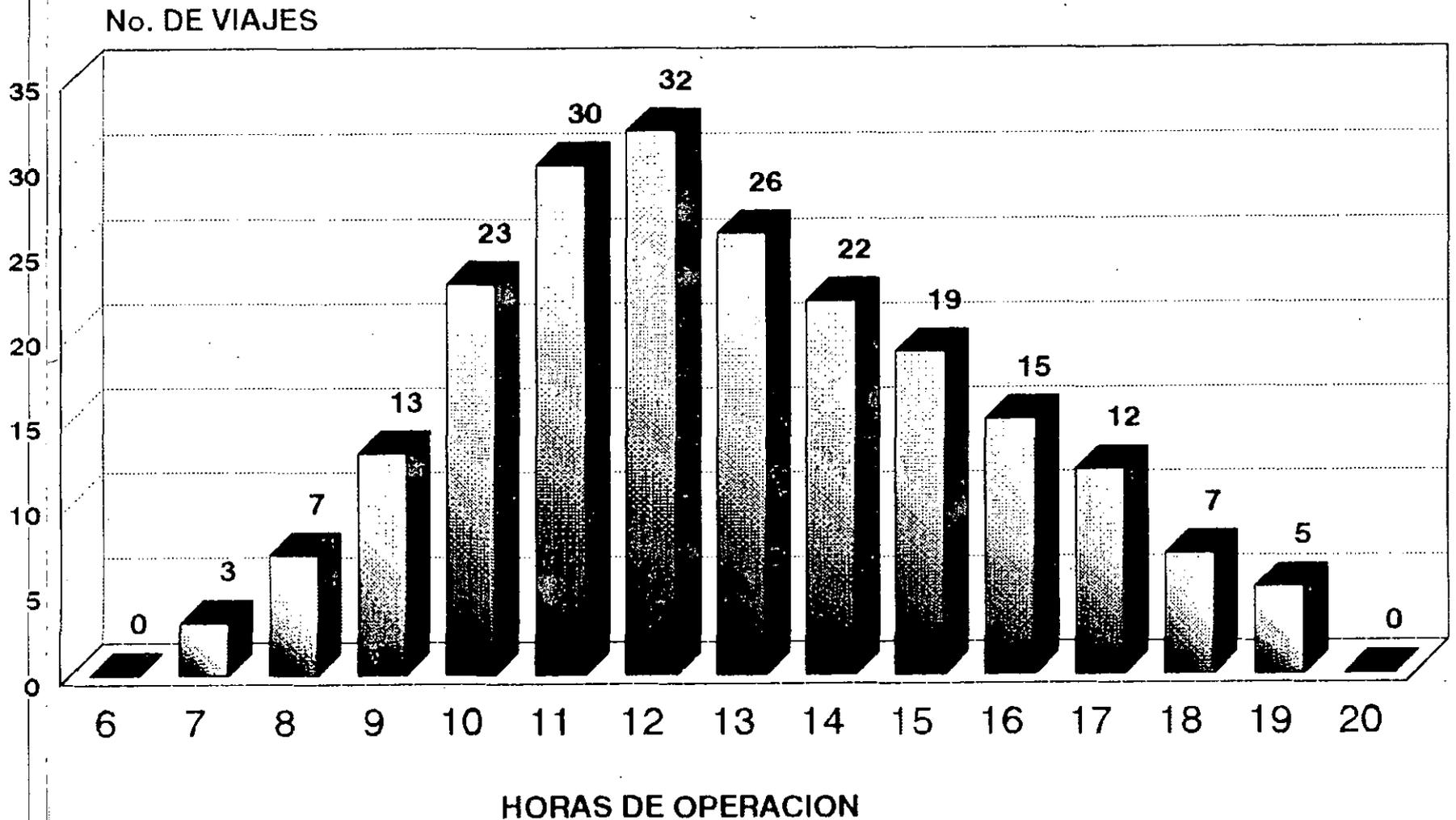
NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

RESIDENTE DE OBRA

SISTEMAS DE CONTROL EN LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL

FRECUENCIA DE INGRESO DE VEHICULOS AL RELLENO SANITARIO



OBJETIVOS DE LA INFORMACION

- 1.- Tiempos de Estancia por Tipo de Vehículo**
- 2.- Pesos Promedio por Tipo de Vehículo**
- 3.- Pesos Promedio por Viaje de un Vehículo**
- 4.- Viajes por Día, Semana, Mes y Año por Vehículo**
- 5.- Histogramas de Arribo de Vehículos**
- 6.- Total de Ingreso y Promedios Diarios, Mes y Año**
- 7.- Histograma de Horas Pico**
- 8.- Determinación de Procedencia de los Residuos**
- 9.- Porcentajes por Tipos de Residuos**
- 10.- Pesos Volumétricos por Tipo de Vehículo**

SISTEMAS DE CONTROL EN LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO
M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL

LUGARES DE CONTROL

- 1.- ACCESO AL SITIO**
- 2.- ZONA DE BASCULAS**
- 3.- FRENTE DE TRABAJO**
- 4.- BANCOS DE MATERIAL**
- 5.- TALLERES Y SUMINISTROS**

RELLENO SANITARIO OPERACION

IV. OPERACION DIARIA

- EL FRENTE DE TRABAJO
- DESCARGA EN EL FRENTE
- EMPUJE Y COMPACTACION
- RESIDUOS SOLIDOS
- MATERIAL DE COBERTURA
- PREPARACION PARA COBERTURA
- SEGUIMIENTO TOPOGRAFICO

V. DETERMINACION DE PARAMETROS

- AJUSTE DEL FRENTE
- TIEMPOS DE DESCARGA
- EMPUJE Y COMPACTACION
- RESIDUOS SOLIDOS TON/Hr.
- MATERIAL DE COBERTURA m³/Hr. m²
- PREPARACION PARA COBERTURA m²
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE Lts/Hr.
- COSTOS

RELLENO SANITARIO OPERACION

VI. CONTROL DE LIXIVIADO Y BIOGAS

- LIXIVIADO

- DRENAJES
- TRATAMIENTO

- BIOGAS

- CAPTACION
- CONDUCCION
- TRATAMIENTO
- APROVECHAMIENTO

VII. MANTENIMIENTO

- CAMINOS

- BACHEO
- RIEGO

- OBRA CIVIL

- EQUIPO Y MAQUINARIA

- DIARIO
- PREVENTIVO
- CORRECTIVO

RELLENO SANITARIO OPERACION

I. PREPARACION DEL SITIO

- BARDADO

- CAMINOS

- ACCESO

- INTERIORES

- OBRA CIVIL

- OFICINAS

- TALLERES

- LABORATORIO

- BASCULAS

- PREPARACION PARA OPERACION

- METODO DE OPERACION

- IMPERMEABILIZACION

- SEÑALAMIENTO

PROGRAMA DE POST - CLAUSURA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE DRENAJES

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE EROSION

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CUBIERTA FINAL

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CAMINOS

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE JARDINES

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE INFRAESTRUCTURA /

PLAN DE RESPUESTAS DE EMERGENCIAS

FUNCIONES DEL PERSONAL RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO

PROGRAMAS DE MONITOREO DE AGUAS SUPERFICIALES

PROGRAMA DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRANEAS

PROGRAMA DE MONITOREO DE BIOGAS

PROGRAMA DE MONITOREO DE LIXIVIADOS

ESTIMACION DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA

PLAN DE CLAUSURA FINAL

MODIFICACIONES DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES

SEGURIDAD DEL SITIO

SEÑALIZACIÓN

CUBIERTA FINAL

ASPECTO FINAL DE LA SUPERFICIE

USO FUTURO DEL SUELO A LA CLAUSURA

ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

ANÁLISIS DE ASENTAMIENTO

PROTECCIÓN DE TALUDES Y SISTEMAS DE CONTROL DE EROSIÓN

DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

PROGRAMA DE CONTROL DE FAUNA NOCIVA

CAMINOS INTERIORES

PLAN DE MANEJO DE AGUAS SUBTERRANEAS

PLAN DE MANEJO DE LIXIVIADOS

PLAN DE MANEJO DE BIOGAS

IMPLEMENTACIÓN DE FORMATOS PARA PROCEDIMIENTOS

POST - CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

OBJETIVO

MANTENER Y CONTROLAR LAS CONDICIONES FISICAS DE LA OBRA DE CLAUSURA CON LA FINALIDAD DE OBTENER UN TERRENO ESTABLE DESPUES DE 15 AÑOS DE CLAUSURAS EL CUAL PUEDA SER DESTINADO A UN MUSEO ESPECIFICO

3.- CONOCIMIENTO DEL MEDIO FISICO

➤ UBICACION

➤ EXTENSION

➤ ALTITUD

➤ CONDICIONES CLIMATOLOGICAS

➤ ESTUDIOS GEOFISICOS

➤ ESTUDIOS DE GEOTECNIA

➤ ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOHIDROLOGICOS DE LA REGION

➤ ESTUDIO TOPOGRAFICO

4. PREPARACION DEL PLAN DE CLAUSURA

5. PREPARACION DEL CATALOGO DE CONCEPTOS Y ESTIMACION DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN

6. PREPARACION DEL PROGRAMA DE POST-CLAUSURA

ESTRATEGIA PARA LA CLAUSURA DE UN RELLENO SANITARIO

1. CONOCER LOS ANTECEDENTES DEL RELLENO

- CANTIDAD DE RESIDUOS RECIBIDOS
- CARACTERISTICAS DE OPERACION
- TIPO DE RESIDUOS QUE INGRESARON
- LA EVOLUCION DEL RELLENO, PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON ETC.
- QUE ESTUDIOS SE REALIZARON DURANTE SU CONSTRUCCION Y OPERACION

2. RECONOCIMIENTO DE LAS NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

OBJETIVO :

CONFINAR LOS RESIDUOS SOLIDOS DEPOSITADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE TAL MANERA QUE SE PUEDAN MINIMIZAR LOS DAÑOS AL AMBIENTE QUE SON OCASIONADOS POR LA DESCOMPOSICION DE LOS RESIDUOS Y ASENTAMIENTO DEL TERRENO, UTILIZANDO TECNICAS DE INGENIERIA.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE ORGANICOS

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

7 - 11 Noviembre, 1994

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

**TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES
7 AL 11 DE NOVIEMBRE DE 1994**

FECHA	HORA	TEMA	PROFESOR
LUNES 7 DE NOVIEMBRE	9:00 - 11:00	I. PRESENTACION DEL CURSO INTRODUCCION DEL CURSO	ING. PAULA NOREÑA FRANCO
	11:00 - 12:00	II. LEGISLACION AMBIENTAL NACIONAL E INTERNACIONAL	QUIM. CONSUELO REYES MARTINEZ
	12:15 - 13:30	III. DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO Y OPERACION	ING. CRISTINA RAMOS CORTEZ
	13:30 - 15:00	IV. SISTEMA DE SEPARACION Y ACOPIO DE SUBPRODUCTOS EN LA FUENTE, PARA SU RECICLAJE, REUTILIZACION Y REUSO	BIOL. PATRICIA GUTIERREZ ROJAS
MARTES 8 DE NOVIEMBRE	9:00 - 10:30	V. SISTEMAS CENTRALIZADOS DE SEPARACION Y SEGREGACION	M. en I. JORGE SANCHEZ GOMEZ
	10:30 - 12:00	VI. SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE ORGANICOS	
	12:15 - 14:00	VII. INCINERACION Y APROVECHAMIENTO DE ENERGIA	M. en I. GUSTAVO SOLORZANO OCHOA
	14:00 - 15:00	VIII. OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	ING. RICARDO ESTRADA NUÑEZ
MIERCOLES 9 DE NOVIMEMBRE	9:00 - 10:30	IX. ANALISIS Y SELECCION DE SITIOS PARA RELLENOS SANITARIOS	M. en I. JORGE SANCHEZ GOMEZ
	10:30 - 12:00	X. DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS	M. en I. FELIPE LOPEZ SANCHEZ
	12:15 - 13:30	XI. DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS	M. en I. FELIPE LOPEZ SANCHEZ
	13:30 - 15:00	XII. CLAUSURA DE SITIOS DE DISPOSOCION FINAL	M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL

JUEVES 10 DE NOVIEMBRE	9:00 - 10:30	XIII. OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS	M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL
	10:30 - 12:00	XIV. MECANISMOS DE SUPERVISION Y CONTROL DE RELLENOS SANITARIOS	M. en C. ARTURO DAVILA VILLARREAL
	12:15 - 13:00	XV. SESION DE VIDEOS SOBRE RELLENOS SANITARIOS	
	13:30 - 15:00	XVI. ANALISIS DE COSTOS	ING. FCO. JAVIER MANZANERA MIRANDA
VIERNES 11 DE NOVIEMBRE	9:00 - 11:30	XVII. DESARROLLO INSTITUCIONAL	LIC. JESUS BARRERA LOZANO
	11:45 - 13:30	XVIII. IMPACTO AMBIENTAL	ING. VICTOR JAVIER GUTIERRES AVEDOY
	13:30 - 15:00	XIX. MONITOREO AMBIENTAL	ING. INES SEMADENI MORA
SABADO 12 DE NOVIEMBRE	9:00 - 13:00	XX. VISITA AL RELLENO SANITARIO BORDO PONIENTE	ING. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS
	13:00 - 14:00	XXI. MESA REDONDA	PANEL DE PROFESORES
	14:00 - 15:00	XXII. CLAUSURA	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

LEGISLACION AMBIENTAL NACIONAL
E INTERNACIONAL

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPEC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

8 - 13 Noviembre. 1993.

INTRODUCCION

La legislación y normatividad en materia de prevención de la contaminación y protección ambiental se han visto considerablemente desarrolladas en los últimos años. Sin embargo, si bien la ex-Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), elaboró y publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como varios reglamentos y una importante cantidad de normas técnicas ecológicas, estos ordenamientos se han enfocado a llenar huecos en las áreas consideradas prioritarias, como son las que corresponden a descargas de aguas residuales municipales e industriales, emisiones a la atmósfera y manejo de residuos peligrosos, entre otros. Esta jerarquía de prioridades, aunada a una carencia de recursos, ha obligado a las autoridades a desatender otras áreas, como es el caso de los residuos sólidos municipales (RSM), ámbito en el que se carece de normas en materia de rellenos sanitarios en particular. Se tiene además el hecho de que la regulación de los RSM es competencia de las entidades federativas, a diferencia del caso de los residuos peligrosos.

1. RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

1.1 Normatividad Mexicana

La normatividad mexicana en materia de disposición final de residuos sólidos municipales, prácticamente no había sido publicada hasta hace algunos años. Revisando las Gacetas Ecológicas publicadas por la extinta SEDUE, no se encuentra ninguna norma técnica ecológica en materia de sitios de disposición final: selección de sitios, criterios de diseño, de construcción, operación, etc. Por otra parte, se tiene conocimiento de la existencia del proyecto de norma oficial Mexicana NOM-083-ECOL-/1994 que establece las condiciones que debe reunir el sitio destinado a relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos municipales. Esta norma se encuentra ya publicada oficialmente, y se espera que antes de que finalice 1994, la SEDESOL publique las normas oficiales mexicanas relativas a la selección de sitios y diseño de rellenos sanitarios.

Actualmente en nuestro país no se ha publicado un Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Suelo, el único ordenamiento que contempla aspectos de disposición final de RSM es la mencionada Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1988 (LGEEPA), y las leyes estatales equivalentes.

La LGEEPA contempla los siguientes lineamientos, en relación con la disposición final de los RSM:

- Título primero, Capítulo II.

"Artículo 60.- Compete a las entidades federativas y municipios en el ámbito de sus circunscripciones territoriales y conforme a la distribución de atribuciones que se establezca en las leyes locales:

XIII. La regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos que no sean peligrosos, conforme a esta Ley y sus disposiciones reglamentarias; y..."

"Artículo 90.- ...

A. Corresponde a la Secretaría:

...
VIII. Expedir las normas técnicas para la recolección, tratamiento y disposición final de toda clase de residuos, en coordinación con la Secretaría de Salud.

...
B. Corresponde al Departamento del Distrito Federal:

...
IX. Proponer al Ejecutivo Federal la expedición de las disposiciones que regulen las actividades de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos, observando las normas técnicas ecológicas aplicables;

X. Establecer los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, observando las normas técnicas ecológicas aplicables;

..."

Título cuarto. Capítulo III.

"Artículo 135.- Los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo se considerarán, en los siguientes casos:

...
II. La operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios;

III. Las autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos; y

..."

"Artículo 136.- Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

I. La contaminación del suelo;

"Artículo 137.- Queda sujeto a la autorización de los gobiernos de los estados o, en su caso, de los municipios, con arreglo a las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales..."

"Artículo 138.- La Secretaría promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para:

I. La implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales; y

II. La identificación de alternativas de reutilización y disposición final de residuos sólidos municipales..."

"Artículo 139.- Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetará a lo que disponga esta Ley, sus disposiciones reglamentarias y las normas técnicas ecológicas que para tal efecto se expidan."

De manera general, los conceptos incluidos en los artículos arriba transcritos constituyen las bases que deberán considerarse en la elaboración de los reglamentos y correspondientes normas en la materia. Dado el tipo de ordenamiento en este caso (Ley General), se trata de conceptos muy generales; los lineamientos para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios deberán contemplarse en la elaboración de los ordenamientos de otro nivel ya mencionados (Reglamento y Normas).

Por otra parte, y dado que la regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos compete a las entidades federativas (ver Artículo 6o. arriba), es de esperar que éstas elaboren y publiquen los correspondientes ordenamientos en la materia, toda vez que casi la

~~totalidad de ellas cuenta con una Ley Estatal. Es sin embargo necesario, que la autoridad federal (SEDESOL) dicte los lineamientos básicos que deberán ser observados en los ordenamientos que elaborarán las entidades federativas en materia de RSM.~~

Actualmente se tienen dos proyectos de Norma Oficial Mexicana relacionadas con los RSM; el primero es el Proyecto NOM-083-ECOL-1994, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales; y el segundo, es el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994, que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.

1.2 Normatividad Internacional

Se considera oportuno efectuar una revisión de la normatividad norteamericana, dada la existencia del Plan Integral Ambiental Fronterizo firmado por los presidentes de México y Estados Unidos, y publicado por los gobiernos de ambos países a principios de 1992, así como la eventual firma del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica. Actualmente, existe un importante desequilibrio entre las normatividades mexicana y norteamericana, desequilibrio que se ha visto especialmente acentuado con la publicación en el vecino país del Subtítulo D de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos en octubre de 1991, la cual establece criterios aún más estrictos en materia de disposición final de RSM.

La parte 258 del Código Federal de Normas (USEPA/OSW, 1991) establece los criterios para los rellenos sanitarios municipales: B, Restricciones para la Ubicación; C, Criterios de Operación; y D, Criterios de Diseño. Estos criterios pueden aplicar para una o más de las siguientes instalaciones: rellenos nuevos, rellenos en operación y ampliaciones laterales. A continuación se exponen, en forma compendiada, los criterios contemplados en la documentación revisada.

Restricciones para la ubicación

Aeropuertos. Para los rellenos actuales/nuevos y ampliaciones laterales que se ubiquen en un

rango de 3,048 m del extremo de una pista usada por aviones a reacción, o a 1,524 m del extremo de una pista usada por aviones con motor de pistón, se deberá demostrar que la operación y el diseño del relleno aseguran que no existe peligro para las aeronaves debido a la presencia de aves. Asimismo, la restricción obliga al propietario/operador de un nuevo relleno cuya ubicación se encuentre en un radio de 5 millas del extremo de una pista usada por aviones de cualquier tipo, a dar aviso al aeropuerto afectado y a la Administración Federal de Aviación.

Terrenos sujetos a inundación. Para rellenos en operación y nuevos, así como ampliaciones laterales que se ubiquen en terrenos sujetos a inundaciones con un periodo de retorno de 100 años, se deberá demostrar que no se afectará el flujo de la inundación, la capacidad de almacenamiento de agua del terreno, ni existirá un arrastre de los residuos.

Humedales. Esta restricción prohíbe la ubicación de rellenos sanitarios nuevos y expansiones en zonas de humedales, a menos que se demuestre que la construcción y operación del relleno no afectará los factores físicos, químicos y bióticos del humedal.

Zonas de falla. Los nuevos rellenos sanitarios así como ampliaciones laterales de rellenos en operación no deberán ubicarse en una distancia menor a 60 m de una falla que ha tenido un desplazamiento en el Holoceno, a menos que se demuestre que una distancia menor no implique daño a la estructura del relleno.

Zonas sísmicas. Los nuevos rellenos sanitarios y expansiones laterales no deberán ser ubicados en zonas sísmicas, a menos que se demuestre que el diseño del relleno resistirá la máxima aceleración horizontal en material lítico para el sitio seleccionado.

Zonas inestables. Cuando un relleno en operación, ampliación lateral o relleno nuevo se ubique en una zona inestable, se deberá demostrar que el diseño correspondiente ha incorporado medidas de ingeniería para asegurar la integridad de las estructuras que componen el relleno.

Clausura de rellenos en operación. Aquellos rellenos actualmente en operación que no puedan demostrar los conceptos establecidos en las restricciones correspondientes a aeropuertos, zonas

~~de inundación y zonas inestables, deberán ser clausurados a más tardar el 9 de octubre de 1996.~~

Este plazo puede ser ampliado hasta en dos años si se demuestra que no hay alternativa de disposición y que no se ocasionan daños inmediatos a la salud y el ambiente.

Criterios de operación

Procedimientos para excluir la recepción de residuos peligrosos. Se deberá implantar un programa para detectar y prevenir la disposición de residuos peligrosos en el sitio, considerando entre otros factores, la inspección aleatoria de vehículos que ingresan y el entrenamiento del personal para la detección de residuos peligrosos.

Material de cubierta. Se deberán cubrir los residuos sólidos al término de las operaciones de cada día, con una cubierta de seis pulgadas de espesor a base de un material excavado u otro aprobado por la autoridad competente. Si las condiciones climáticas tornan impráctico el requerimiento anterior, la propia autoridad podrá eximir de esta obligación al responsable del sitio.

Control de vectores. Se deberán controlar las poblaciones de vectores de enfermedades en el sitio, mediante técnicas adecuadas.

Control de biogás. Se deberá asegurar que la concentración de metano en las estructuras dentro del relleno no excederán el 25% del límite inferior de explosividad, y que esta concentración no excederá el límite inferior de explosividad del metano en el límite de la propiedad correspondiente al relleno sanitario.

Asimismo, se deberá implantar un sistema de monitoreo rutinario de metano, de manera tal que se pueda cumplir con las observaciones anteriores.

Criterios de calidad del aire. Se deberá asegurar que la operación de un relleno no viole los requerimientos de la Ley de Aire Limpio. Se prohíbe la quema a cielo abierto de residuos sólidos en cualquier tipo de relleno, excepto cuando se trate de la quema esporádica de residuos agrícolas, forestales, etc.

Control de acceso. Se deberá implantar un control de acceso a público y vehículos.

Sistemas de control de escurrimientos. Se deberá diseñar, construir y mantener un sistema de control de escurrimientos hacia y desde la parte activa del relleno.

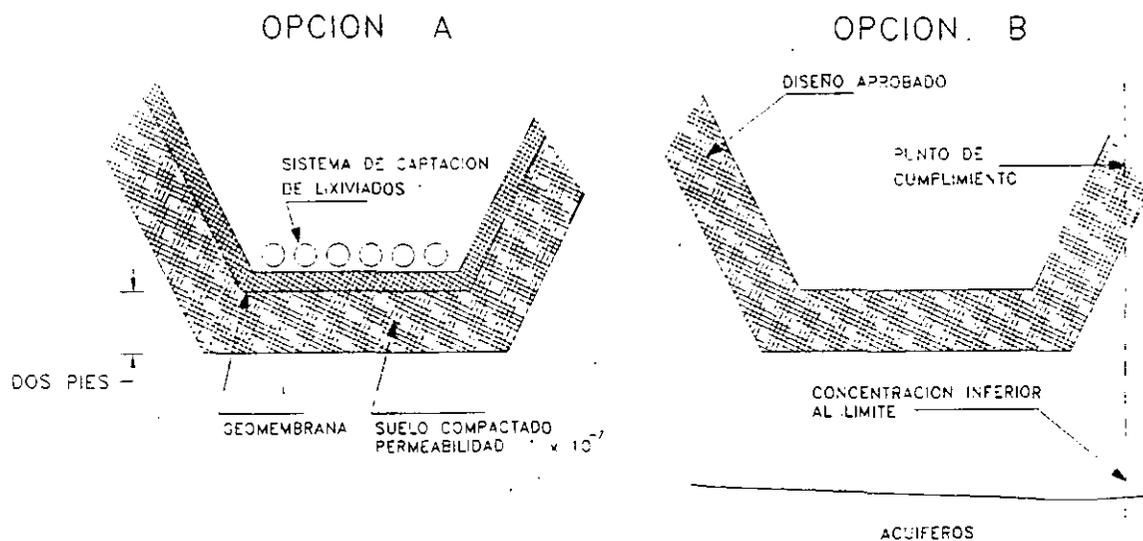
Agua superficial. Se prohíbe para cualquier tipo de relleno sanitario la descarga a cuerpos receptores de efluentes que no cumplan con la normatividad en la materia.

Residuos líquidos. Se prohíbe el depósito en rellenos sanitarios, de líquidos a granel. En el caso de líquidos en recipientes, deberá tratarse de residuos domésticos. El lixiviado se podrá recircular sólo si el relleno cuenta con una interfase compuesta.

Bitácora. Se deberá llevar una bitácora donde se registren las actividades diarias.

Criterios de diseño

Se presentan dos opciones para la construcción de nuevos rellenos y ampliaciones laterales: de acuerdo al diseño aprobado por la autoridad certificada de un estado (Fig. Opción B), o bien con una interfase compuesta y sistema de captación de lixiviados para los estados donde no exista una autoridad certificada (Fig. Opción A).



La interfase comprenderá una membrana flexible de 30 mil como mínimo (60 mil si el material es polietileno de alta densidad), y una capa de dos pies de suelo compactado con una conductividad hidráulica no mayor a 1×10^{-7} cm/s. En cualquier caso, se trata de asegurar que la calidad del acuífero no implique un riesgo carcinogénico mayor de 1×10^{-4} a 1×10^{-7} .

2. RESIDUOS PELIGROSOS

2.1 Normatividad Mexicana

A diferencia del caso anterior (RSM), los residuos peligrosos (RP) cuentan con un marco normativo importante en lo que se refiere al diseño, construcción y operación de confinamientos controlados para este tipo de residuos.

La citada LGEEPA hace referencia a los RP en cuatro artículos que se ubican en el Título Cuarto, Capítulo V (Arts. 150 a 153). Por su parte, el Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos establece los lineamientos generales que deberán ser observados con relación a los RP en México. Sin embargo, los ordenamientos que establecen de manera particular los lineamientos relativos a la disposición de RP, se encuentran en las normas correspondientes.

El 22 de octubre de 1993, fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación, las Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Protección Ambiental referentes al control de Residuos Peligrosos que a continuación de indican:

NOM-CRP-001-ECOL/93, que establece las características de los Residuos Peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Establece las características de:

- (C) Corrosividad
- (R) Reactividad
- (E) Explosividad
- (T) Toxicidad al ambiente
- (I) Inflamabilidad
- (B) Biológico Infecciosos

las cuales corresponden a un residuo peligroso, adicionalmente a estas características, se encuentra en esta Norma Oficial la clasificación de los residuos peligrosos atendiendo a su fuente generadora:

A) Por giro Industrial y por proceso

- 1) Acabado de metales
- 2) Beneficio de metales
- 3) Componentes eléctricos
- 4) Curtiduría
- 5) Explosivos
- 6) Producción de hule
- 7) Materiales plásticos y resinas sintéticas
- 8) Metal-mecánica
- 9) Minería
- 10) Petróleo y petroquímica
- 11) Pintura y productos relacionados
- 12) Plaguicidas
- 13) Preservación de la madera
- 14) Producción de baterías
- 15) Químico-farmacéutica
- 16) Química inorgánica
- 17) Química orgánica
- 18) Textiles

B) Por fuente no específica

- Envases y tambos vacíos
- Aceites lubricantes gastados
- BPC's > 50 ppm
- Asbestos

- Solventes gastados halogenados
- Solventes gastados no halogenados
- Residuos provenientes de hospitales, laboratorios y consultorios médicos

Referente a este último punto recientemente se publicó el 19 de agosto del año en curso en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-1994, que establece los requisitos para la clasificación, separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generen en establecimientos que presten atención médica, tales como hospitalarios y consultorios médicos, así como laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biología, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios.

NOM-CRP-002-ECOL/93, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-CRP-003-ECOL/93, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-CRP-001-ECOL/93.

NOM-CRP-004-ECOL/93, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de Residuos Peligrosos, excepto radiactivos.

NOM-CRP-005-ECOL/93, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de Residuos Peligrosos.

NOM-CRP-006-ECOL/93, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para Residuos Peligrosos.

NOM-CRP-007-ECOL/93, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de Residuos Peligrosos.

BIBLIOGRAFIA

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.
SEDUE. 1988.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 2 de julio de 1993.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 22 de octubre de 1993.

CODE OF FEDERAL REGULATIONS. Part II. 40 CFR Parts 257 and 258. Solid Waste Disposal Facility Criteria; Final Rule. USEPA/OSW, October 9, 1991.

DESCRIPCION DE LA LEGISLACION ESTADOUNIDENSE SOBRE RELLENOS SANITARIOS (Versión Preliminar) OPS/OMS. Junio de 1991.

DRAFT TECHNICAL MANUAL FOR SOLID WASTE DISPOSAL FACILITY CRITERIA. 40 CFR PART 258. USEPA. April, 1992

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 22 de junio de 1994.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 19 de agosto de 1994

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

DETERMINACION DE PARAMETROS DE
DISEÑO Y OPERACION

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

~~DETERMINACION-DE-PARAMETROS-DE-DISEÑO-Y-OPERACION~~

El destino de los residuos municipales generados en una ciudad, pueden ser orientados después de su recolección hacia:

a) Su disposición

- Relleno sanitario
- Incineración

b) Reaprovechamiento

- Reuso directo
(Sin modificación sustancial de los residuos generados)
- Reprocesamiento
 - Recuperación de materiales.
(Reciclaje)
 - Recuperación u obtención de energía y otros materiales.
(Incineración, pirolisis)

RELLENO SANITARIO

Es un método de disposición de los residuos sólidos en la tierra de una manera segura e higiénica con los menores riesgos ambientales posibles, utilizando los principios de la ingeniería para confinar los residuos sólidos en la menor área posible cubriéndolos con capas de tierra compactadas.

PARAMETROS DE DISEÑO Y OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO

SELECCION DEL SITIO

Estudios básicos

1. Climatología

- Temperatura
- Precipitación
- Evaporación
- Vientos

2. Topografía

- Planos generales
- Topografía de detalle del sitio seleccionado

3. Geología

- Sondeos a cielo abierto
- Sondeos profundos

4. Análisis y selección de bancos de materiales para material de cubierta.

5. Hidrología y geohidrología

- Escurrimientos superficiales
- Análisis del manto freático

6. Análisis de posibles impactos ambientales

7. Servicios disponibles

- Vialidades
- Comunicación

CUANTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS A DISPONER

1. Determinación de la generación media

- Estudios de generación
- Estimación de la cantidad transportada al sitio

2. Determinación de la generación total

- Actual
- Futura (Predicción del crecimiento de la población y de la variación de la generación media)

3. Caracterización de los residuos sólidos

- Composición
 - Clasificación de subproductos
- Características
 - Físicas
 - Peso volumétrico
 - En la fuente, en el vehículo, estimado en el relleno.
 - Contenido de humedad

$$H = (w - d / w) \times 100$$

Donde:

H = Contenido de humedad, %

w = Peso inicial de la muestra

d = Peso de la muestra después del secado a 105°C

- Potencial hidrógeno (PH)
- Capacidad de campo
- Permeabilidad de los residuos sólidos compactados en el relleno

$$K = Cd^2 \frac{\gamma}{\mu} k \frac{\gamma}{\mu}$$

Donde:

K = Coeficiente de permeabilidad

C = Constante adimensional o factor de forma

d = Tamaño promedio de los poros

γ = Peso específico del agua

μ = Viscosidad dinámica del agua

k = Permeabilidad intrínseca

Características químicas

- Potencial hidrógeno (PH)
- Cenizas
- Azufre
- Nitrógeno total
- Materia orgánica
- Poder calorífico
- Relación carbono/nitrógeno

Características bacteriológicas

- Coliformes totales
- Coliformes fecales
- Biodegradación de la materia orgánica

DETERMINACION DEL METODO DE CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENO SANITARIO

- Método de área
- Método de trinchera
- Método de relleno de depresiones naturales
(Cañadas, barrancas)

Proyecto ejecutivo de un relleno sanitario

- Diseño por etapas constructivas
- Diseño de las vialidades interiores
- Diseño de los elementos constructivos del relleno (trinchera, bordos, base impermeable)
- Diseño de las obras para el control sanitario
 - Captación, conducción y tratamiento de lixiviados
 - Captación y disposición de biogás
 - Captación y conducción de escurrimientos superficiales
 - Control de dispersión de los residuos debido al viento
- Diseño de las obras y edificaciones para la operación y el mantenimiento
 - Movimiento de tierras
 - Restauración de bancos de préstamo
 - Diseño del uso del suelo de las áreas rellenadas (parques y jardines, edificación ligera)
 - Edificaciones: casetas de control

- Talleres
- Bodegas
- Oficinas
- Comedores
- Diseño de la operación del relleno
 - Tiempos y movimientos de vehículos de recolección dentro del relleno
 - Movimientos de tierra
 - Monitoreo de lixiviados y biogás
 - Operación de las obras para el manejo y tratamiento de lixiviados
- Elaboración de manual de operación y mantenimiento
- Catálogo de conceptos
- Selección de equipos
- Determinación de costos de operación y mantenimiento

REAPROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Residuo directo

Actividad limitada

Ejemplos:

- Utilización de llantas de muelles pequeños, en parques recreativos, etc.
- Utilización de envases y embalajes ya usados
- Utilización de ciertos residuos como materia prima para la producción de otros bienes de consumo (ejemplo: aserrín, viruta, limadura de fierro)

REAPROVECHAMIENTO

Recuperación de materiales (reciclaje)

- Opción de reprocesamiento interno (generalmente en la fuente de generación: fábricas que utilizan vidrio, plásticos, metales)
- Recuperación en sitios diseñados para tal efecto (plantas industrializadoras o recicladoras)
- Recuperación en algunas de las etapas del ciclo de residuos sólidos

(Muy recomendable)	_____	En la fuente de generación
(Con mayor	_____	En la recolección
dificultad)	_____	En estaciones de transferencia
	_____	En el relleno sanitario

SISTEMA DE INGENIERIA PARA RECUPERACION DE RECURSOS Y ENERGIA.

Se requiere llevar a cabo estudios de:

- Cantidad de residuos generados
- Caracterización (física, química, bacteriológica)
- Composición (tipos de subproductos y porcentaje)
- Mercado

Antes de todo se debe llevar a cabo un estudio de factibilidad técnica y economía del posible reaprovechamiento de los residuos sólidos, considerando los costos de inversión de: la infraestructura; de operación y mantenimiento; de la comercialización, y los precios de venta de subproductos recuperados.

Los principales sistemas de ingeniería para recuperación de recursos y energía son:

Técnicas de procesamiento

(Preparación para la recuperación y/o obtención de energía)

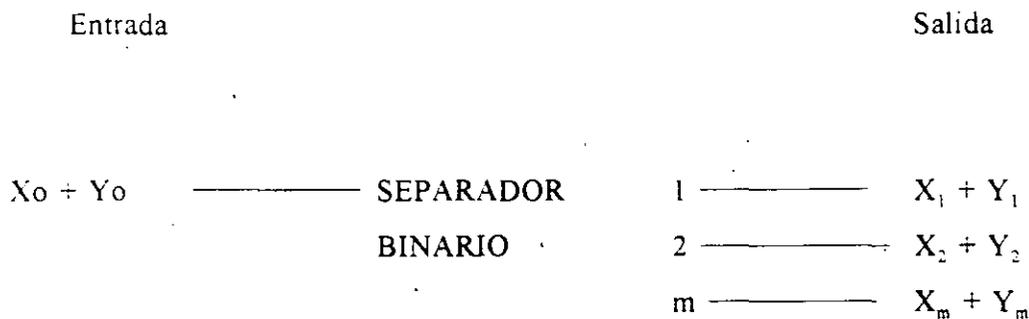
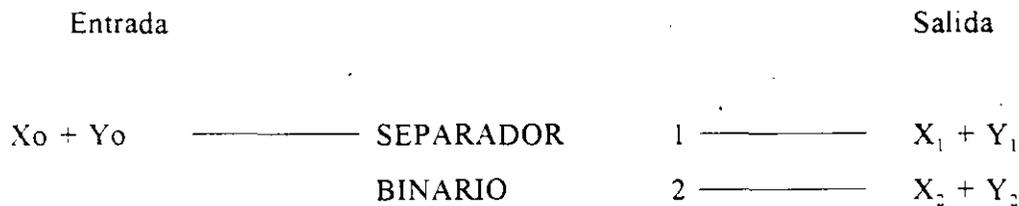
1. Alteración mecánica de forma y tamaño

El objetivo es uniformizar y homogeneizar los residuos mediante equipos mecánicos tales como molinos mecánicos con el fin de prepararlos para otros procesos de separación de subproductos.

SEPARACION MECANICA DE COMPONENTES

Se efectúa a través de equipos se separan de manera binaria (residuo de dos clases) o polinaria los residuos

Separación binaria



Separación Magnética y Electromagnética

Separación de materiales ferrosos y no ferrosos. A través de dispositivos, generalmente rodillos

magnetizados para atraer los materiales ferrosos y separar a los no ferrosos.

Secado y Deshidratado

En muchos sistemas de recuperación de energía e incineración, se requiere un presecado del material molido. Lo anterior se lleva a cabo en equipos secadores con temperatura elevada que mantienen a los residuos un tiempo suficiente para prácticamente deshidratarlos.

SISTEMAS PARA RECUPERACION DE MATERIALES

Se trata de plantas industrializadoras o recicladoras de los residuos sólidos. Ejemplo, planta industrializadora de San Juan de Aragón en el D.F.

SEPARACION MANUAL	MOLIENDA GRUESA	SEPARACION MAGNETICA	COMPOSTAJE	MOLIENDA FINA
----------------------	--------------------	-------------------------	------------	------------------

RECEPCION

Recuperación de productos por conversión biológica

La recuperación de productos por conversión biológica incluye:

- Compostaje
- Metano (Gas combustible)
- Proteínas y alcoholes
- Otros componentes orgánicos

Recuperación de productos por conversión térmica

Proceso:	Producto:
- Combustión (incineración)	- Energía en forma de calor o electricidad
- Gasificación	- Gas de baja energía
- Oxidación húmeda	- Ácidos orgánicos
- Reformación de vapor	- Gas de energía media
- Pirolisis	- Gas de energía media, combustible líquido, combustible sólido

INCINERACION

Es un método que se considera como disposición de los residuos sólidos: en realidad se reduce el volumen y la cantidad de residuos hasta alrededor de 5% que quedan como cenizas las cuales se deben disponer en rellenos sanitarios.

La incineración también se ocupa en condiciones favorables para producir energía eléctrica a través de un sistema de calentamiento de agua para producir vapor, que sometido a presión, pone en funcionamiento generadores de energía eléctrica.

La incineración se lleva a cabo a través de la combustión de los residuos sólidos. Para efectuar una combustión es necesario incrementar la temperatura de los residuos hasta un punto denominado **TEMPERATURA DE INFLAMACION**. Una vez encendidos el calor de la reacción mantendrá una porción del material restante en su temperatura de inflamación y continuará ardiendo hasta que se consuma totalmente.

Cada sustancia combustible tiene una temperatura de inflamación definida. Para algunas sustancias como el fósforo la temperatura de inflamación es relativamente baja, mientras para otros, como el hierro, es bastante alta. Las temperaturas que se alcanzan en los incineradores son superiores a los 700°C. Alcanzando algunos más de 1100°C.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

SISTEMAS DE SEPARACION Y ACOPIO DE
SUBPRODUCTOS EN LA FUENTE, PARA
SU RECICLAJE, REUTILIZACION Y REUSO

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

SISTEMAS DE SEPARACION Y ACOPIO DE SUBPRODUCTOS EN LA FUENTE, PARA SU RECICLAJE Y REUSO

MARCO DE REFERENCIA

Actualmente la disposición final de los residuos sólidos se ha convertido en un verdadero problema, en las grandes urbes como es el caso de la ciudad de México, ya que el acelerado crecimiento poblacional, y los cambios que se han presentado en las últimas décadas en los hábitos de consumo, han provocado un incremento considerable de la generación de residuos sólidos y por tanto la cantidad de basura que se dispone en relleno sanitario satura rápidamente su capacidad, así mismo los lugares dónde ubicar nuevos sitios de disposición final escasean teniendo que ubicarlos cada vez más alejados de la zona urbana, lo que acarrea que se incrementen los costos de transporte y disposición final. Tal situación ha llevado a que los investigadores y profesionistas en materia de residuos sólidos se avoquen a la búsqueda de nuevas alternativas de tratamiento para reducir la cantidad de basura, que llega a los rellenos sanitarios, siempre, con la mentalidad de la conservación de los recursos naturales y la reincorporación de los materiales a los procesos naturales y productivos.

ESTADO DEL ARTE EN EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS

Según el estado del arte que prevalece en la actualidad, en cuanto al tratamiento de los residuos sólidos es posible identificar los siguientes procesos o sistema de tratamiento:

* Separación y recuperación de subproductos	
* Composteo	
* Incineración (*)	Convencional Alta temperatura Lecho fluidizado
* Digestión anaerobia	

· Oxidación
· Hidrogenación
· Deshidratación y producción de alimento para animales
· Pirólisis
· Reducción de volumen

(*) Con o sin recuperación de energía

De las cuales la separación y recuperación de subproductos, el compostaje y la incineración ha sido hasta la fecha los sistemas de tratamiento de mayor aceptación y demanda en el mundo. En lo que se refiere a la pirólisis, la digestión anaerobia, la deshidratación y producción de alimento están teniendo, actualmente una mayor aceptación. Las restantes alternativas de tratamiento se encuentran en etapa experimental, contando con poco tiempo de estarse utilizando, por lo que aún no se cuenta con resultados definitivos, que permitan ser empleados en los sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos.

Las tendencias en los Estados Unidos, son las de establecer, programas de reciclaje y compostaje. En ciertos casos, estos programas se tienen que establecer por razones legislativas. En otros casos estos programas, se establecen porque se trata de disminuir en el relleno sanitario los volúmenes enterrados, otra presión la ejercen las organizaciones ecologistas que forzan a las municipalidades a que "protejan el medio ambiente y reciclen".

A continuación se muestran el número de programas y/o plantas que se han establecido en Estados Unidos entre 1988 y 1992.

PROGRAMA	1988	1992
Relleno sanitario	8,000	5,386
Plantas incineradoras	136	169
Recolección de materiales segregados	1,050	5,404
Compostaje de residuos de jardinería	651	2,981
Plantas de reciclaje	30	900

Tabla No. 1

Lo importante del dato reportado con respecto a rellenos sanitarios, es que varios de estos fueron clausurados.

El incremento, en cuanto a, plantas incineradoras es moderado y se puede atribuir principalmente a los altos costos de inversión y operación que involucran, y además que aún no son muy bien aceptados por la población.

Sin embargo, el aumento en la cantidad de programas establecidos para la recolección de materiales segregados es considerable y lo mismo ha ocurrido con los programas de composteo y con las plantas de reciclaje.

Esta tendencia es similar en Europa. La diferencia, más pronunciada entre los Estado Unidos y los países de Europa, es que los europeos están tratando de establecer sistemas para la recolección de la materia orgánica separada. El propósito de esta separación adicional, es la de producir una composta más fina, de la que producen cuando todos los materiales están mezclados. Alemania, es uno de los países que tienen reglas bastantes estrictas con respecto a la calidad de la composta, también los países europeos presentan una tendencia marcada a la incineración para recuperar energía por la escasez de energéticos como el petróleo.

En la Tabla No. 2, se muestran los principales sistemas de tratamiento empleados en el mundo.

**TENDENCIA DE UTILIZACION DEL RELLENO SANITARIO EN LAS TECNICAS
DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS MAS COMUNES, EN PAISES CON ALTO
DESARROLLO EN EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS**

PAIS	RELLENO SANITARIO	OPCIONES DE AROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS				COMENTARIOS
		INCINE- RACION	COMPOS- TEO	RECICLAJE	OTROS	
E.U.A.	73 %	14 %	1 %	12 %	---	ALTA DEMANDA DEL RELLENO SANITARIO
JAPON	27 %	25 %	2 %	46 %	---	GRAN PARTE % RECI- CLO SE UTILIZA PARA INCINERACION, SE INCLUYEN EN RECICLAJE ESCOMBROS Y OTROS MATERIALES
ALEMANIA	52 %	30 %	3 %	15 %	---	UTILIZACION IMPORTAN- TE DE RELLENO SANITARIO Y ELEVADO % DE RECICLAJE
FRANCIA	48 %	40 %	10 %	<3 %	---	IMPORTANTE UTILIZA- CION DE LA COMPOSTA E INCINERACION
SUECIA	40 %	52 %	5 %	<4%	---	EXTENSIVA UTILIZACION DE LA INCINERACION
MEXICO	94.0	---	---	6.0	---	ALTA DEMANDA DEL RELLENO SANITARIO

Tabla No. 2

VOCACION DE LOS RESIDUOS

Lo descrito anteriormente nos lleva a pensar en la forma de optimizar cada uno de los sistemas de tratamiento, estableciendo una clasificación de los subproductos en base a su vocación, conociendo sus características físico-químicas, lo que posibilita su reincorporación a los procesos productivos.

REUTILIZACION Y RECICLO	REUSO PARA MANUFACTURAS ALTERNAS	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ALIMENTICIOS Y SIMILARES	RECUPERACION DE ENERGIA	CONFINAMIENTO
Cartón	Loza y cerámica	Hueso	Algodón	Abatelenguas
Lata	Material de construcción	Residuo alimenticio	Cuero	Jeringas
Material Ferroso	Papel	Residuo de jardinería	Envases de cartón	Toallas sanitarias
Papel	Papel periódico		Fibra dura vegetal	Vendas
Papel Periódico	Plástico de película		Fibra sintética	Otros
Plástico de película	Neopreno (llantas)		Gasa	
Plástico rígido	Plástico rígido		Madera	
Vidrio de color	Hule		Papel sanitario	
Vidrio transparente	Poliuretano		Pañal desechable	
	PVC		Trapo	
	PET		Cartón	
			Papel	
			Papel periódico	

Tabla No. 3

El criterio para establecer la vocación genérica de los recursos se basó principalmente en los siguientes conceptos.

Reciclo: Reincorporación de los residuos sólidos como materia prima al mismo proceso que lo generó.

Manufacturas alternas: Proceso de transformación, en el cual los residuos son empleados como materia prima en otro proceso diferente para el cual fue creado.

Aprovechamiento de residuos alimenticios: Involucra principalmente el proceso en el cual los

residuos alimenticios se transforman por medio de la biodegradación en un producto parecido al humus. También pero en menor proporción el residuo alimenticio es empleado para la producción de alimento para animales.

Recuperación de energía: Proceso de transformación en el cual son incinerados los residuos sólidos con la finalidad que se recupere la energía que se libera durante el proceso de combustión y emplearla en algún otro proceso que la requiera.

Confinamiento: El depósito permanente de los residuos sólidos en sitios específicos, bajo condiciones sanitarias y controladas para evitar daños a los ecosistemas. De la misma forma se puede hacer una selección de los subproductos que demanden cada uno de los otros sistemas de tratamiento con la finalidad de obtener mejores resultados.

CONSERVACION DE RECURSOS NATURALES

El principal objetivo de la implementación de cualquier sistema de tratamiento, como ya se había mencionado, es la conservación de los recursos naturales y la reincorporación de los materiales a los procesos naturales y productivos, de ahí la importancia de mencionar los siguientes indicadores que nos muestran con claridad la relevancia de reciclar.

- Una tonelada de papel, hecha enteramente de papel reciclado, ahorra 17 árboles y da suficiente energía para una casa por 6 meses.
- Un galón de aceite puede producir 2.5 cuartos de aceite de lubricación con una tasa del 63% de recuperación.
- La misma energía requerida para producir una lata de material crudo, produciría 20 latas usando aluminio reciclado.
- Además al reciclar el aluminio se reduce en un 95% la producción de contaminantes.

Más de 60% del vidrio que se produce se usa como envase, si se incrementara el uso de envases retornables se podría llegar a reducir de un 40% a un 50% los residuos que se disponen en relleno sanitario.

Las fábricas de vidrio pueden realizar un ahorro de energía arriba del 25% usando vidrio reciclado.

La industria de aluminio estima que el 95% de ahorro de energía, se alcanza a conservar a través del reciclado, obteniendo aproximadamente 7.5 kilowatts hora de electricidad por cada libra de metal reciclado. En 1981, esto resultó en un ahorro total de aceite crudo para los E.U., de casi 19 millones de barriles de aceite, La energía ahorrada de latas de aluminio reciclados durante este año, fue suficiente para suministrar toda la energía anual necesaria para la ciudad de Boston.

En suma a la energía ahorrada, se estima que 272 billones de latas de aluminio recuperadas durante los 80's ahorró 2 billones de ft³ de espacio de relleno sanitario.

Los beneficios del uso de chatarra de carro y de fierro en vez de materia virgen para hacer acero nuevo son:

- 74% Ahorro de energía
- 90% Ahorro en uso de materiales de energía
- 86% Reducción en contaminación de aire
- 40% Reducción de uso de agua
- 76% Reducción en contaminación de agua
- 97% Reducción en residuos

Se estima que el ahorro de energía que se alcanza para manufacturas con productos de chatarra no ferrosa es la siguiente:

Aluminio	95%
Cobre	85%

Plomo	65%
Zinc	60%

SITUACION ACTUAL

Los diferentes rubros que integran la vida de la ciudad de México generan aproximadamente 11,000 toneladas al día de residuos sólidos (Ver Gráfica No. 1) con una tendencia constante en el incremento de los residuos a manejar. Ahora considerando que es mínima la recuperación que existe actualmente y que esto es debido principalmente a la falta de infraestructura adecuada, y a la falta de interés y participación de la población, resulta necesario y prioritario iniciar programas integrales sobre el tratamiento de los residuos sólidos.

Recientes estudios han arrojado datos sobre la participación ciudadana en programas de reciclaje, el cual alcanza un máximo de un 10%, este valor tan bajo se atribuye al desconocimiento por parte de la población del tipo de subproductos que se puede reciclar, a la falta de espacios en las casas-habitación y a la falta de una conciencia ecológica, que permitirá enfrentar adecuadamente la problemática que acarrea el manejo de la basura en una ciudad como lo muestra.

En el Distrito Federal existen programas incipientes sobre el manejo integral de los residuos sólidos en algunas fuentes, como es el caso del Hospital Militar que lleva a cabo en su manejo interno una recolección segregada, con la finalidad de obtener los subproductos de mejor calidad y posteriormente comercializarlos, lo que principalmente reciclan es vidrio, cartón y papel, además la recuperación del residuo alimenticio del comedor de médicos y empleados y de la cocina, es vendido a granjas del Estado de México como alimento para ganado. En el Hospital de la Raza, así como en otros hospitales, se recicla el cartón y algo de vidrio proveniente principalmente del almacén. La Central Camionera del Norte recupera regularmente vidrio y esporádicamente el residuo alimenticio.

Toda esta problemática nos lleva a la necesidad de conocer con mayor precisión la composición de la basura y su porcentaje en peso, para la implementación de cualquier programa de reciclaje o en si para cualquier sistema de tratamiento.

Retomando la clasificación de los subproductos en base a su vocación, ya anteriormente mencionada, y analizando la composición de la basura que se genera en la Ciudad de México, podemos obtener el siguiente potencial de aprovechamiento, que se muestra en la Gráfica No. 2.

Desglosando la composición por fuente y conociendo los subproductos susceptibles de ser recuperados, podemos obtener el potencial de reciclamiento por rubro como se muestra en la Gráfica No. 3.

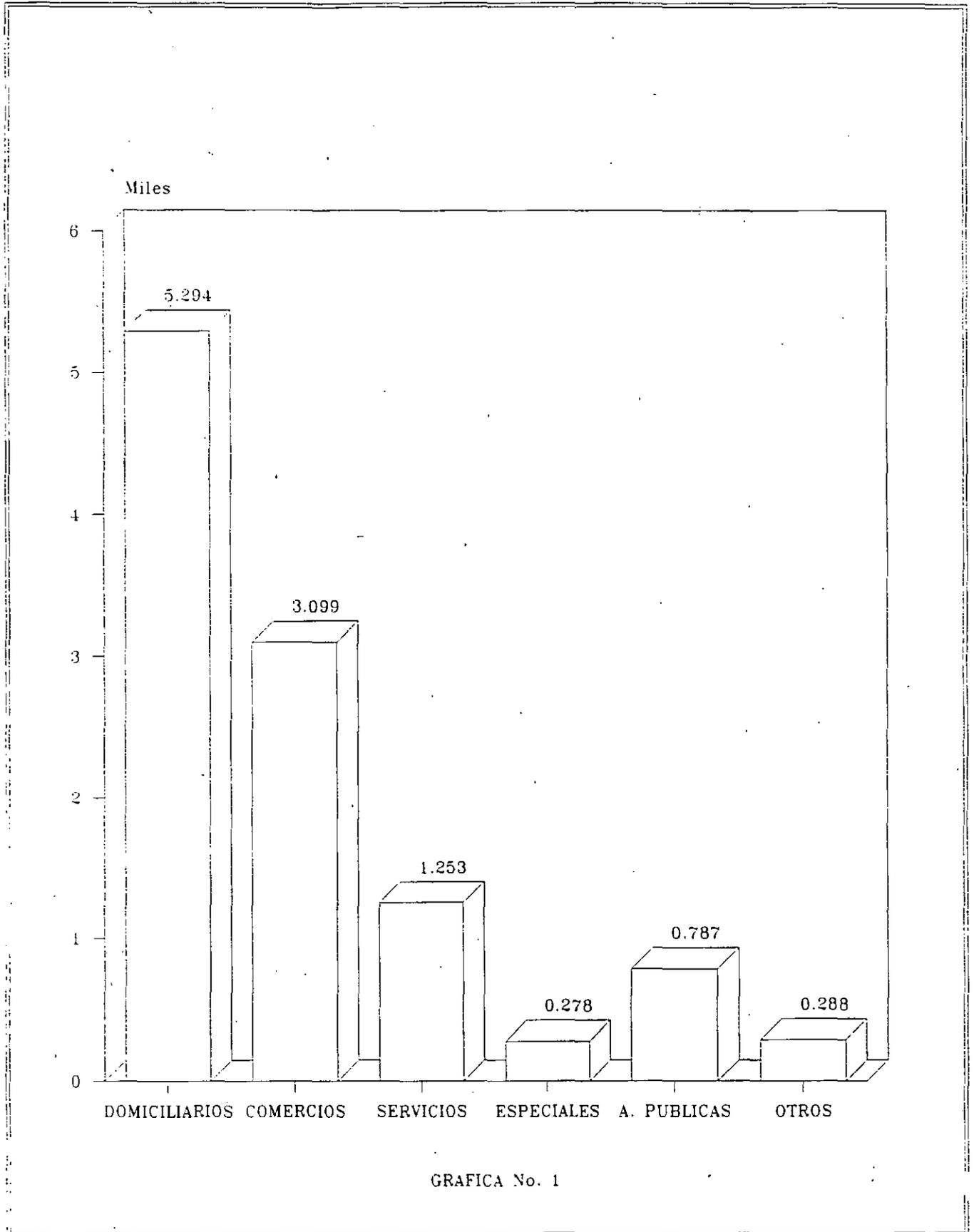
Antes de establecer el sistema de acopio de los subproductos reciclados, debe quedar claro primeramente, como la industria requiere le sean entregados los subproductos, así como la capacidad de la industria recicladora.

A continuación se muestran las opciones de cada uno de los principales subproductos susceptibles de ser reciclables:

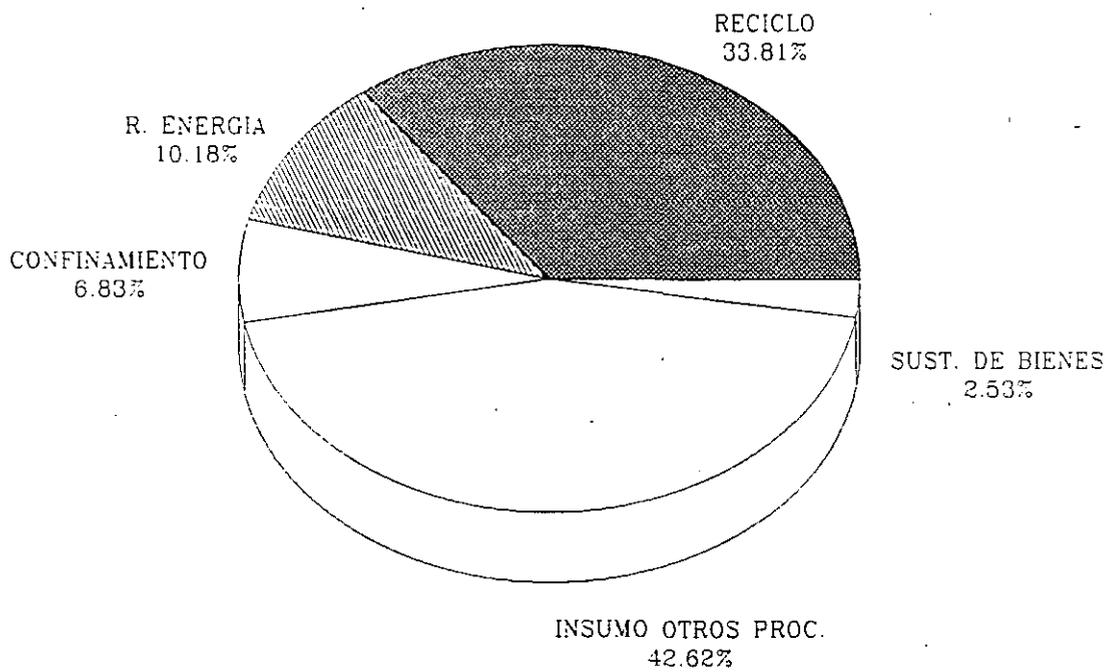
I. CARTON: Opciones

- I. 1. Kraft corrugado sin impresión (café)
- 2. Kraft corrugado con impresión (café)
- 3. Plegadizo
- 4. Revoltura

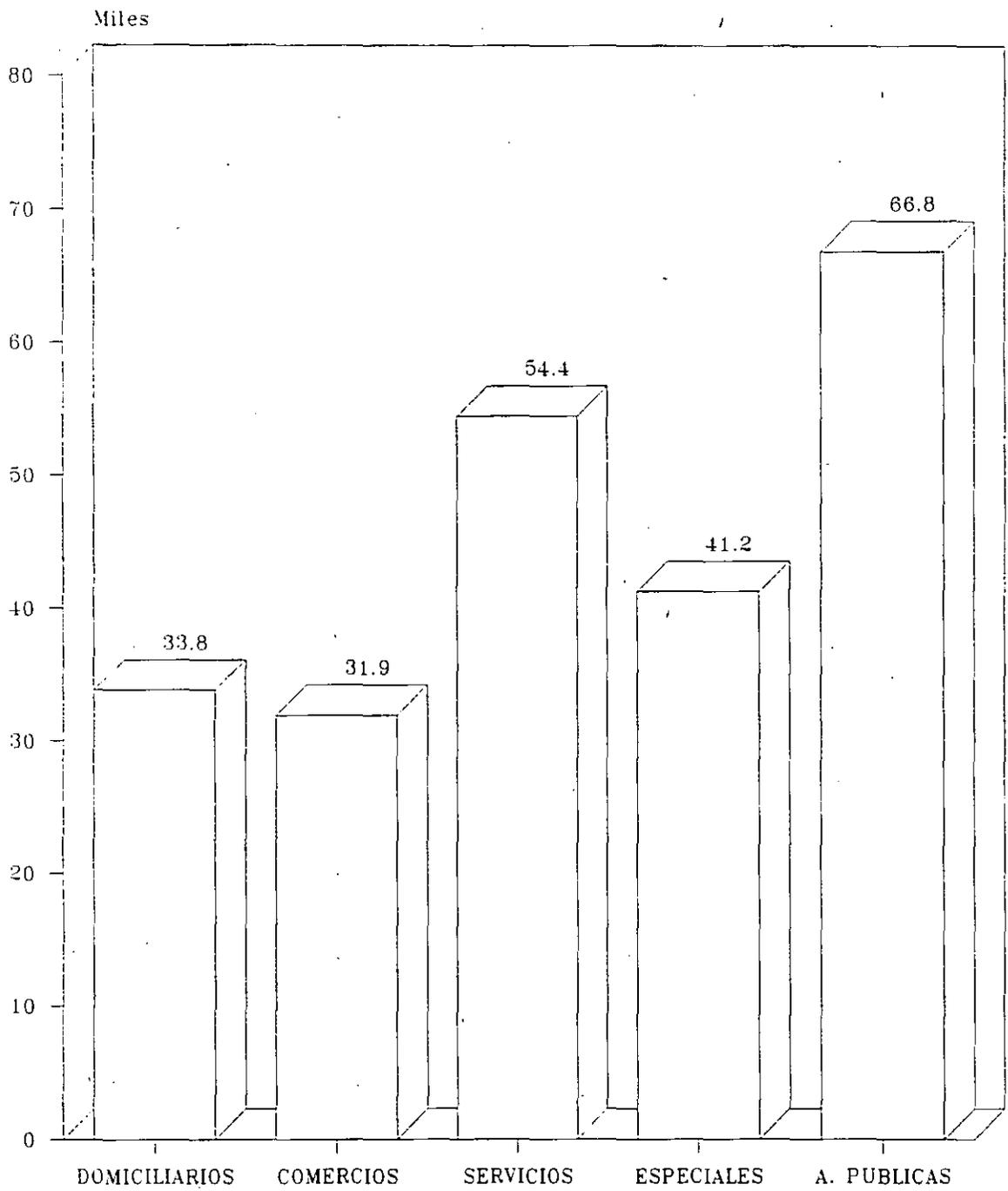
- II. 1. Kraft Cajas de cartón corrugado usadas nuevas y su pedacería fabricadas con papel semi-kraft.
- 2. Bolsa No. 1 Recortes de bolsas, bolsas enteras y pedacería, nuevas, fabricadas 100% kraft sin hilo.
- 3. Bolsa No. 1 Recortes de bolsas, bolsas enteras y pedacería, nuevas, fabricadas 100% kraft con hilo.



GRAFICA No. 1



GRAFICA No.2



GRAFICA No. 3

4. Bolsa No. 2 Bolsas de papel kraft usadas, rotas o su pedacería sacudida con o sin costura.

5. Revoltura Mezcla de tipos de cartón incluyendo cartón combinado con otros materiales como películas plásticas y otros recubrimientos,

III. Café:

1. A) Bolsas y sacos (post-industriales)
B) Bolsa y caso (post-consumidor)
C) Cajas usadas

2. Gris:

- A) Cartoncillo
- B) Caple

3. Revoltura

Todo tipo de cartón

Incluye cartón combinado con otros materiales como películas plásticas y otros recubrimientos.

IV. 1. Kraft

- Corrugado
- Liso

2. Semi-Kraft

- Corrugado

· Liso

3. Gris o Revoltura

V. 1. Combinado

· C/imp. corrugado

· S/imp. liso

2. Sin combinar

· C/imp. corrugado

· S/imp. liso

2. PAPEL: Unica opción

- 1) Archivo blanco

2) Periódico

3) 1a. blanca

4) Revista

5) 2a. Pinta

6) 2a. blanca

7) Revoltura

8) Forma continua

9) Archivo color

PLASTICO: Unica opción

1. Rígido y espumado (envases en general)

· Poliuretano

Poliuretano AD

- Poliuretano BD
- PVC
- PET
- Polipropileno
- Poliestireno

2. Película (bolsa y envolturas)

- Polietileno AD
- Polietileno BD
- PVC
- Acetato celulosa (otros)
- Polipropileno

3. Otros (juguetes, perfiles, cables, cordones, tuberías, tapas)

- Polietileno
- Pet
- PVC

4. VIDRIO: Unica opción

1. Pieza completa, facturada o pedacería (excepto loza y cerámica)

- Transparente o blanco ambar
- Verde (georgia y esmeralda)
- Otros colores

2. Botella entera no fracturada (mediana o familiar)

- Refresco
- Cerveza

5. LATA: Unica opción

- 1) Bote aluminio
- 2) Bote hojalata

6. TRAPO: Unica opción

- 1) Algodón
- 2) Sintético

7. MATERIAL FERROSO: Unica opción

- 1) Lámina 1ra.
- 2) Lámina 2da.
- 3) Lámina 2da. carrocería
- 4) Fierro
- 5) Chatarra de 2da.
- 6) Chatarra de 3ra.
- 7) Rebaba acero
- 8) Rebaba hierro

8. MATERIAL NO FERROSO: Unica opción

- 1) Aluminio Lámina
- 2) Aluminio otros (chatarra, perfiles)
- 3) Cobre

4) Bronce

5) Otros (latón, lámina, litográficas, envases spray aluminio, envase pasta dental)

9. ENVASES DE CARTON: Unica opción

1) Tetra-pak

2) Tetra-brik

3) Tetra-rex

10. MADERA: (pedacería)

1) Pino y oyamel (Trozos no menores 10 cm.)

2) Cedro

3) Caoba

11. HUESO: Unica opción

12. OTROS Unica opción

1) Tambos metálicos

2) Lámina negra

3) Zapatos y tenis

4) Manguera negra o hule

5) Borra

6) Llantas

PROPUESTA DE EQUIPO PARA EL ACONDICIONAMIENTO

Se recomienda efectuar estudio de factibilidad para su obtención, ya que existen subproductos que no requieren un grado de limpieza importante, que en caso contrario el precio sería muy castigado o no lo comprarían, se sugiere se contemple lavadoras para 3 tipos de subproductos:

Plásticos

Vidrios

Textiles

Plásticos: El mercado actual del plástico se basa principalmente en la recuperación post-industrial por el grado de limpieza del mismo.

Existe rechazo para la recuperación del post-consumidor, ya que la actual tecnología, se basa en subproductos que deben encontrarse limpios y sin contaminantes. Las pocas lavadoras utilizadas son rudimentarias lo que produce un incremento significativo en costo.

Se incrementa su precio de venta hasta N\$ 0.10 a 0.15 Kg. para ser lavado se requiere molerlo.

Vidrio: La empresa más importante de recuperación de vidrio (Vitro, S.A.) tiene actualmente equipos obsoletos y poco eficientes, así como el problema de envases de aguas residuales (debido a los contaminantes del vidrio), por lo anterior están dispuestos a cerrar sus lavadoras y comprar cullet lavado.

Para reducir costo de almacenamiento y fletes, se recomienda triturar el vidrio una vez que ha sido separado por color (molino).

Llantas: Considerando la problemática existente en los sitios de disposición final y ante el hecho de que actualmente no existe recuperación (sólo vulcanizado de llantas en buenas condiciones), es recomendable impulsar el aprovechamiento de las mismas, empleando un triturador.

Esto pudiera ser posible, en el caso de coordinación con la planta de asfalto del D.D.F. en términos de autoconsumo gubernamental y a la vez considerar la posibilidad de venta a empresas recuperadoras de negro de humo.

La madera es un elemento importante para la elaboración de composta, para integrarla a este proceso se requiere de un triturador.

Las necesidades comerciales determinan el tamaño de las compactadoras hasta el momento se han identificado las siguientes:

- Envases de leche: Pacas de 80 a 100 Kg.
Pacas mayores de 200 Kg.
- Cartón y papel: Pacas de 700 a 900 Kg.
Pacas de 700 a 1,500 Kg.
- Plástico película Pacas de 80 a 100 Kg.
- Plástico rígido Pacas de 500 a 1,000 Kg.

Textiles: Requieren presentarse limpios, ya que no los adquieren contaminados.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA RECUPERACION

- Hueso no recomendable su recuperación por no cumplir especificaciones de compra.
- Madera, este subproducto no esta contemplado para recuperarse, sin embargo se recomienda hacerlo, ya que cuenta con un importante mercado.
- Bronce, subproducto que no esta considerado para recuperar pero existe mercado.
- No se contemplaron para su recuperación, sin embargo existe mercado para los siguientes tipos de subproductos: lámina negra, tambos metálicos, zapatos y tenis, borra y manguera negra. Cabe mencionar que el mercado de zapatos y tenis es de reutilización, lo que implica que su recuperación sea por pares, y de no ser así se recomienda separarlos por partes y estas canalizarlas a los diferentes tipos de subproductos que correspondan.

Así mismo las categorías de lámina negra y tambos metálicos deberían estar comprendidos

en el rubro de material ferroso y recuperarse bajo este mismo rubro.

Llantas, subproducto que por su alto nivel de contaminación es necesario recuperar, aun cuando no cuente con mercado; y a este respecto se recomienda concertar y fomentar su reuso, por ejemplo en las planta de asfalto, convocatorias u otras opciones.

Borra no se considera para recuperación pero si cuenta con mercado siempre y cuando vaya limpia por haber sido usada como relleno de colchones o muebles, esto es sin haberse contaminado con otros residuos.

COMERCIALIZACION DE MATERIALES RECICLABLES

TIPOS DE MERCADOS

- a) Recolectores,
- b) Acondicionadores,
- c) Corredores independientes o intermediarios,
- d) Usuarios finales.

DESARROLLO DE MERCADOS

- a) Búsqueda de compradores,
- b) Fuentes de información sobre mercados,
- c) Encuesta de mercado,
- d) Composición de los RSM,
- e) Capacitación de personal.

NEGOCIACION DE CONTRATOS

- a) El reciclaje está sujeto a las fuerzas del mercado,
- b) Elementos de un contrato,

c) Especificaciones de los materiales,

d) Calidad,

e) Cantidad,

f) Forma de presentación,

- Limpieza/lavado,
- Selección,
- Densificación.

A título de ejemplo, las siguientes son las formas de presentación de los materiales reciclables, utilizadas actualmente en Iowa, EUA:

Aluminio	densificado, en pacas de 1,500 lb
Cartón corrugado	empacado, en pacas de 1,000 lb
Papel mixto de oficina	empacado, en pacas de 1,000 lb
Papel periódico	empacado, en pacas de 1,000 lb
Vidrio	separado por colores en cajas gaylord
Metales, ferrosos	variable, checar con chatarreros
Metales, no ferrosos	variable, checar con chatarreros
Plásticos, PEAD	en pacas de 900 a 1,000 lb o granulado
Plásticos, PET	en pacas de 900 a 1,000 lb o granulado
Aceite de motor	variable, libre de contaminantes
Textiles	empacados o en cajas
Residuos de jardín/composta	aún no se ha determinado
Electrodomésticos	sin condensadores con PCB.

g) Transporte,

h) Calendarización,

i) Duración del contrato,

j) Precio,

k) Pagos,

l) Servicios especiales,

m) Carta de intención.

LOS MERCADOS Y LA ECONOMIA LOCAL

- a) Desarrollo de la comunidad,
- b) Tendencias a largo plazo en los mercados de materiales reciclables,
 - Manejo del volumen,
 - Estimulos a la demanda.

CAPACIDAD DE LA INDUSTRIA

Es importante resaltar en este punto la capacidad de la industria recicladora, a través del siguiente cuadro que muestra la oferta y la demanda de los principales subproductos susceptibles de ser recuperados.

SUBPRODUCTOS RECICLABLES	OFERTA (TON/MES)	DEMANDA/REQUERIMIENTOS (TON/MES)
CARTON	1,472	7,125
PAPEL	3,973	5,146
LATA	592	601
PLASTICO	4,040	563
VIDRIO	1,296	1,786
OTROS	402	3,919
TOTAL	11,775	19,140

SELECCION DE COMPRADORES Y NEGOCIACION DE CONTRATOS DE COMERCIALIZACION

1. Contratos a largo plazo vs. corto plazo
2. Acondicionamiento Previo de los Materiales
3. Presentación del material
4. Embalaje
5. Especificaciones y Entregas
 - a) Peso,
 - b) Bonificación por entrega,
 - c) Contaminación.
6. Calendarización y estructura de tarifas
 - a) Embarques,
 - b) Precios,
 - c) Duración del contrato,
 - d) Pagos.
7. Referencias del comprador

USOS DE LOS MATERIALES SECUNDARIOS

- Aluminio
- Cartón corrugado

- Metales ferrosos
- Papel de oficina
- Papel periódico
- Plásticos:
 - PET
 - PEAD
 - Plásticos mezclados
- Vidrio
- Llantas viejas
- Otros materiales secundarios:
 - Asfalto usado
 - Aceite quemado
 - Textiles
 - Solventes
 - Concreto
 - Cenizas
 - Yeso
 - Residuos de Jardinería

PROYECTOS PARA EL DESARROLLO DE MERCADOS DE MATERIALES SECUNDARIOS

1. Intercambio de Información,
2. Directorio de la Industria del Reciclaje,

3. Boletín sobre el Comportamiento del Mercado de Subproductos,
4. Banco de Datos,
5. Difusión de los Programas de Asistencia,
6. Centro de Información y Asistencia Técnica,
7. Análisis de Incentivos para los Mercados,
8. Promoción de los Productos Reciclados,
9. Ampliación del Area de Comercialización,
10. Centros de Acopio y Acondicionamiento Poblacionales y Delegacionales,
11. Coordinación de Mercados.

ESTIMULOS TECNICOS Y ECONOMICOS PARA EL DESARROLLO DE LOS MERCADOS DE SUBPRODUCTOS

1. Incentivos Fiscales,
2. Asistencia Financiera,
3. Desarrollo Empresarial,
4. Asistencia Técnica,
5. Compras Gubernamentales de Productos Reciclados,

6. Promoción y Motivación de los Consumidores,
7. Coordinación de Factores de Mercado,
8. Legislación y Reglamentación,
9. Eliminación de Barreras,
10. Concentración de Acciones.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

SISTEMA CENTRALIZADO DE SEPARACION
Y SEGREGACION

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

RECUPERACION EN PLANTA

Todas las recomendaciones mencionadas anteriormente desde las condiciones en que deben ser entregados los subproductos a la Industria y el equipo empleado hasta su comercialización son las mismas que deben ser consideradas para la recuperación en planta.

Una de las ciudades que ha logrado desarrollar un importante sistema en el manejo de los residuos sólidos en Brasil, es el Estado de Río de Janeiro.

La ciudad de Río, por ser un punto turístico ha requerido paralelamente se desarrolle una infraestructura de servicios. En lo que se refiere a residuos sólidos el manejo de éstos, está bajo la responsabilidad de la empresa paraestatal COMLURB, la cual se encarga de la recolección municipal, la limpieza de playas y lugares turísticos, la transferencia, el tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos generados en la ciudad.

Es importante destacar que la COMLURB ha desarrollado programas comunitarios, encaminados a la limpieza en lugares de difícil acceso con los cuales ha resuelto una gran parte de la problemática que representa dar el servicio en éste tipo de zonas.

La COMLURB está totalmente inmiscuida en el Programa de Recuperación del Ecosistema de la Bahía de Guanabara y por eso ha encaminado sus esfuerzos en la búsqueda de nuevas soluciones para el problema de la disposición final de los desechos producidos en la Ciudad de Río de Janeiro.

Teniendo en vista interrumpir la disposición de residuos en el Relleno Sanitario de Gramacho, la compañía realizó la construcción de Plantas de Reciclaje y Compostaje de desechos. El método consiste en el reaprovechamiento de materiales orgánicos e inorgánicos (vidrio, papel, cartón, metales) y la transformación de residuos orgánicos en abono, es decir la composta orgánica de la COMLURB.

Este proceso fue iniciado en 1977, cuando entró en operación la Planta de Irajú. La cual tiene

una capacidad de 350 toneladas/día. El porcentaje de recuperación que alcanza es de 2.5% de subproductos reciclables para dar continuidad al programa, se construyó la Planta de Cajú, que se encuentra en operación. Adicionalmente están en proceso la construcción de tres plantas más: Jacarepagua, Misiones y Santa Cruz.

La Planta de Reciclaje y Compostaje de Cajú se ubica en un predio de aproximadamente 10 hectáreas donde se localizo el relleno sanitario ya clausurado, en la playa del Retiro Saudoso, en la punta de Cajú. La superficie construida es de alrededor de 9,350 m² y cuenta con cerca de 500 empleados, de los cuales 20 son personal administrativo y técnico, 100 cumplen actividades de mantenimiento y control, mientras los 380 restantes se dedican a la recuperación de materiales reciclables.

El área administrativa de la planta de tratamiento, incluye cubículos y salas de funcionarios; vestidores para hombres y mujeres, comedor, y auditorio.

La unidad de control cuenta con dos básculas de 60 toneladas de capacidad, así como una caseta.

El patio de maniobras para ambos módulos tiene una superficie aproximada de 3,500 m².

La fosa de recepción para cada módulo, tiene un frente de descarga para 6 vehículos simultáneamente. La capacidad de almacenamiento conjunta (de las fosas de recepción de ambos módulos) es de 3,200 m³ (1,200 ton/día).

El tromel de clasificación de materiales cuenta con 4 secciones. La primera sección tiene espacios con apertura de 30 mm ϕ para recuperar semillas de arroz, café y frijol. Las otras tres secciones cuentan con espacios que varían de 6 cm. X 10 cm. a 20 cm. X 30 cm., se utilizan para clasificar el material bajo las denominaciones siguientes:

- Material reciclable
- Material volante
- Material adherente

La Planta de Tratamiento de Basura de Caju recupera, en promedio, diariamente las siguientes cantidades de productos reciclables:

- 17 toneladas de papel
- 24 toneladas de cartón
- 12 toneladas de plástico de película
- 39 toneladas de plástico rígido
- 9 toneladas de vidrio
- 18 toneladas de trapo
- 21 toneladas de materiales ferrosos
- 3 toneladas de materiales no ferrosos
- De 400 a 600 kgs. de lata aluminio

En síntesis, se recuperan alrededor de 143 a 145 toneladas de materiales reciclables.

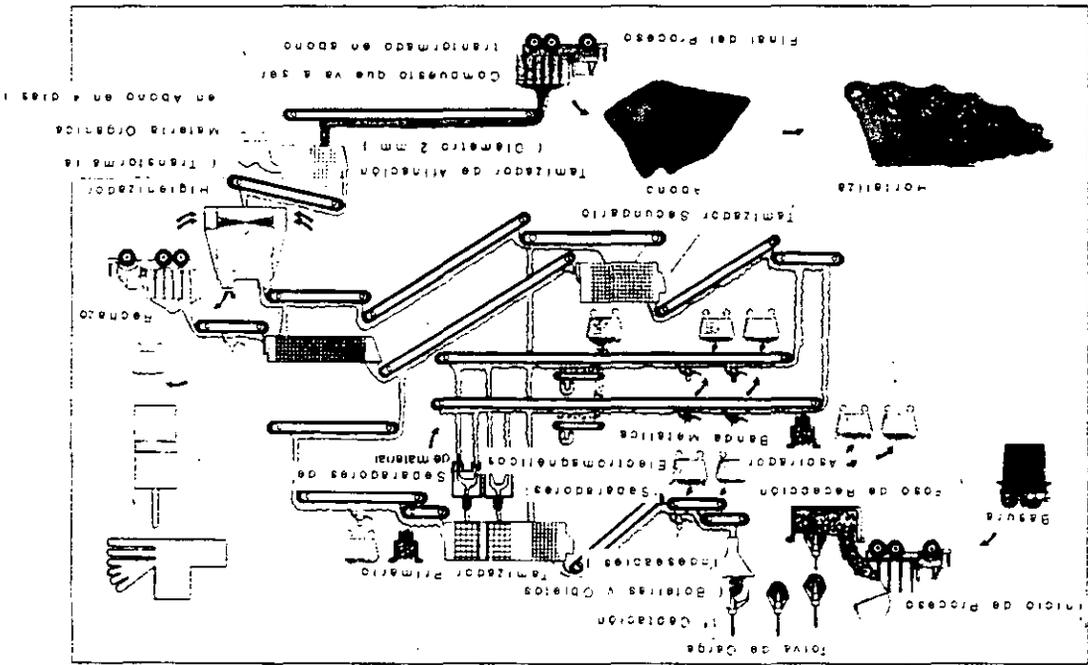
El tromel de trituración autógena tiene aberturas de 30 mm de diámetro.

El tiempo de residencia de la fracción orgánica dentro de los higienizadores, es aproximadamente de 96 horas, alcanzando temperaturas de hasta 70° C.

Del 100% de los residuos que recibe la planta, se recupera el 12% en reciclables, el 60% se destina para la elaboración de composta, generándose un 25% de rechazo que va al relleno sanitario, por lo que se deduce que un 3% se pierde en el proceso, por pérdidas de humedad.

El 50% de la basura que entra en la planta de tratamiento se destina para la fabricación de composta. Este porcentaje representa alrededor de 680 toneladas antes de entrar a los higienizadores, de donde salen alrededor de 600 toneladas a los patios de maduración, en los que después de 40 días se convierten aproximadamente en 400 toneladas de composta totalmente estabilizada.

**DIAGRAMA DE PROCESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS
SOLIDOS DE CAJU**



FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE CAJU

- El proceso de reciclaje y compostaje comienza con los camiones descargando los desechos a la fosa. Los residuos son transportados, a través de una grúa hidráulica, para las bandas de captación de botellas; enseguida son encaminados a través de bandas transportadoras para el interior de la rejilla primaria.
- La primera sección de la rejilla primaria está compuesta de orificios de 30 mm. de diámetro que permiten el paso de la materia orgánica (granos de frijol o alubias, polvo de café, etc.) que será encaminada a los digestores para la producción de abono.
- Hay tres secciones siguientes compuestas de orificios que varían de 6 X 10 cm. a 20 X 30 cm. Por estos orificios pasarán materiales (pilas, naranjas, etc.) adherentes (papel, plástico, trapo y restos de comida) que serán separados por los transportadores balísticos (bandas transportadoras inclinadas) que permiten que los materiales rodantes caigan en la parte inferior y los materiales adherentes en la parte superior.
- Los materiales rodantes caen en bandas de captación y los materiales adherentes en otras bandas.
En la banda de captación de los materiales rodantes y adherentes están instalados electroimanes que retiran los materiales ferrosos (latas, pilas y tapas de botella) encaminándolos para la prensa (acopamiento que permite la reducción del volumen en pequeños paquetes).
- Detrás de los electroimanes están colocados los captadores que retiran plásticos, papeles, envases de vidrio, cartón y aluminio, que dirigidos al primer piso de la planta, donde serán almacenados en contenedores y carretillas, para ser llevados posteriormente al área de almacenamiento de materiales reciclables para la comercialización.
- Los materiales que no pasaron por los orificios de la rejilla primaria son llevados para la banda de captación donde son retirados papeles, cartones y plásticos.

- Para completar la captación manual, un sistema neumático opera para aspirar fracciones leves de papel y plástico, está colocado en las bandas de materiales adherentes y los materiales que no pasaron de los orificios de la rejilla primaria.
- Los materiales orgánicos en la banda rodante y adherente son transportados para el interior de la rejilla secundaria, para retirarle la materia orgánica que será dirigida a los digestores para la producción del abono.
- El material que no pasa de la rejilla secundaria es transportada a la banda para el triturador autógeno junto con los materiales que no pasaron de la rejilla primaria.
- El triturador autógeno es un acopamiento cilíndrico con cuchillos internos, que a través del movimiento de rotación tritura la materia orgánica, permitiendo el paso a los orificios de 50 mm. al final del triturador. La materia orgánica que pasa de los orificios será conducida al digestor.
- Los materiales que no pasaron de los orificios serán conducidos al digestor, pasan a la última captación manual para la retirada de papeles y plásticos, siendo conducidos por bandas transportadores, hacia los camiones de la COMLURB, con destino al relleno sanitario. Estos materiales son inertes no causan problemas para el suelo y el medio ambiente.
- La materia orgánica que pasó de los orificios de las rejillas primarias, rejillas secundarias y del triturador autógeno, es conducida a través de transportadores de surcos, para los higienizadores. Esta materia orgánica permanece durante cuatro días con control permanente de temperatura para garantizar la eliminación patogénica, larvas y semillas dañinas.
- Después de 4 días, el abono es retirado de los higienizadores, a través de grandes tornillos (tipo arquimides) y dirigidos por bandas transportadores para la rejilla de afine con orificios de 22 mm.
- El abono que pasó de la rejilla es colocado en la fosa de maduración bajo la forma de surcos

-durante 40 días el cual es retirado a través de una máquina especial para garantizar sus cualidades.

- El procesamiento de la planta termina en la zona de refinado, como su nombre lo indica en el lugar donde se produce el abono refinado para la utilización en hortalizas y jardines.
- Con eso la Planta de Cajú, llega al final del ciclo ecológico, bajo la forma de abono, del alimento producido del campo y consumido por la Ciudad.

INTEGRACION DE UNIDADES DE PROCESO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

INCINERACION Y APROVECHAMIENTO DE ENERGIA

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

~~1. INTRODUCCION~~

La incineración de los residuos sólidos municipales es un proceso de tratamiento que consiste en la transformación de la fracción combustible de aquéllos en un producto gaseoso (fundamentalmente bióxido de carbono y vapor de agua), y un producto sólido relativamente inerte y libre de microorganismos por escorias y cenizas, en base a una combustión controlada vía oxidación a altas temperaturas. En la práctica, el producto gaseoso puede contener además otro tipo de compuesto, como son el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, ácido clorhídrico, etc., y aún compuestos tóxicos como pueden ser las dioxinas y ciertos metales pesados. Por su parte, las escorias generalmente están compuestas por materiales incombustibles, tales como latas, piedras, vidrios, residuos de construcción, etc.

Mediante la incineración de los residuos sólidos municipales, se logran los siguientes objetivos básicos:

- Reducción de volumen
- Destrucción de gérmenes patógenos
- En ciertos casos, recuperación de energía

Este método de tratamiento se presenta como una alternativa interesante cuando no hay disponibilidad de terrenos para sitios de disposición final, o bien éstos se encuentran localizados a distancias considerables de las fuentes generadoras.

A continuación se enlistan las principales ventajas y desventajas de la incineración de residuos sólidos municipales.

Ventajas.

- Permite una reducción del 80 al 90% del volumen original de los desechos.
- Elimina completamente los microorganismos dadas las elevadas temperaturas de combustión

(800-900° C) y tiempos de residencia (de uno a dos minutos como mínimo, por lo general alrededor de treinta minutos).

- Las condiciones climatológicas y meteorológicas no afectan el proceso.
- Requiere de poco espacio, pudiendo localizarse dentro de una zona urbana.
- En ocasiones, la recuperación de energía es posible.

Desventajas.

- Implica altos costos de capital, operación y mantenimiento.
- Se requiere de personal especializado para las actividades de operación y mantenimiento.
- Durante la combustión se destruyen materiales potencialmente reciclables.
- Se requiere de equipos para el control de emisiones sumamente eficientes con objeto de prevenir la contaminación ambiental.
- Se requiere siempre de la disposición final de las cenizas y escorias.
- Para residuos con bajo poder calorífico, no es posible obtener una autocombustión y es necesario utilizar combustible adicional.

2. PARAMETROS INVOLUCRADOS EN LA INCINERACION

La incineración de los residuos sólidos puede ser equiparada a un proceso de combustión normal, en el cual el combustible utilizado es la basura municipal. Sin embargo, a diferencia de un combustible tradicional, la basura presenta características en la composición, compactación y dimensión de sus componentes sumamente heterogéneas, aunado a que contiene un alto grado de humedad y un cierto porcentaje de materiales inertes o incombustibles.

2.1 Humedad

El agua contenida en los residuos sólidos no solamente no aporta calor, sino que lo toma de la combustión de éstos para su evaporación, por lo que constituye un parámetro de suma importancia en la incineración.

El contenido de agua de los residuos sólidos municipales es sumamente variable, situándose por lo general en un rango que va del 25 al 60% en peso, dependiendo de la fuente generadora, condiciones meteorológicas, estación del año, etc. Un factor que incluye directamente en el contenido de humedad de los residuos, específicamente en la temporada de lluvias, es el equipo utilizado para almacenar y recolectar a aquéllos, dependiendo de que se trate o no de contenedores y camiones recolectores cerrados.

La humedad contenida en los residuos pueden ser disminuida en el proceso de incineración, en la fase de precalentamiento utilizando para ello el calor de los gases generados en el proceso de combustión.

2.2 Material Inerte

Este tipo de componentes está representado fundamentalmente por material mineral y metales diversos contenidos en los residuos sólidos. El contenido en peso de este tipo de material se encuentra en un rango del 15 al 40%. Aunque en este parámetro se encuentran incluidos

componentes como botellas, latas, etc., con frecuencia la mayor proporción en peso se debe a cantidades importantes de escombros y materiales de construcción, que se depositan indebidamente en contenedores o en los camiones recolectores, lo cual a menudo daña los equipos de recolección.

2.3 Poder Calorífico

El poder calorífico de un combustible (sólidos o líquidos) se define como la cantidad de calor que se desprenda por la combustión completa de la unidad de masa correspondiente. El combustible y el comburente son tomas a una presión y temperaturas de referencia, y los productos de la combustión son llevados a la misma temperatura.

De acuerdo con el Sistema Internacional de unidades, el poder calorífico se expresa en Joules/Kg. sin embargo, en la práctica se recurre con mayor frecuencia a valores expresados en kilocalorías/Kg (o bien calorías/g). En el sistema inglés, la unidad de medida es el Btu/lb. Las equivalencias entre estas expresiones se anotan a continuación:

$$1 \text{ Joule/Kg} = 4,185.5 \text{ Kcal/Kg} = 1.8 \text{ Btu/lb}$$

Existen diferentes categorías de poder calorífico, dependiendo de la aplicación práctica que se considere. Para la incineración de los residuos sólidos, las categorías importantes son el poder calorífico superior y el inferior.

Poder calorífico superior. Se define suponiendo que el agua proveniente del combustible o formada durante la combustión (por combustión del hidrógeno) se encuentra totalmente en estado líquido en los productos de la combustión. Se incluye por lo tanto el calor de vaporización del agua contenido en los productos de la combustión.

Poder calorífico inferior. Se define suponiendo que toda el agua proveniente del combustible, o formada durante la combustión, permanece en la fase última como vapor de agua en los

productos de la combustión; no comprende por consiguiente, el calor de vaporización del agua contenido en los productos de la combustibles.

En aplicaciones industriales, se utiliza el poder calorífico superior, el cual indica la energía total disponible en el combustible. De hecho, es el único de los dos que puede ser medido directamente, usualmente por medio de una bomba calorimétrica; el poder calorífico inferior se deduce a partir del primero. La relación entre los dos valores se anota a continuación (a 25°C y 1.013 bar):

$$PCI = PCS \left[1 - \frac{Hu}{100} \right] - 5.83 (Hu + 9H)$$

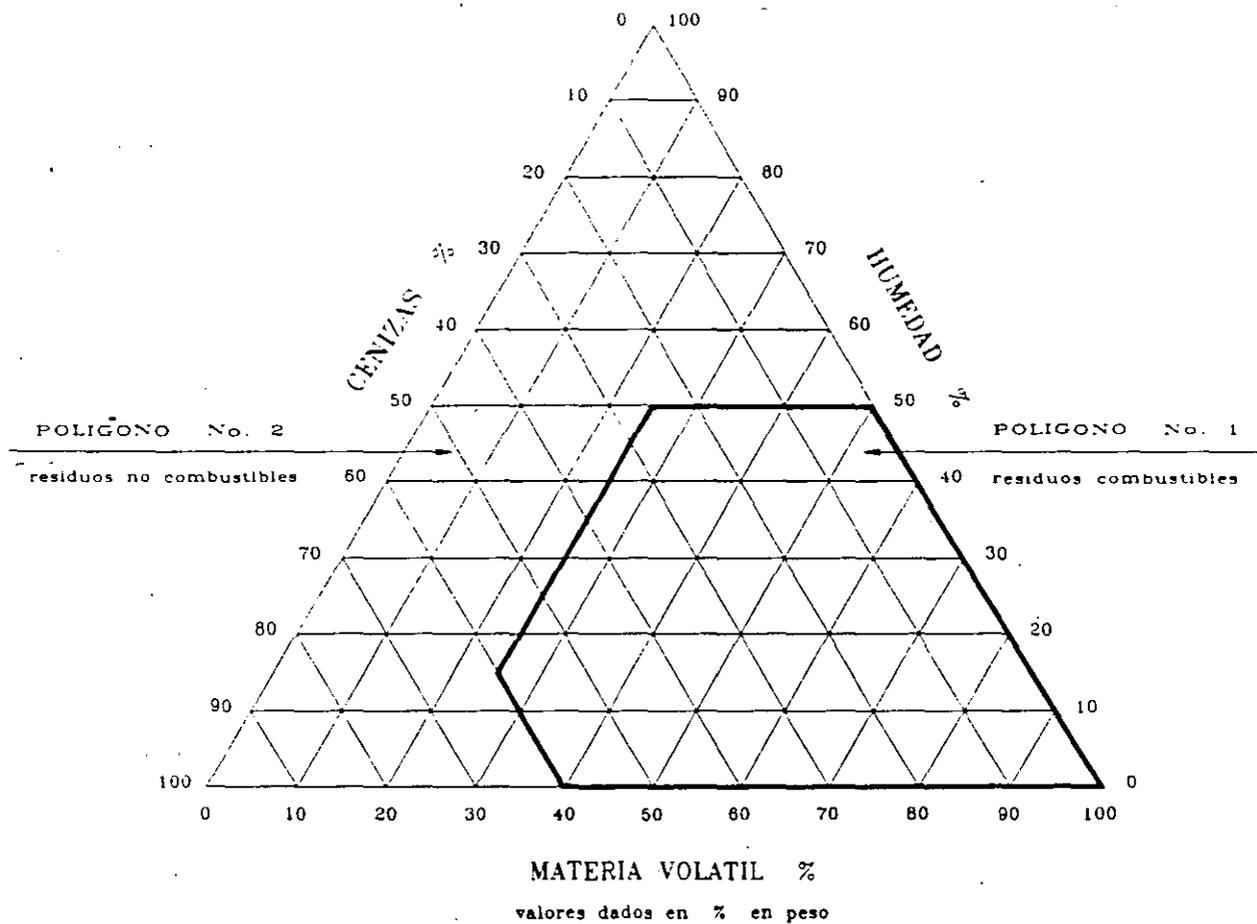
donde:

Hu y H = Son respectivamente los porcentajes en masa de los contenidos de agua e hidrógeno de los reiduos.

La Figura No. 1 muestra la carta de combustibilidad de los residuos sólidos, en la cual se relacionan los parámetros siguientes: contenido de humedad, cenizas y material volátil. Existe una estrecha relación entre las proporciones de estos parámetros presentes en los residuos y el grado de combustibilidad de éstos; tal relación se muestra en forma gráfica en la mencionada Figura No. 1. La carta de combustibilidad muestra dos polígonos inscritos en el triángulo mayor; estos polígonos determinan la factibilidad de incineración para un tipo de residuos en particular, dependiendo de la combinación de los tres parámetros antes mencionados: los residuos que se ubiquen dentro del polígono No. 1 son factibles de ser incinerados; aquéllos que se ubiquen dentro del polígono No. 2 requerirán de un combustible adicional para su adecuada incineración.

Fig. No. 1

DIAGRAMA DE COMBUSTIBILIDAD DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES



SIMBOLOGIA

- Envoltente de zona recomendable para incineracion
- Envoltente de zona recomendable para composteo

3. TIPOS DE INCINERACION

De manera general, y de acuerdo a los equipos de incineración de residuos sólidos actualmente disponibles en el mercado, aquélla puede ser clasificada de los maneras: continua, y "batch" o intermitente.

a) Método de incineración continua

Mediante la utilización de este método es posible llevar a cabo, de manera ininterrumpida, la alimentación de los residuos al horno, la combustión de los mismos, y la eliminación de las cenizas a una cierta velocidad predeterminada de acuerdo a las características de los residuos. Este método es recomendable para la incineración de grandes volúmenes de residuos, y la planta correspondiente debe ser operada en principio de manera continua 24 horas diariamente.

b) Método de incineración "batch" o intermitente.

Cuando se utiliza este método de incineración, los residuos sólidos se alimentan en cargas de volumen predeterminado al horno, se efectúa la combustión y posteriormente se desalojan las cenizas una sola vez, y luego se repite el proceso. Comparados con los hornos de tipo continuo, los intermitentes cuentan con menos componentes y son de construcción más simple, y su aplicación se recomienda para la incineración en pequeña escala. Dadas las características de este proceso, es difícil asegurar condiciones estables de combustión.

3.1 Descripción del Proceso de Incineración Continua.

El proceso de incineración de residuos sólidos puede sufrir pequeñas variantes dependiendo del país de origen del equipo, la patente utilizada, la ingeniería de diseño, etc.; sin embargo, es posible establecer un proceso general de incineración de tipo continuo, el cual consta básicamente de las siguientes etapas:

a) Abastecimiento de residuos.

Esta primera etapa comprende la recepción de residuos en una fosa de almacenamiento temporal. Desde esta fosa, los residuos son alimentados al horno, generalmente mediante el uso de una grúa o una cinta transportadora.

b) Incineración

Es la etapa principal del proceso y consiste básicamente en la combustión de los residuos y la generación de gases producto de la combustión, así como de cenizas y escorias. El equipo necesario para esta operación consta de un horno que puede ser de diferentes tipos, así como de ventiladores y ductería necesarios para el adecuado abastecimiento de aire.

c) Enfriamiento de gases.

Dada la elevada temperatura a la cual comúnmente se efectúa la combustión de los residuos (800-900°C), es necesario enfriarlos antes de pasar a otros equipos para su tratamiento y su emisión a la atmósfera. Para lograr esto, se requiere de equipos de radiación de calor o enfriamiento por otros principios.

d) Tratamiento de gases.

Con el objetivo de reducir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, es necesario dar tratamiento a estos gases mediante el uso de equipos de control, para eliminar el material particulado y gases nocivos (SOX, NOX, etc.). Este objetivo se puede conseguir mediante el uso de lavadores de gases, filtros, precipitadores electrostáticos, ciclones, etc.

e) Expulsión de cenizas y escorias.

Estos productos, generados principalmente en el horno, son extinguidos después de la combustión y transportados a un sitio mediante el uso de bandas y tornillos sin fin, antes de ser evacuados a un contenedor o a un vehículo para su transporte a un sitio de disposición final por lo general. Asimismo, son recolectados los residuos generados en los equipos de tratamiento y enfriamiento de gases.

f) Aprovechamiento del calor de combustión.

Cuando las características de los residuos permiten la recuperación del aprovechamiento de la energía en el proceso de la combustión, es posible utilizar esta última para la generación de vapor o bien de electricidad, mediante el uso de los equipos requeridos (calderas, turbinas). El intercambio de calor que se efectúa en las calderas permite bajar la temperatura de los gases de combustión.

En este punto conviene resaltar la importancia de la necesidad de efectuar un análisis cuidadoso de las características de los residuos sólidos a incinerar, tales como contenido de humedad, valor calorífico, etc., con objeto de determinar la viabilidad de instalar los equipos necesarios para recuperación de energía. Esto último es especialmente importante desde un punto de vista económico, ya que la diferencia en el costo de adquisición entre una planta incineradora con y sin recuperación de energía puede significar un incremento de 40 a 50 % sobre el costo de esta última.

g) Emisión de gases de combustión.

Al término del proceso de incineración de los residuos sólidos, los gases de combustión son emitidos a la atmósfera a través de chimeneas de tiro forzado las cuales deben contar con la altura necesaria para la adecuada dispersión de los gases emitidos.

3.2 Tipos de Horno de Incineración Continua.

Existen básicamente tres tipos de horno que operan bajo el esquema de incineración continua: de parrillas, rotatorio y de lecho fluidizado.

a) Hornos de parrillas.

Este tipo de horno es el que se utiliza en la actualidad con mayor frecuencia para la incineración de residuos sólidos municipales.

El principal elemento de este tipo de horno son las parrillas móviles sobre las cuales se realiza la combustión de los desechos; el movimiento de las parrillas dispersa y hace avanzar los residuos favoreciendo su remoción y combustión. La Figura No. 2 muestra el esquema de una planta incineradora de este tipo.

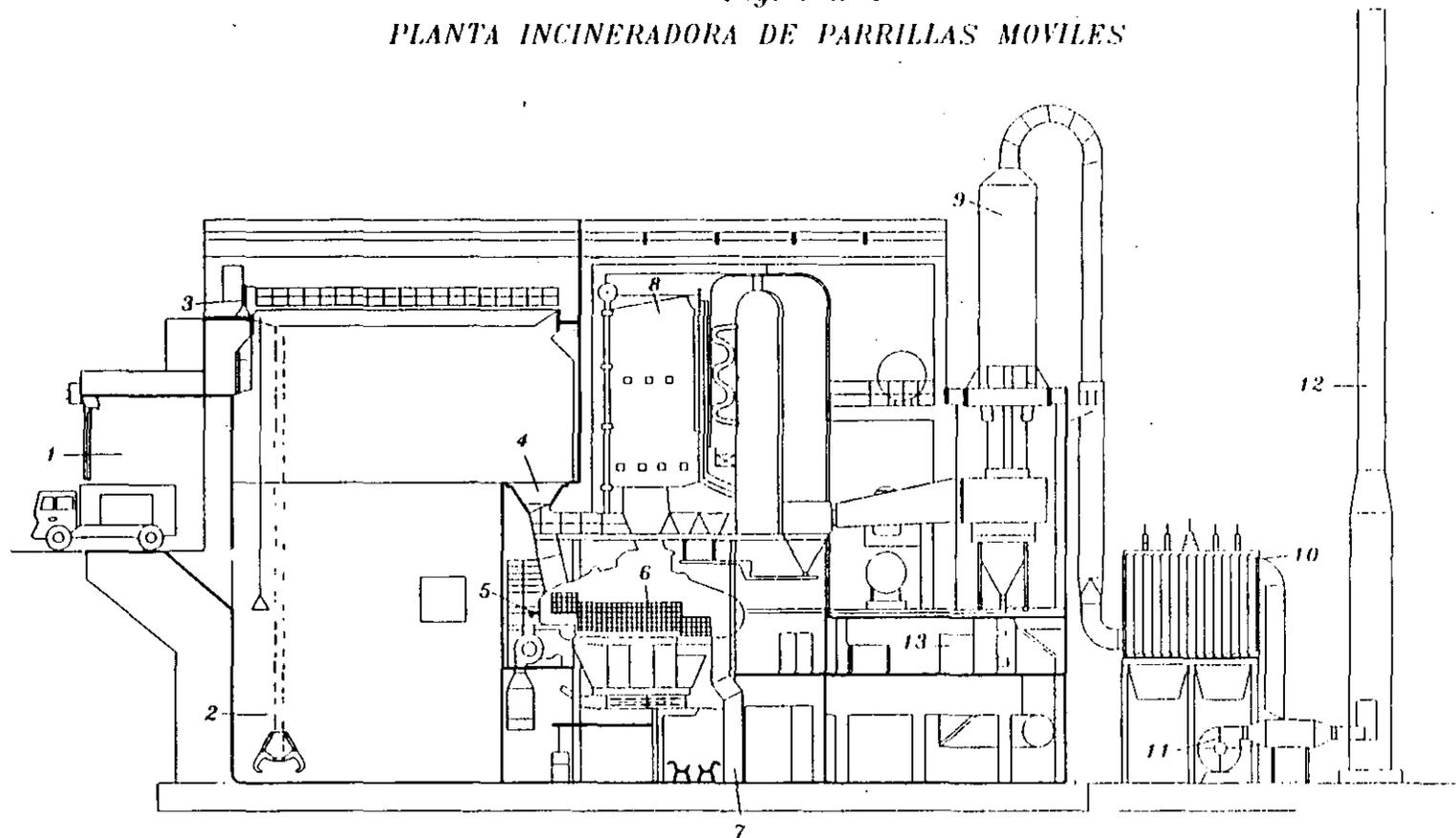
b) Horno rotatorio.

Los incineradores de horno rotatorio consta, como elemento básico, de un cilindro de construcción robusta como eje longitudinal se encuentra ligeramente inclinado. El cilindro-horno es puesto en rotación y la combustión se realiza durante los avances de los desechos que por gravedad y la rotación se trasladan de un extremo a otro del horno, a lo largo del eje longitudinal de éste.

Por lo general, este tipo de horno se utiliza para la incineración de residuos industriales (especialmente los peligrosos); de hecho, es un equipo que tradicionalmente se ha utilizado en procesos industriales de fabricación, como por ejemplo, en la industria del cemento (ver Figura No. 3).

Fig. No. 2

PLANTA INCINERADORA DE PARRILLAS MOVILES

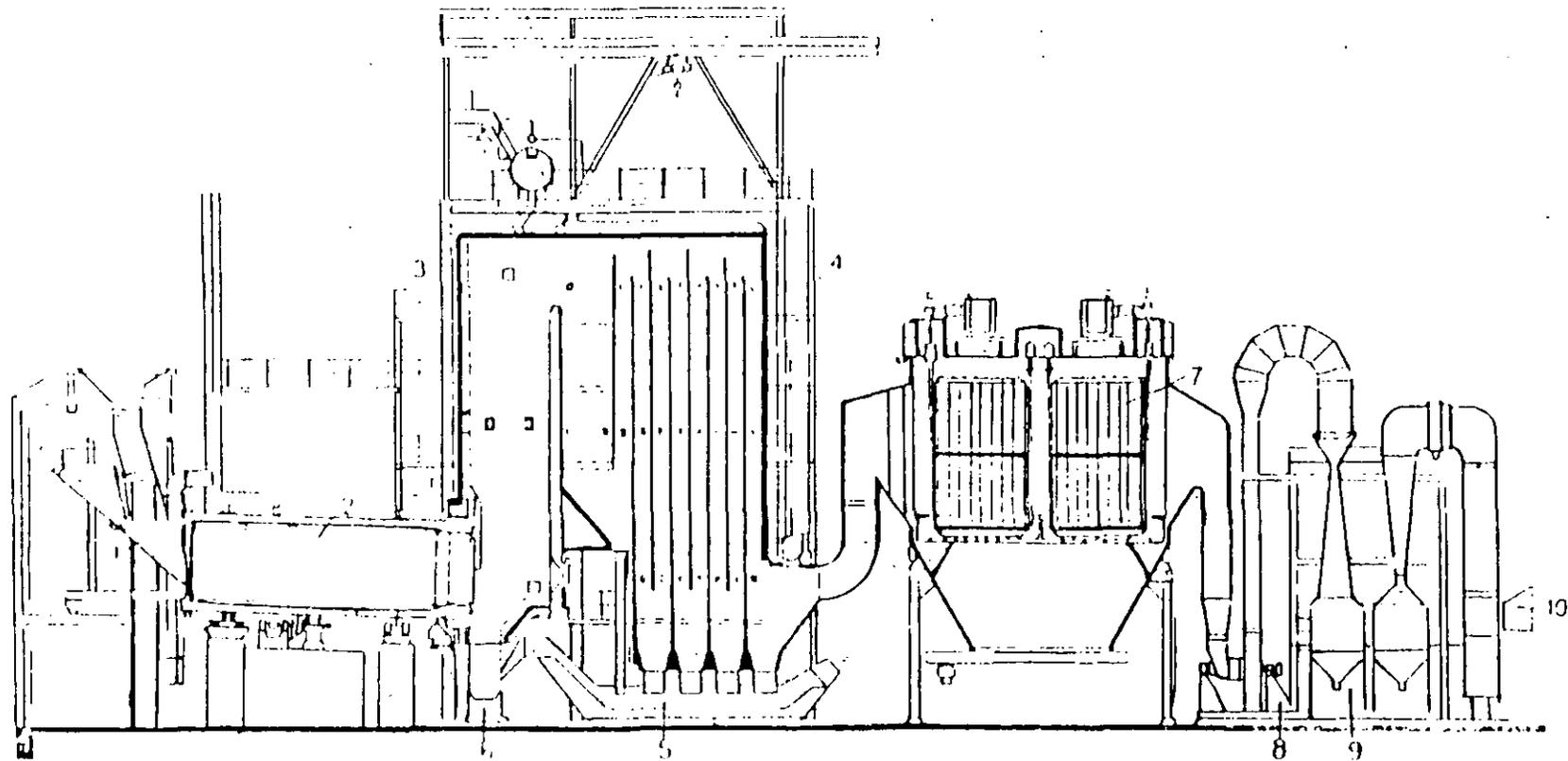


- 1. Zona de descarga
- 2. Almeja hidráulica
- 3. Grúa viajera
- 4. Tolva de alimentación
- 5. Pistón de alimentación

- 6. Parrillas móviles
- 7. Sistema de extracción de escorias
- 8. Generador de vapor
- 9. Torre de absorción

- 10. Filtro de bolsas
- 11. Ventilador de tiro
- 12. Chimenea
- 13. Turbina

PLANTA INCINERADORA DE HORNO ROTATORIO



1. Dispositivo de alimentación
2. Horno rotatorio
3. Cámara de post-combustión
4. Caldera
5. Captación de cenizas

6. Desulfurificador
7. Precipitador electrostático
8. Ventilador de tiro inducido
9. Lavadores (2 etapas)
10. Conexión a la chimenea

c) Horno de lecho fluidizado.

En este sistema de incineración se forma un medio o "lecho" con arena de cuarzo u otro material de características similares, el cual mantiene suspendido mediante una corriente ascendente de aire de combustión.

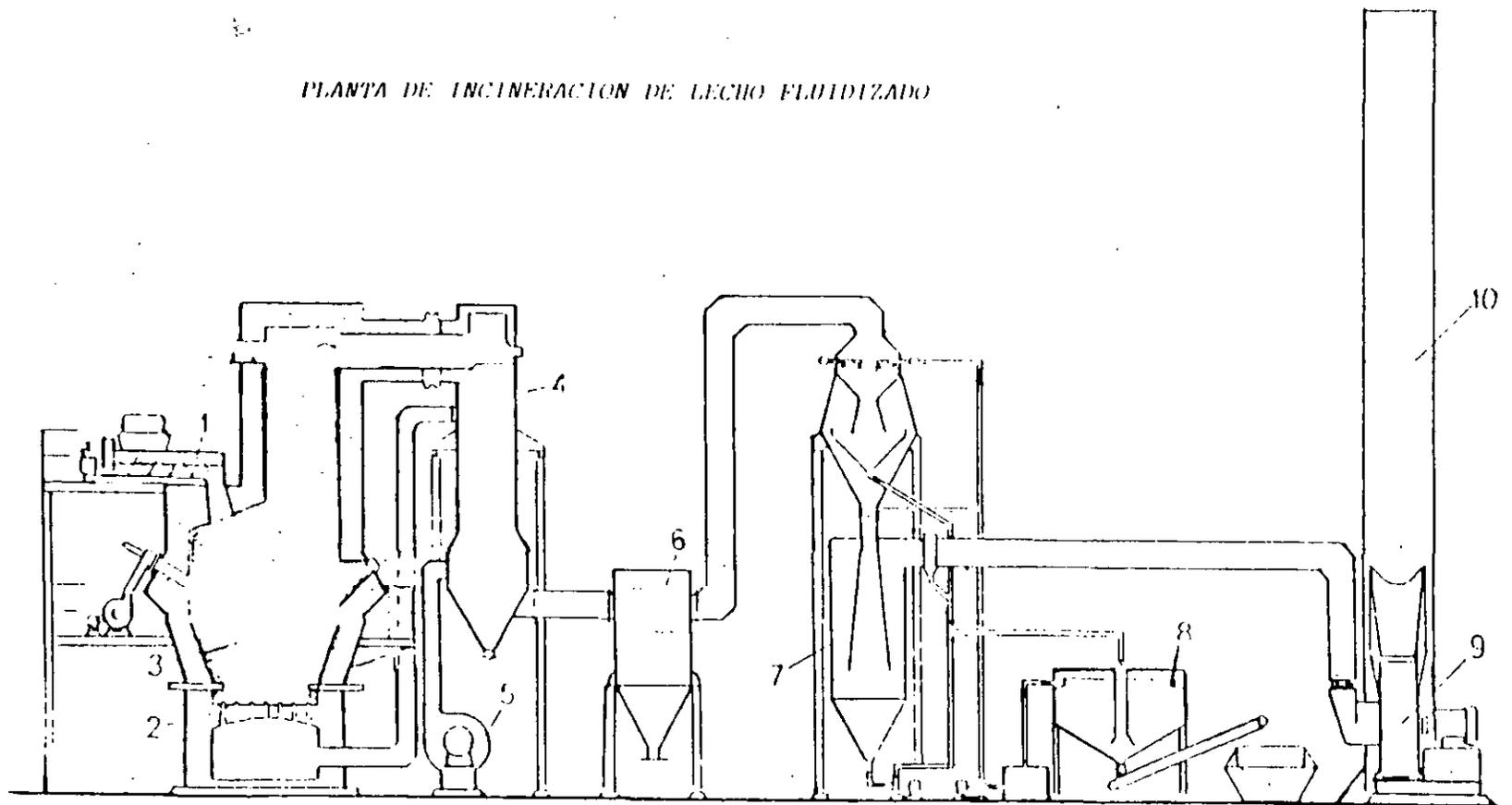
Los residuos sólidos son desmenuzados y alimentados al horno; su combustión se inicia al entrar en contacto con el medio de lecho fluidizado que se encuentra a una elevada temperatura (ver Figura No. 4).

Este tipo de horno permite una mayor eficiencia y la combustión de los residuos debido a que éstos tienen que pasar por una etapa previa de molienda requerida por el tipo de procesos. Asimismo, los tiempos de resistencia son muy inferiores a los característicos de los otros tipos de hornos (1 a 2 minutos vs. 30 min.).

3.3 Descripción del Proceso de Incineración Intermitente.

El proceso de incineración "batch" o intermitente es más simple que el continuo en sus componentes, con métodos de carga y descarga manuales o mecánicos. La Figura No. 5 muestra dos hornos de este tipo, de diferentes capacidades (45 y 350 Kg/hr). El proceso de incineración en este equipo consiste de pasos muy sencillos, ya que generalmente la alimentación de residuos y la descarga de cenizas se lleva a cabo de forma manual. Primeramente se introducen los residuos en el horno que se encuentra a la temperatura adecuada en la cantidad de acuerdo a la capacidad de diseño. Posteriormente, se someten a la combustión durante el tiempo necesario y de acuerdo a las especificaciones del equipo y características de los residuos. Y finalmente, una vez efectuada la combustión, las cenizas son retiradas del horno. Cabe mencionar que en los equipos de diseño simple es necesario esperar un tiempo razonable hasta que la temperatura de las cenizas desciende suficientemente para permitir su manejo, aunque por lo general los equipos modernos incluyen sistemas de extinción de cenizas así como la opción de alimentación y descarga automáticas.

PLANTA DE INCINERACION DE LECHO FLUIDIZADO



1. Sistema de alimentación
2. Charola de distribución
3. Combustor de lecho fluidizado
4. Precalentador de aire
5. Ventilador de tiro forzado

6. Ciclón
7. Lavador de gases
8. Tanque de sedimentación y neutralización
9. Ventilador de tiro inducido
10. Chimenea

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPEC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

OTROS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

La gran cantidad de residuos que se generan actualmente demandan para su aprovechamiento nuevas alternativas de tratamiento ya que las convencionales como son: reciclaje, compostaje e incineración su cobertura no es muy amplia, lo cual amerita incorporar otros sistemas de aprovechamiento para reincorporar más subproductos a los procesos productivos y naturales.

Actualmente existen dos sistemas que han tenido mayor aceptación los cuales son la pirólisis y la deshidratación o producción de alimento balanceado. Existen otras alternativas para el tratamiento de los residuos las cuales están en etapa experimental o tienen poco tiempo de estarse utilizando para este fin, por lo que no se tienen resultados definitivos que permitan un análisis confiable de ellos, como son: la oxidación, la hidrogenación y la hidrólisis.

A continuación se describa cada uno de los procesos mencionados.

PIROLISIS

Es la descomposición de los compuestos orgánicos de la basura, mediante un proceso endotérmico en ausencia de oxígeno a temperaturas elevadas (550-1, 100°C); obteniéndose hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos.

COSTOS

Semejante o más elevado al que corresponde a la incineración.

EXPERIENCIAS

Su desarrollo desde principios de siglo en los E.U.A.; para resolver el problema que significaban los residuos provenientes de la Industria Maderera, campo en donde se ha venido usando y avanzado en su desarrollo tecnológico puesto que asegura el éxito financiero, por la gran demanda de carbón vegetal en dicho país, en donde tiene un gran futuro, amén de ser el único

país que emplea para el tratamiento de las basuras.

El objetivo principal del desarrollo de los procesos de pirólisis, ha sido el reducir el volumen de la basura de tal forma que se cause menos contaminación, comparando los procesos convencionales de incineración.

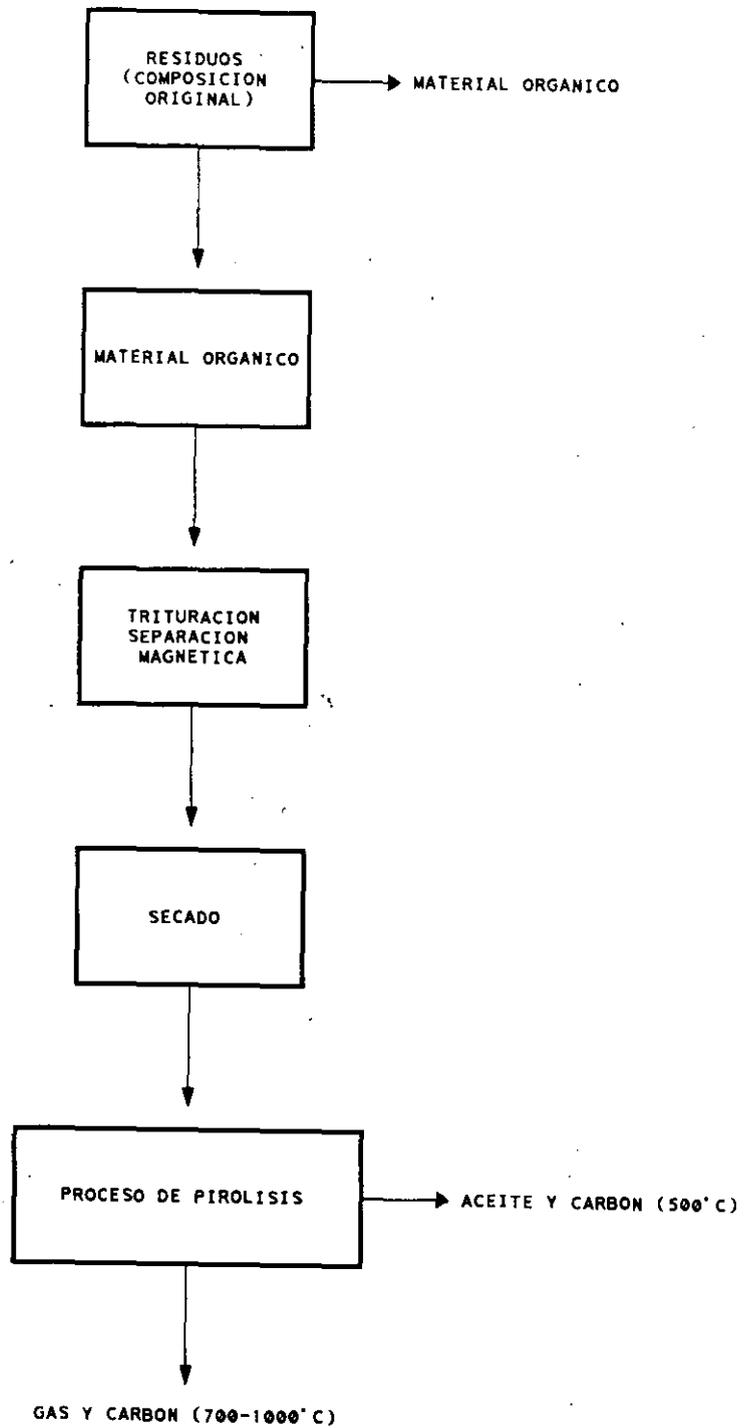
La pirólisis se basa en el principio de la incineración por el proceso de combustión normal, siendo necesaria una cantidad de oxígeno suficiente para permitir la quema completa de materia orgánica. Esto se obtiene al inyectar oxígeno en el horno. Para disminuir la temperatura en la cámara de combustión del incinerador, sin dañarlo se inyecta en su interior más aire del que es necesario para la quema. Este exceso de aire aumenta la velocidad de corriente gaseosa a través de la masa de basura. Los equipamientos de control de contaminación de aire son obligados a tratar el volumen mayor de gases que arrastran también mayor cantidad de partículas en suspensión, porque el aire al ser inyectado bajo presión en la masa de basura causa turbulencia. Un segundo beneficio, común en los diversos sistemas de pirólisis, es la conversión de la partícula orgánica de la basura en una forma utilizable de energía. Esta energía varía de acuerdo con las características operacionales de cada sistema. La materia orgánica puede ser descompuesta en componentes combustibles gaseosos, líquidos o sólidos. Depende de la calidad del producto obtenido, se puede utilizar como combustible en sustitución a aquellos de origen fósil.

De manera general, se puede afirmar que todos los procesos de pirólisis de basura son recientes, pudiendo en la mayoría de los casos ser considerados aún como experimentales. Ya son más conocidos, por sus instalaciones de porte comercial, los siguientes sistemas norte-americanos: "Landgard", desarrollado por la Monsanto; "Purox", desarrollado por la Unión Carbide"; y el sistema "Flash Pyrolysis" de Garret Research and Development Company.

Diagrama de flujo típico

Se muestra un diagrama de flujo de un sistema típico de pirólisis de la basura, indicando los diversos estadios de transformación de material pirolizado, identificados en tres grupos de productos resultantes.

PIROLISIS DE BASURA - DIAGRAMA DE FLUJO TIPICO



- Gases, compuestos de hidrógeno, metano y monóxido de carbono:
- Combustible líquido, compuesto por hidrocarburos, alcoholes y ácidos orgánicos de elevada densidad y bajo porcentaje de azufre:
- Residuo constituido por carbono casi puro ("char") y por vidrio, metales y otros materiales inertes, escorias.

Factores a considerar en la elección del método de pirólisis

La pirólisis es un proceso que aún se encuentra en fase de evolución tecnológica. Las ventajas y desventajas tienen alguna semejanza con los demás procesos de tratamiento industrial de la basura a saber:

a) Ventajas

- Permite la recuperación de energía, en forma de subproductos combustibles.
- Es un proceso sanitario de tratamiento de la basura.
- La operación de una instalación de pirólisis no está sujeta a las influencias meteorológicas.
- Posibilita la localización de instalaciones industriales más próximas al núcleo urbano.
- Requiere de una menor área, si se compara con un relleno sanitario.

b) Desventaja

- El proceso aún está en fase de gran evolución tecnológica, se pueden considerar las instalaciones existentes como experimentales.

- Requiere personal especializado en su operación.

- La basura a ser procesada requiere algunos cuidados de preparación previos tales como selección, homogeneización, etc.
- Es un proceso de tratamiento que requiere otra solución para la disposición final de los residuos.
- Deshidratación y producción de alimentos.

Este es un proceso relativamente reciente que consiste esencialmente en la cocción de desechos orgánicos seleccionados para su posterior deshidratación, obteniéndose un subproducto de alta digestibilidad, de acuerdo con la naturaleza del desecho alimentado.

El sistema es de fácil operación y su principal ventaja consiste en la recuperación casi absoluta del material alimentado, en forma de un subproducto estéril que puede ser aprovechado directamente como alimento animal.

La desventaja del sistema estriba en el consumo de combustible requerido para los procesos de cocción y deshidratación. Sin embargo, de su análisis económico superficial se identificó que es rentable, respecto a los costos de operación y al precio de venta del subproducto.

Actualmente en México se producen 2 tipos de alimentos balanceados destinados a la alimentación animal; el completo, que incluye granos, subproductos de granos, pasta de soya, melaza, harinas animales, harinas vegetales, vitaminas, minerales, aminoácidos y aditivos no nutrientes y los concentrados que incluyen todo lo anterior menos granos.

La industria de alimentos balanceados para animales tiene gran importancia para el sector agropecuario, ya que involucra al sector agrícola y al sector productor de ganado bovino, porcino y avícola; el 85% de ingredientes que utiliza provienen del sector agrícola.

Actualmente existen 320 establecimientos fabricantes de alimentos para animales con una capacidad de producción de 12 millones de toneladas anuales y prácticamente todo es alimento completo, con una capacidad ociosa de 25 - 30%; de los 320 establecimientos 55 son los más notorios, y de estos últimos, 5 empresas generan casi el 50% de la producción nacional. La cobertura geográfica es amplia ya que se localizan en los centros de consumo de productos finales.

En cuanto a insumos y tecnología, los principales ingredientes son los granos forrajeros y las pastas oleaginosas. México es deficitario en un tercio y 80% respectivamente, de su consumo total.

Hay que enfatizar que en México no existe una desventaja tecnológica importante en el proceso físico de producción, pero sí en lo que se refiere a la tecnología periférica y el control de calidad.

La principal fuente generadora de donde se puede obtener los residuos para la elaboración de una harina vegetal es de los mercados y para obtener los residuos de las áreas de hortalizas frutas y legumbres.

Los residuos son deshidratados utilizando principalmente una secadora de vacío durante 2 hrs. a una temperatura aproximada de 60°C ya deshidratada es molida en un molino de cuchillas y tamizado para obtener finalmente una harina conocida como harina vegetal.

Estos procesos se han realizado actualmente a pequeña escala, por lo que se deduce que a escala industrial esta operación sería el factor limitante del proceso de producción debido al bajo rendimiento del producto y el elevado consumo energético que implica eliminar los líquidos contenidos en los residuos; razones por las que se elevarían los costos de producción.

Sin embargo se puede considerar como una primera etapa que es posible obtener una harina vegetal.

Características del producto

La harina vegetal es un polvo fino derivado de residuos vegetales de ahí el origen de su nombre; este producto tiene un color verde amarillento y emana un olor agradable al olfato.

Los datos que a continuación se presentan sobre sus características físicas, toxicológicas, químicas y bromatológicas son en promedio resultado de varios análisis.

COMPONENTES	% EN PESO
HUMEDAD	5.90
PROTEINA CRUDA	13.14
FIBRA CRUDA	21.16
GRASA CRUDA	5.80
E.L.N. [a]	41.96
CENIZAS	11.96
FOSFORO	0.14
CALCIO	2.14
XANTOFILAS	51.84 p.p.m.
AFLATOXINAS	0.00 p.p.m.

A continuación se muestra un análisis comparativo del harina vegetal con las especificaciones de calidad de alimentos balanceados.

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS BALANCEADOS Y CARACTERISTICAS DE LA HARINA VEGETAL

PRODUCTO	MARCA O N.º M.	CARACTERISTICAS					
		HUMEDAD MAX. (%)	PROTEINA C MIN. (%)	FIBRA CRUDA MAX. (%)	GRASA CRUDA mIN. (%)	E.L.N (a) MIN (%)	CENIZAS MAX. (%)
HARINA VEGETAL	D.T.D.S.	5.90	13.14	21.00	5.80	41.96	11.96
HARINA ALFALFA GRADO "C"	NOM-Y-305 1988	10.00	13.00	28.00	5.00	35.00	9.00
ALIMENTO PARA CRECIMIENTO DE POLLOS	MALTA	12.00	14.00	5.50	3.00	59.00	6.00
ALIMENTO PARA AVES PONEDORAS	NOM-Y-114-	12.00	12.00	8.0	1.50	58.50	8.00
	MALTA	12.00	15.00	5.5	3.00	53.50	11.00
ALIMENTO PARA CERDOS EN CRECIMIENTO	MALTA	12.00	14.00	5.00	3.00	61.00	5.00
	GANADOR	12.00	15.00	8.00	2.50	55.00	7.00
ALIMENTO PARA CERDOS EN ENGORDA	MALTA	12.00	12.00	5.00	3.00	63.00	5.00
	APIABA	12.00	14.00	5.00	2.50	59.00	7.00
ALIMENTO PARA BOVINOS EN ENGORDA	MALTA	12.00	12.00	12.00	2.00	56.00	6.00
ALIMENTO PARA VACAS LECHERAS (14%)	MALTA	12.00	14.00	11.00	2.00	54.00	7.00
ALIMENTO PARA GANADO DE LIDIA Y SEMENTALES	APIABA	12.00	12.50	11.00	1.50	55.00	8.00
ALIMENTO PARA CABALLOS	MALTA	12.00	14.00	11.00	2.50	52.50	3.00

Oxidación

La oxidación de los componentes orgánicos de los residuos domésticos en disolución o suspensión acuosa, mediante el empleo de agentes oxidantes, o bien, O₂ atmosférico a temperatura de 220-230°C, es una técnica aplicable a la transformación de las sustancias orgánicas. el método se basa en una degradación por oxidación, de la cual se obtienen compuestos orgánicos sencillos, como ácidos orgánicos de bajo peso molecular (acético, fórmico, oxálico, etc.).

El método es adecuado para residuos ricos en carbón y es prometedor debido a que se obtienen como subproductos ácidos orgánicos.

- Hidrogenación

La hidrogenación de la celulosa de los residuos agrícolas y forestales y de la fracción orgánica de los urbanos, con monóxido de carbono y agua a temperaturas de 350-400°C, y presión de 300 atmósferas orgánicas combustibles, con rendimientos por toneladas hasta de 320 litros de aceites ligeros.

Investigaciones realizadas permiten considerar la posibilidad de convertir cualquier residuo orgánico en combustibles líquidos con bajo contenido en azufre.

Actualmente, los esfuerzos están encaminados a reducir las presiones de trabajo para abatir costos y de esta manera poder comercializar este tipo de técnicas.

- Hidrólisis

esta técnica transforma los residuos con alto contenido de celulosa en azúcares fermentables empleando ácidos a temperatura elevada. La formación de los azúcares permite obtener alcohol etílico, ácido cítrico y abono para la agricultura.

Este es un método que se encuentra en etapa de investigación, por lo que es necesario conocer los resultados para poder conocer su potencial como un método de tratamiento de residuos sólidos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

ANALISIS Y SELECCION DE SITIOS PARA
RELLENOS SANITARIOS

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

1. INTRODUCCION

En la actualidad, a nivel mundial, el tema referente a la disposición final de los residuos sólidos generados en las congregaciones urbanas, ha cobrado una gran importancia tanto para la población en general, como para los responsables de los servicios de aseo urbano; debido principalmente a los problemas de contaminación ambiental y de afectación a la salud pública que pueden generar, los cuales en ocasiones cuando no se ha hecho una correcta selección del sitio, pueden tener implicaciones ambientales sumamente graves. Además de lo anterior, un sitio de disposición final mal ubicado y operado inadecuadamente, puede dar pie a que se presente un impacto visual a la estética y al paisaje, que se traduzca en problemas de inquietud social que generen una inadecuada percepción ciudadana y una pésima imagen, sobre lo que representa un relleno sanitario.

Así mismo, no debe olvidarse que aún cuando un sitio de disposición final de residuos sólidos haya sido clausurado, los problemas antes mencionados pueden continuar por mucho tiempo, cuando se ubican en zonas geológicamente inadecuadas, situación que se presenta en la actualidad con mucha frecuencia.

Por todo lo antes comentado, es vital tratar de lograr una correcta y adecuada selección del sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario, ya que la mayoría de los problemas antes señalados, pueden ser en gran parte atenuados con una localización correcta y una gestión adecuada de este tipo de obras de ingeniería; por lo que es de suma importancia realizar una serie de estudios y proyectos dentro del marco de una metodología específica, que fundamente la selección de un determinado sitio.

2. IMPLICACIONES AMBIENTALES POTENCIALES DE LOS SITIOS DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

En términos generales, los problemas que un sitio de disposición final de residuos sólidos puede generar sobre los elementos del entorno que son más susceptibles de verse afectados por dicha infraestructura, se describen a continuación:

- Aguas Superficiales y Subterráneas. La principal afectación que un depósito de residuos sólidos puede generar en las aguas superficiales y subterráneas, son por los lixiviados producto del paso del agua de lluvia a través de los paquetes de basura, cuya carga orgánica medida como DBO, puede alcanzar valores de hasta 40,000 p.p.m. Estos lixiviados no sólo poseen una elevada carga de DBO, sino que además pueden tener un alto contenido de metales pesados, bacterias coliformes y en ocasiones, hasta sustancias carcinogénicas.

Estos lixiviados pueden llegar a contaminar los cuerpos superficiales de aguas por escurrimientos no-controlados, o bien infiltrarse a través de formaciones permeables y contaminar los mantos acuíferos, con las consecuencias secundarias que esta contaminación provoca, como es la inutilización de estos recursos para su aprovechamiento futuro. En especial, cabe señalar que la contaminación de acuíferos elimina su aprovechamiento para diferentes usos, durante un plazo muy largo, puesto que cuando se detecta, la regeneración de estos sistemas es muy tardada pudiendo quedar afectados de por vida.

- Aire. Las afectaciones que un sitio de disposición final de basura pueden provocar hacia la atmósfera, dependen en gran medida de la buena o mala operación del relleno sanitario. Normalmente los principales impactantes que puede generar, son: polvos, olores y en ocasiones humos. Estos impactantes, pueden afectar a la población asentada en las inmediaciones del sitio. Los polvos, se deben básicamente al manejo del material de cobertura de los residuos sólidos. Los olores se producen debido a los procesos de fermentación por bacterias anaeróbicas en la degradación de la materia orgánica presente en los residuos sólidos.
- Suelo. La ubicación de un depósito de basura, implica la ocupación de un determinado sitio

con una serie de características en cuanto a calidad de suelo, vegetación y fauna, que en ocasiones son difíciles de proteger. Por lo anterior, el impacto puede ser mayor si el sitio se localiza en una zona de interés ecológico, ya que puede ocasionar daños irreparables en los ecosistemas; por lo que para estos casos, habrá que considerar en la elección del sitio, ciertas variables que se refieran a las características de los ecosistemas colindantes con el sitio, con el fin de evitar cualquier alteración por la obra del relleno sanitario.

Además de lo anterior, la contaminación de los suelos y la disminución de su productividad, debido al contacto que pueden tener con lixiviados que se generan en cualquier sitio de disposición final de basura, son alteraciones que dañan a la agricultura, o bien llegan a inutilizar terrenos altamente cotizados para un determinado uso.

- Bienestar. Para medir la afectación al Bienestar, concepto tan subjetivo y tan difícil de valorar; en ocasiones es conveniente tomar como referencia al paisaje, ya que es indudable que no es otra cosa, que la suma de una serie de componentes que crean una cierta imagen de percepción en el ser humano. Estos componentes incluyen sobremanera, a la vegetación predominante, a la litología y también a la geomorfología. La ubicación de un relleno sanitario, supone una cierta alteración del paisaje, tanto en el propio sitio como en su zona de influencia, puesto que el arrastre de sólidos fuera del sitio afectan al paisaje en una superficie territorial, en ocasiones muy extensa. En zonas donde este paisaje tiene un valor elevado, la afectación en el valor del paisaje puede suponer una pérdida económica importante, aunque difícilmente cuantificable y por ende, una afectación al bienestar de la población circundante.
- Salud Pública. La afectación de la salud pública, normalmente se asocia a los problemas generados por bacterias patógenas y por vectores como ratas y perros, que pueden desarrollarse y/o alimentarse en los sitios de disposición final de residuos sólidos. El problema es en muchos casos importante, viéndose agravado cuando existen pepenadores. Sin embargo, este problema no es tanto de localización sino de operación del sitio de disposición final, por lo que esta variable no es de consideración para la elección del sitio, aunque cuando existen núcleos urbanos cercanos, pueden generarse problemas no sólo de salud pública, sino de

afectación al bienestar.

Considerando todo lo antes expuesto, es vital y sumamente importante, realizar una elección correcta del sitio donde se pretenda emplazar un relleno sanitario. En términos generales, se puede decir que las condiciones idóneas de mayor importancia que debe reunir un determinado sitio para dar alojamiento a un relleno sanitario, se anotan a continuación:

- Ser accesible al tipo de vehículos que se utilicen para la recolección y transporte de los residuos sólidos.
- Contar con una vida útil de por lo menos 5 años.
- Presentar características topográficas, geológicas y geohidrológicas que aseguren la no-afectación de los recursos naturales y del ambiente.
- Reunir ciertas condiciones de ubicación y estética, que elimine totalmente los problemas que por queja pública, pueden suscitarse entre los habitantes de la localidad por servir.
- Contar dentro del sitio o en sus inmediaciones más próximas, con suficiente material que cubra los requerimientos diarios para la cobertura de los residuos.
- No tener problema alguno, relacionado con el uso y tenencia de la tierra.

3. ESQUEMA METODOLOGICO REFERENTE AL PROCESO DE GESTION REQUERIDO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO

Con base en todo lo comentado en el capítulo anterior, fue posible formular el cuadro No. 3.1, el cual relaciona a los diferentes elementos del entorno que pueden verse afectados por el emplazamiento de un relleno sanitario, con las características relativas a cada elemento, que se deben considerar en la evaluación de sitios que se pretendan utilizar para alojar una obra de ingeniería de tales características.

CUADRO No. 3.1

RELACION ENTRE LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS POR EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO, CON LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA LA EVALUACION DE SITIOS.

ELEMENTO DEL ENTORNO	CARACTERISTICAS A CONSIDERAR EN LA EVALUACION DE LOS SITIOS
AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS	<ul style="list-style-type: none"> • Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto. • Ubicación respecto a embalses, presas y cuerpos de agua superficiales. • Ubicación dentro de la cuenca aportante. • Climatología de la zona donde se ubica el sitio propuesto.
AIRE	<ul style="list-style-type: none"> • Climatología de la zona donde se ubica el sitio propuesto. • Incidencia de vientos. • Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas.
SUELO	<ul style="list-style-type: none"> • Características de los suelos. • Flora y fauna típicos del sitio propuesto. • Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto.
BIENESTAR	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación del paisaje de la zona donde se ubica el sitio propuesto. • Afectación estética del sitio propuesto.
SALUD	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas. • Incidencia de vientos. • Geología y Geohidrología de la zona donde se ubica el sitio propuesto.

Como se puede observar en el Cuadro No. 3.1, la principal característica a tomar en cuenta para definir el mejor sitio donde deba ubicarse un relleno sanitario, lo constituye la geología y la geohidrología de la región donde se localiza el sitio o los sitios propuestos; ya que este parámetro o característica de la zona de interés, aportará la información suficiente para saber si puede haber alguna posibilidad de contaminar los mantos acuíferos, o bien, el sitio es lo suficientemente seguro para proteger implícitamente este recurso hídrico de tanta importancia. De lo anterior, se puede concluir que por la importancia que tienen los mantos acuíferos como fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano, su protección debe ser un objetivo fundamental a considerar en cualquier metodología encaminada a la evaluación y selección de sitios para el emplazamiento de un relleno sanitario. Es por esto, que la Geología y la Geohidrología, debe ser la disciplina total, que deba considerarse en el proceso metodológico que requiere la implementación de un relleno sanitario.

Con base en estas últimas reflexiones y considerando que la selección del mejor sitio para un relleno sanitario, es determinante para disminuir o atenuar las implicaciones ambientales que pueden generar los impactantes que se generarán en dicha instalación; es necesario llevar a cabo el proceso de selección de sitios, con base en estudios y proyectos relacionados con diferentes disciplinas de la ingeniería civil, que le den soporte a este proceso selectivo.

Partiendo de todo lo comentado anteriormente, a continuación en la Fig. No. 3.1, se presenta el Esquema Metodológico de proceso que se requiere para lograr el emplazamiento de un relleno sanitario.

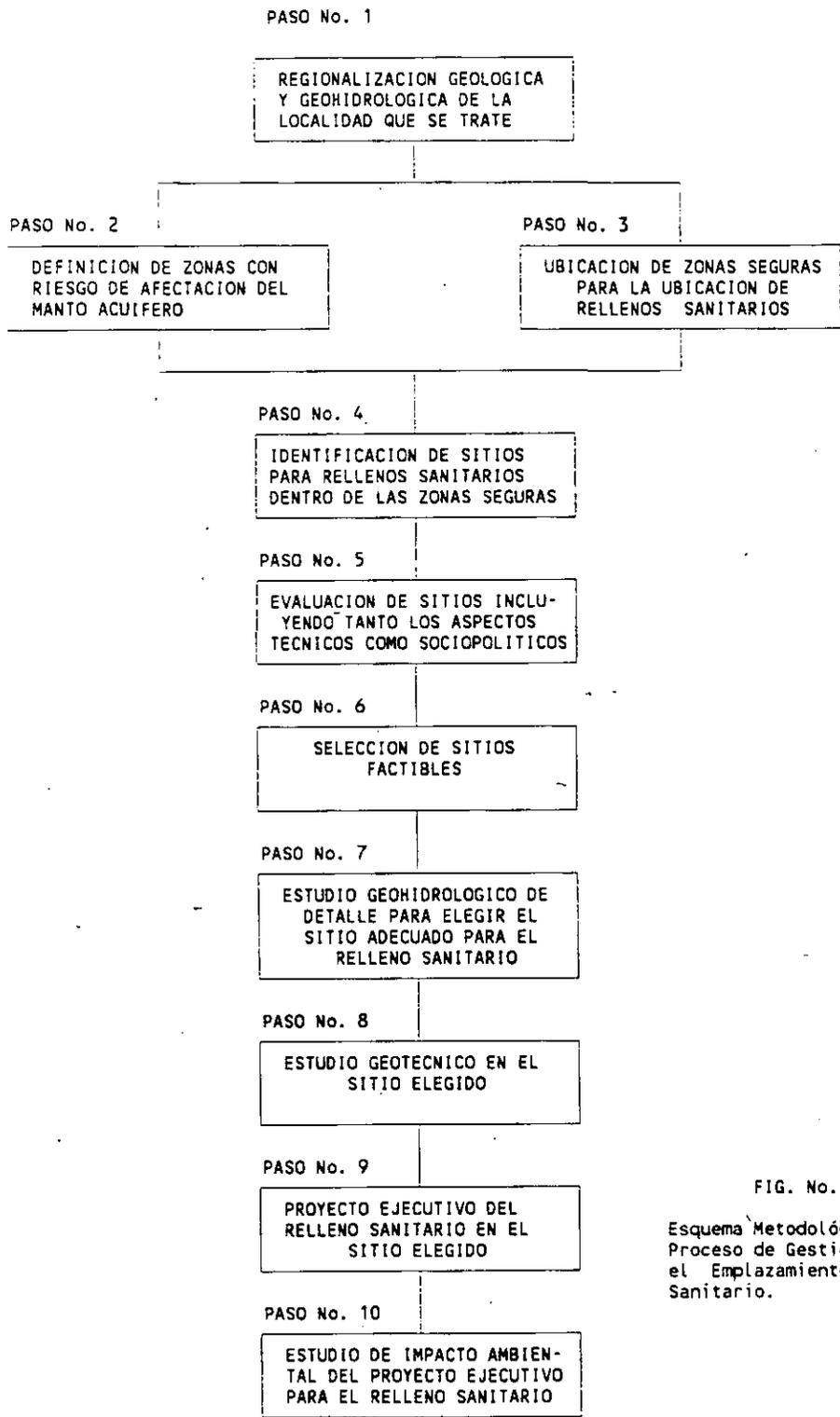


FIG. No. 3.1

Esquema Metodológico referente al Proceso de Gestión Requerido para el Emplazamiento de un Relleno Sanitario.

Del esquema genérico que se presenta en la Fig. No. 3.1, se puede ver claramente que excepto los pasos Nos. 4, 5 y 6, el resto de ellos se refieren a estudios bien definidos, relativos a disciplinas de la ingeniería como son: Geología y Geohidrología, Geotécnica, Ing. Sanitaria e Impacto Ambiental. Los alcances y objetivos de tales estudios no tienen mayores problemas e implicaciones para ser efectuados. Ahora bien, los pasos Nos. 4, 5 y 6 requieren de la aplicación de una metodología bien definida, para poder ser desarrollados adecuadamente. A continuación, en el capítulo siguiente, se presenta la descripción de una metodología cuyo objetivo es la identificación, evaluación y selección de sitios para rellenos sanitarios.

4. METODOLOGIA ESPECIFICA DE EVALUACION Y SELECCION DE SITIOS PROPUESTOS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN RELLENO SANITARIO

4.1 Consideraciones Generales de la Metodología Propuesta.

La selección de un determinado sitio de entre un conjunto de posibilidades, para la ubicación de un relleno sanitario; plantea una serie de aspectos económicos, políticos, sociales, técnicos y ecológicos que siempre resultan difíciles de evaluar cuando no se cuenta con una metodología clara, precisa y racional; sobre todo aquellos donde no es posible establecer con claridad las relaciones existentes entre el hombre y su entorno, a partir de las características intrínsecas que identifican a cada uno de los sitios por evaluar. De acuerdo con esto, puede decirse entonces que para la evaluación de los sitios propuestos, es necesario establecer una especie de enfrentamientos entre el "HOMBRE Y SU ENTORNO", como si fueran dos adversarios que buscan definir aquellas estrategias, que les permitan maximizar y minimizar sus ganancias y pérdidas respectivamente.

La metodología para conocer las estrategias anteriores se conoce como "TEORIA DE JUEGOS", donde "JUEGO" se refiere al grupo de reglas y convenciones para instrumentar el enfrentamiento; requiriéndose establecerlo para cada uno de los sitios en conflicto, con el fin de conocer la afectación potencial ambiental de cada uno de ellos, cuidando de aplicar adecuadamente las reglas de juego previamente establecidas, con el fin de jerarquizarlos ambientalmente.

De acuerdo con lo anterior, las acciones del hombre que necesariamente influirán en los "ELEMENTOS DEL ENTORNO", pueden evaluarse a partir de la definición y medición de ciertos indicadores de la afectación ambiental, definidos como "FACTORES DE CAMPO".

Así mismo, cabe aclarar que con esta metodología, no se pretenden conocer las acciones alteradoras del hombre para instrumentarlas en la realidad; sino más bien, la idea es resolver el juego numéricamente, con objeto de conocer cuales de sus acciones serán más impactantes, así como los elementos del entorno que serán afectados en mayor proporción, para de esta forma,

estar en condiciones de formular los controles más adecuados que permitan minimizar el efecto ambiental.

Para poder establecer el juego entre el hombre y su entorno, se tomaron en cuenta los siguientes "FACTORES DE CAMPO": Existencia de Material para la Cobertura de los Residuos, Necesidad de Acondicionamiento del Sitio, Cercanía a Zonas Urbanas, Incidencia de Vientos, Visibilidad del Sitio, Ubicación Respecto a Cuerpos de Aguas Superficiales y Pozos de Abastecimiento de Agua Potable, Características del Suelo (Permeabilidad y Cap. de Intercambio Catiónico), Profundidad del Manto Freático, Existencia de Caminos de Acceso y Ubicación del Sitio Dentro de su Cuenca Aportante. Cabe aclarar que la descripción de los conceptos empleados en la definición de los factores de campo, a partir de los cuales se eligieron los señalados en el párrafo anterior, se presentan en la sección de anexos de este documento. Los conceptos elegidos para este método, involucran a la mayor parte de los eventos que intervienen en el emplazamiento de cualquier relleno sanitario, amén de estar íntimamente relacionados con los elementos que integran el entorno de cualquier sitio, donde se pretenda instrumentar un relleno sanitario.

Por otro lado, como "ELEMENTOS DEL ENTORNO" se consideraron al Agua, al Aire, al Suelo, al Bienestar y a la Salud; por ser los que principalmente se ven afectados con la implantación de un relleno sanitario.

Las "MATRICES DE PAGOS" para cada uno de los sitios en conflicto, se construirán con los resultados del producto de la "MATRIZ DE CONTRIBUCIONES PROPORCIONALES" de los Factores de Campo a los Elementos del Entorno (Cuadro No. 4.1.1), por las "MATRICES DE CALIFICACION" de los factores de campo de cada uno de los sitios. La Matriz de Contribuciones Proporcionales, se estructuró evaluando el efecto de cada uno de los Factores de Campo, sobre cada uno de los Elementos del Entorno considerados. Para evaluar numéricamente estos efectos se hace necesario dividir proporcionalmente el impacto de cada Factor de Campo sobre cada uno de los Elementos del Entorno. Por ejemplo, para el caso del material de cubierta, se consideró que puede haber una afectación de 10 % al aire, de 40 % al agua, del 30 % al suelo y del 20 % a la salud.

CUADRO No. 4.1.1

**MATRIZ DE CONTRIBUCION PROPORCIONAL DE LOS FACTORES DE CAMPO
A LOS ELEMENTOS DEL ENTORNO**

FACTOR DE CAMPO	ELEMENTOS DEL ENTORNO					TOTAL
	AIRE	AGUA	SUELO	BIENESTAR	SALUD	
MATERIALES PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	0.10	0.35	0.35		0.20	1.00
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	0.25	0.15	0.20	0.25	0.15	1.00
CERCANIA A ZONAS URBANAS	0.20	0.15	0.15	0.25	0.25	1.00
INCIDENCIA DEL VIENTO	0.30	0.15	0.05	0.25	0.25	1.00
VISIBILIDAD DEL SITIO				1.00		1.00
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		0.50		0.20	0.30	1.00
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE		0.45	0.25		0.30	1.00
PERMEABILIDAD (K)		0.50	0.20		0.30	1.00
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)		0.40	0.25		0.35	1.00
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO		0.50	0.15	0.10	0.25	1.00
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.20		0.15	0.40	0.25	1.00
TOTALES	1.05	3.15	1.75	2.45	2.60	11.00

Al respecto, cabe aclarar que únicamente se consideraron las condiciones más adversas y los efectos más directos, ya que de otra manera hubieran intervenido todos los elementos ambientales.

Ahora bien, para formular las matrices de "Calificación" de los Factores de Campo, correspondientes a cada uno de los sitios por evaluar; se debe hacer uso de ciertas funciones de sensibilidad cuyos tipos y límites se fijaron tomando como base, las normas y recomendaciones existentes en la bibliografía del tema, así como la importancia del Factor de Campo que se trate y la experiencia que hasta la fecha se ha alcanzado en el medio mexicano, respecto a la disposición de los residuos sólidos empleando el método del relleno sanitario. Los tipos de función, fundamentos de sus límites y expresiones que las engloban, aparecen en el Cuadro No. 4.1.2. Así mismo, en las Figuras de la 4.1.1 a la 4.1.12, se presentan las gráficas de dichas funciones, así como los valores numéricos. El objetivo de utilizar las funciones de sensibilidad, es eliminar al máximo la subjetividad al calificar cada Factor de Campo.

Los criterios que se emplearon para asignar los valores límites fijados para las funciones de sensibilidad correspondientes a los factores de campo considerados, se describen a continuación:

Material para Cobertura de los Residuos. El rango varía de 0 a 3 donde el valor mínimo de 0 corresponde a sitios con autosuficiencia de material de cubierta, el valor de 1 para cuando los acarreo sean menores de 5 Kms, el valor de 2 para cuando los acarreo sean entre 5 y 10 Kms y el valor de 3 para cuando los acarreo sean mayores a 10 Kms (Ver Fig. No. 4.1.1).

Acondicionamiento del Sitio. Se establece el rango de 0 a 4, tomando 0 cuando no se requiera un acondicionamiento adicional ligado a la operación en sí del relleno; y de 4 cuando el acondicionamiento sea previo a la iniciación de la operación del relleno y con un alto grado de dificultad (Ver Fig. No. 4.1.2).

Cercanía a Zonas Urbanas. El rango establecido varía de 0 a 12 Kms.; siguiendo un comportamiento paraboloidal, con valores máximos para la función iguales a 1, para cuando la

CUADRO No. 4.1.2

FUNDAMENTOS Y EXPRESIONES ALGEBRAICAS DE LAS
FUNCIONES DE SENSIBILIDAD

FACTOR DE CAMPO	TIPO DE FUNCION	FUNDAMENTO DE LIMITES	EXPRESION Y LIMITES
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = x/3 ; 0 \leq x \leq 3$
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = x/4 ; 0 \leq x \leq 3$
CERCANIA A ZONAS URBANAS	PARABOLICA	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = 1 - (a^2 - (x-a)^2) / a^2 ;$ $0 \leq x \text{ (Kms.)} \leq 12$ $f(x) = 1 ; x > 12 \text{ Kms.}$
INCIDENCIA DE VIENTOS	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = x/4 ; 0 \leq x \leq 4$ (Criterios No. 1) $f(x) = x/365 ; 0 \leq x \leq 365$ (Criterio No. 2)
VISIBILIDAD DEL SITIO	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = x/2 ; 0 \leq x \leq 2$
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = 1 - (x/3) ;$ $0 \leq x \leq 3$
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	LINEAL	RECOMENDACION SEDESOL	$f(x) = 1 - (x/3) ;$ $0 \leq x \leq 3$
PERMEABILIDAD (K)	LINEAL	RECOMENDACION SEDESOL	$f(x) = k/f$ $10^{-3} \leq x(\text{cm/s}) \leq 10^{-7}$
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (K)	LINEAL	RECOMENDACION SEDESOL	$f(x) = 1 - (x/28)$ $0 \leq x(\text{meq}/100 \text{ gr}) \leq 28$
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO	LINEAL	IMPORTANCIA DEL FACTOR DE CAMPO	$f(x) = 1 - (x/50)$ $0 \leq x(\text{m}) \leq 50$
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	LINEAL	EXPERIENCIA EN EL MEDIO MEXICANO	$f(x) = 1 - (x/4)$ $0 \leq x \leq 4$

distancia es de 0 Kms. o mayor de 12 Kms. El valor de 0 para la función, será para cuando la distancia sea de 6 Kms. (Ver Fig. No. 4.1.3).

Incidencia de Vientos. Se considera un rango de 0 a 4, correspondiendo el 0 a aquella situación en que el viento incide en un ángulo de 180° de la población hacia el sitio; y de 4 cuando incide también en un ángulo de 180° pero de manera inversa, es decir del sitio a la población, o bien, cuando no hay incidencia sobre la población. El valor intermedio de 2.0, es para cuando la incidencia se presenta a partir del sitio y en dirección a la población, con un ángulo que de 90° a 180° , medido sobre un eje lineal que ligue al sitio con la población (Ver Fig. No. 4.1.4). Cuando no haya posibilidad de utilizar esta función, se aplicará el criterio de considerar el No. de días al año con vientos incidiendo del sitio a la población (Ver Fig. No. 4.1.5).

Visibilidad del Sitio. Se establece un rango de 0 a 2, donde el mínimo valor corresponde a un sitio completamente oculto mientras que el máximo corresponde a uno totalmente visible (Ver Fig. No. 4.1.6).

Ubicación Respecto a Cuerpos de Agua Superficiales y Pozos de Abastecimiento de Agua Potable. El rango establecido varía de 0 a 3, donde el valor de 0 corresponde a la ubicación del sitio dentro del área de aportación de un embalse, presa o lago. El valor de 1.5, corresponderá a la ubicación de un sitio fuera del área de aportación de un embalse, presa o lago, pero descargando directamente a un escurrimiento natural de tipo perene. El valor de 3.0, corresponderá a una situación semejante a la del valor de 1.5, pero descargando a un cauce natural con escurrimiento intermitente (sólo en época de lluvia). (Ver Fig. No. 4.1.7)

Ubicación del Sitio dentro de la Cuenca Aportante. El rango varía de 0 a 3, y se considera que el máximo valor corresponde a aquella condición en que el sitio se halla al inicio del escurrimiento de manera tal que las aguas escurren del sitio hacia aguas abajo; mientras que el mínimo valor será para aquella condición en que el escurrimiento sea de aguas arriba hacia el sitio. (Ver Fig. No. 4.1.8)

Permeabilidad (K). La relación de este parámetro es de tipo lineal, tomando un valor mínimo de 0 para una permeabilidad de 1×10^{-7} cm/seg., un valor intermedio de 0.5 para una permeabilidad de 1

10^{-5} cm/seg; y un valor máximo de 1 para una permeabilidad de 1×10^{-3} cm/seg. (Ver Fig No. 4.1.9).

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C). El rango de variación es de 0 a 28 meq/100 gr de suelo siguiendo un comportamiento lineal donde el valor de 0 corresponde a un C.I.C. de 28 meq/100 gr de suelo, mientras que el valor intermedio de 0.5 se refiere a un C.I.C. de 14 meq/100 gr de suelo. (Ver Fig. No. 4.1.10)

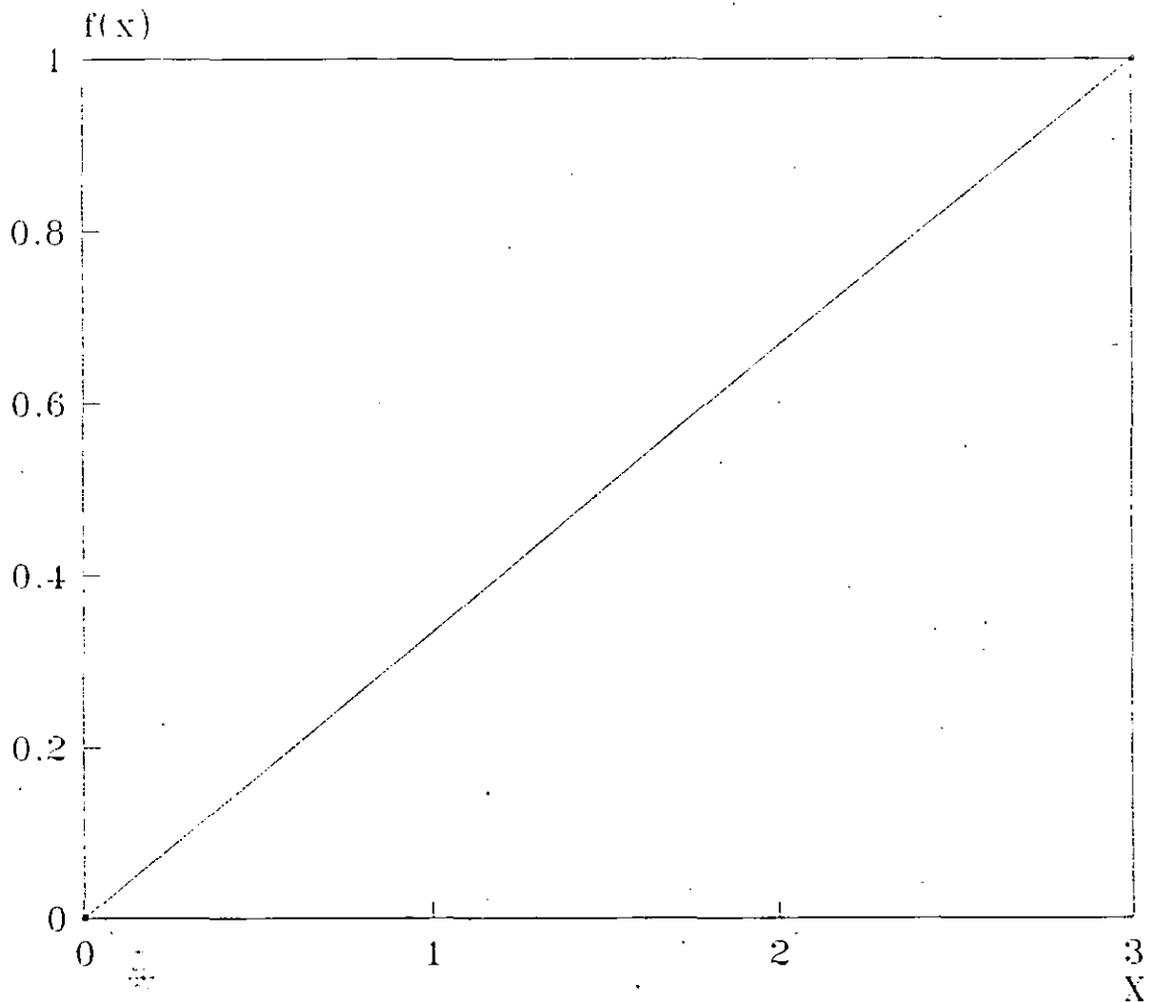
Profundidad del Manto Freático. También para este parámetro se tendrá una variación de tipo lineal, con un valor máximo de 1 para una profundidad de 0 mts., un valor intermedio de 0.5 para una profundidad de 25 mts. y un valor mínimo de 0 para una profundidad de 50 mts. o más. (Ver Fig. No. 4.1.11)

Existencia de Caminos de Acceso. El rango de variación es de 0 a 4, donde el valor máximo de la función corresponde al 0 (inexistencia de camino); el valor intermedio de 0.5 de la función corresponde a 2 (camino de terracería); y el valor mínimo de la función siempre se relacionará con el 4 (camino asfaltado). (Ver Fig. No. 4.1.12).

Una vez establecidas las matrices de pagos para cada uno de los sitios en conflicto, se estará en condiciones de calificarlos y jerarquizarlos, mediante la solución al juego planteado entre el "Hombre y su Entorno".

Aunque existen varios métodos para resolver un determinado juego, para dar solución al formulado anteriormente, se propone la utilización del Método de Newman-Dantzig, el cual con las adecuaciones del caso, resuelve el juego mediante programación Lineal. Para ello, el juego para cada sitio, se debe plantear a través de la propia matriz de pagos, la cual como ya se comentó anteriormente, relaciona dos conjuntos; el de las acciones del hombre que causan impacto a su entorno y el de los elementos del entorno que pueden verse impactados. Ambos conjuntos representan las diferentes estrategias que pueden ser consideradas por los antagonistas, mientras

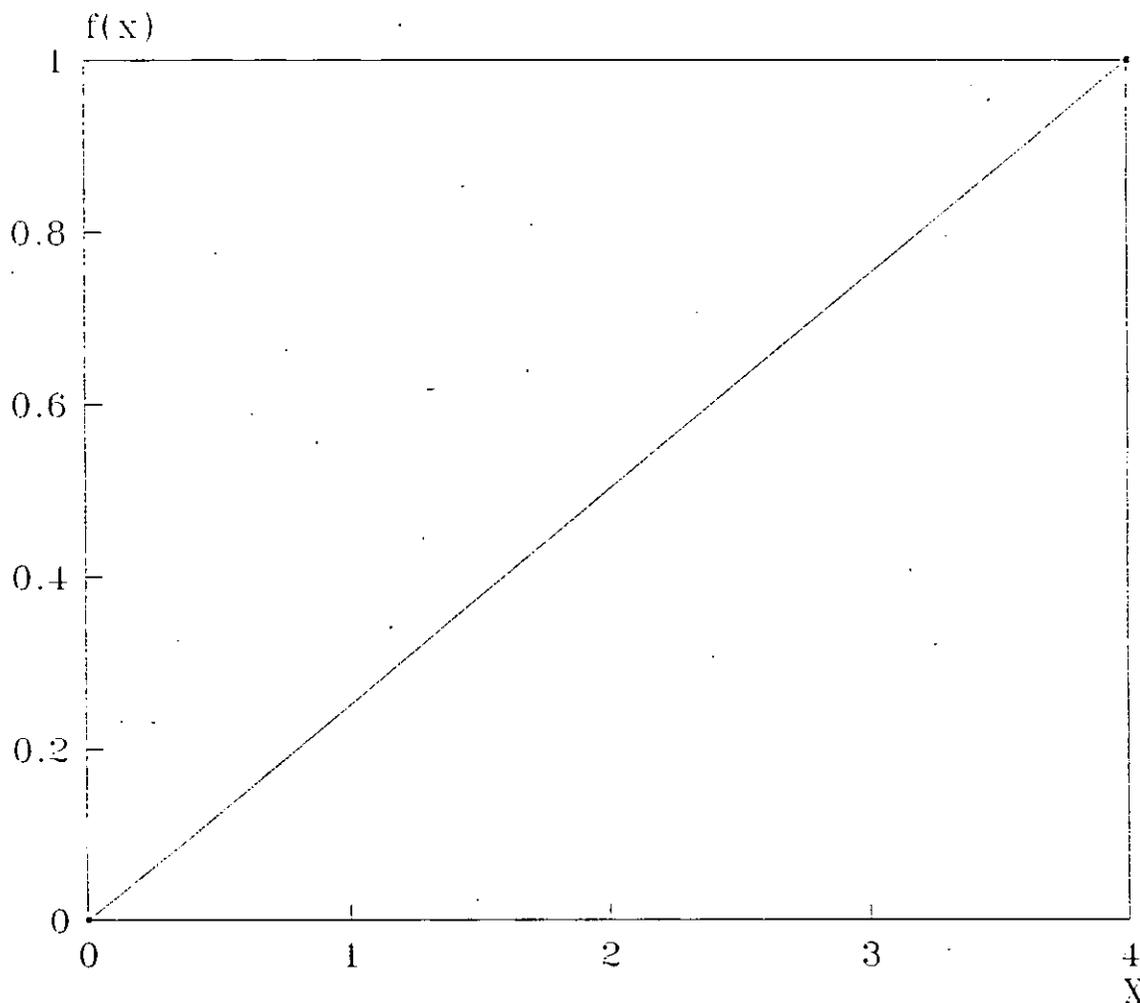
FUNCION DE SENSIBILIDAD
MATERIAL DE CUBIERTA
(Adimensional)



→ $f(x) = x/3 ; 0 \leq x \leq 3$

Fig. 4.1.1 .

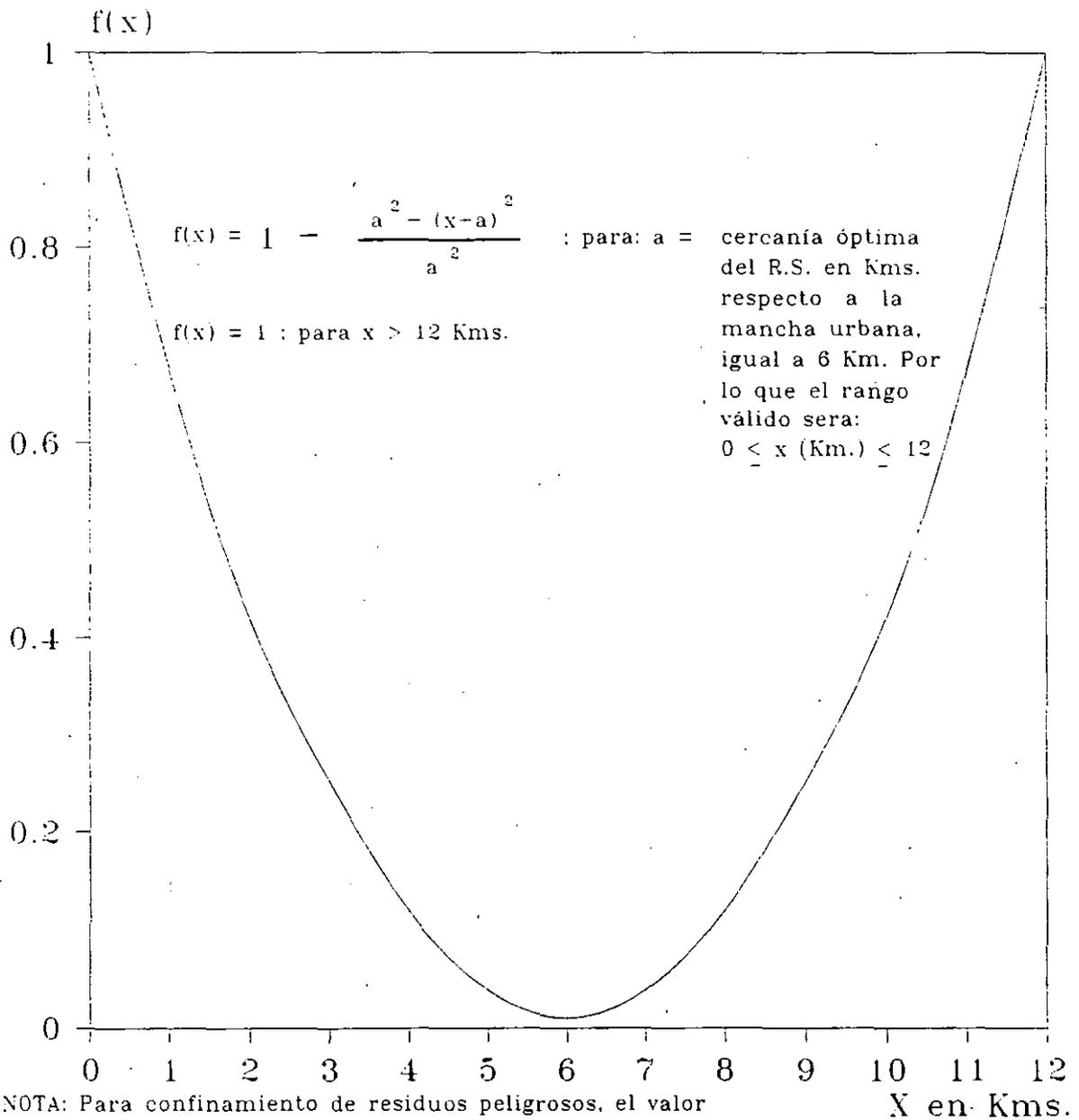
FUNCION DE SENSIBILIDAD
ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO
(Adimensional)



—•— $f(x) = x/4 ; 0 \leq x \leq 4$

Fig. 4.1.2

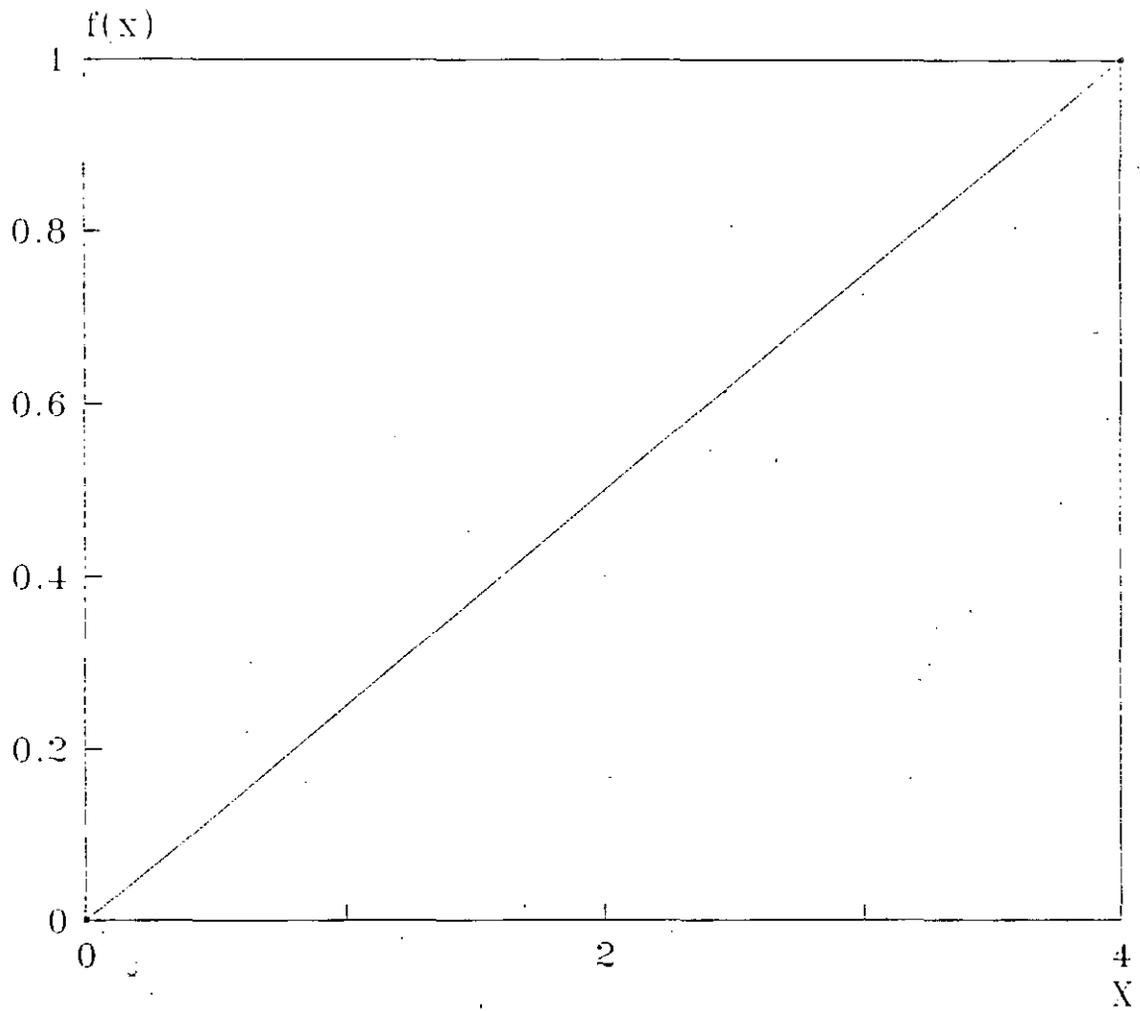
FUNCION DE SENSIBILIDAD CERCANIA A ZONAS URBANAS



NOTA: Para confinamiento de residuos peligrosos, el valor límite de 12 Kms., puede sustituirse por el de 30 Kms.

Fig. 4.1.3

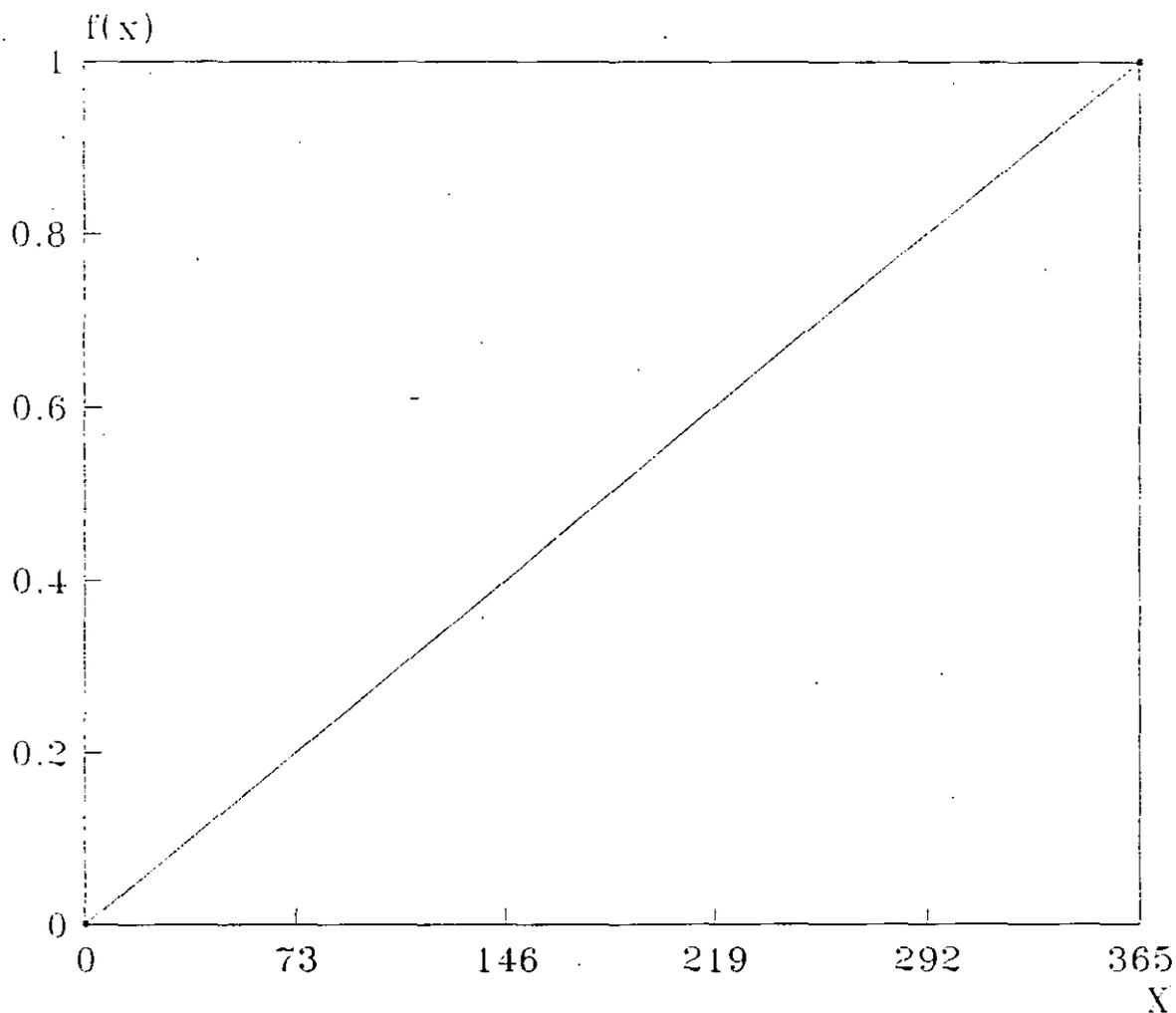
FUNCION DE SENSIBILIDAD
INCIDENCIA DE VIENTOS
CRITERIO No. 1
(Adimensional)



$f(x) = (x/4) ; 0 \leq x \leq 4$

FIG. 4.1.4

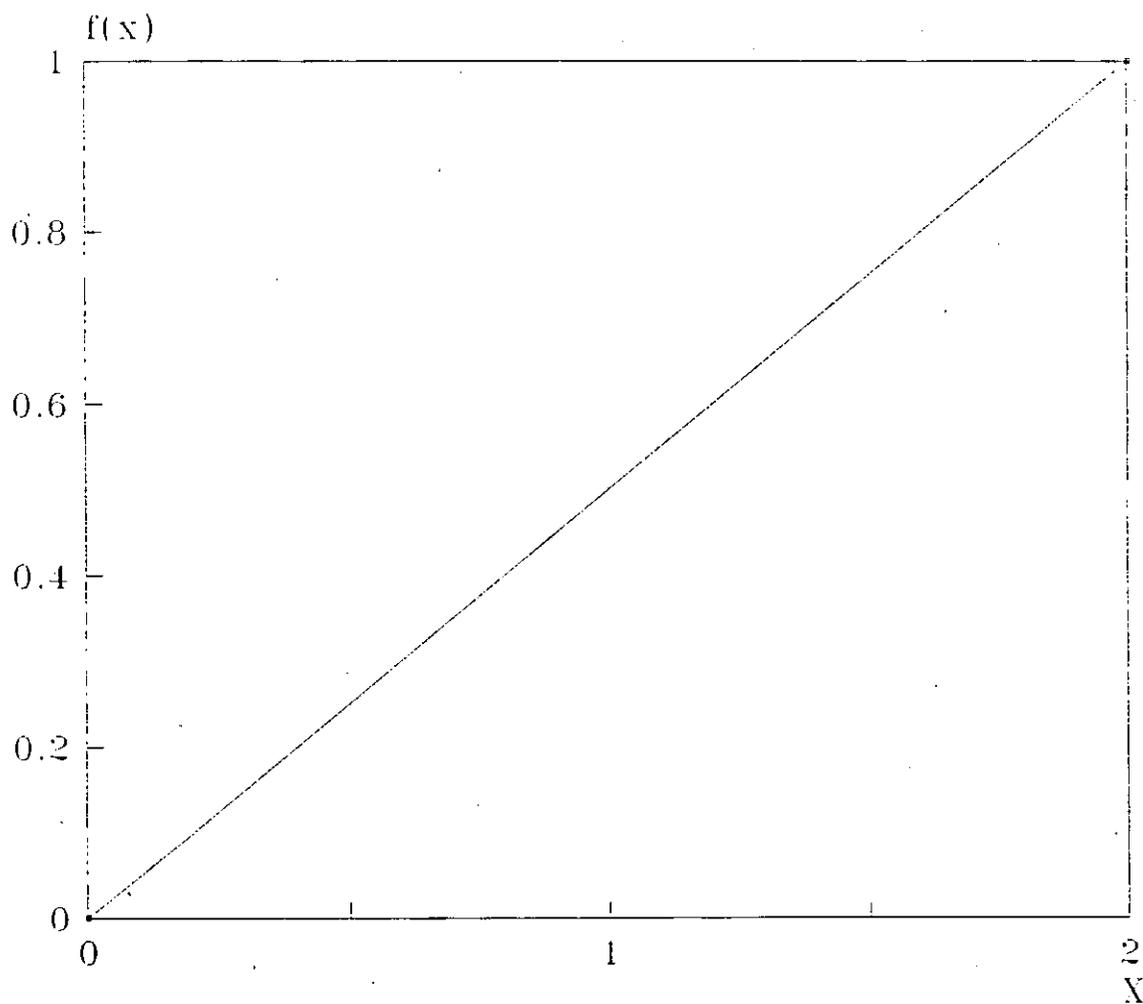
FUNCION DE SENSIBILIDAD
INCIDENCIA DE VIENTOS
CRITERIO No. 2
(Adimensional)



—•— $f(x) = x / 365 \quad 0 \leq x \leq 365$

Fig. 4.1.5

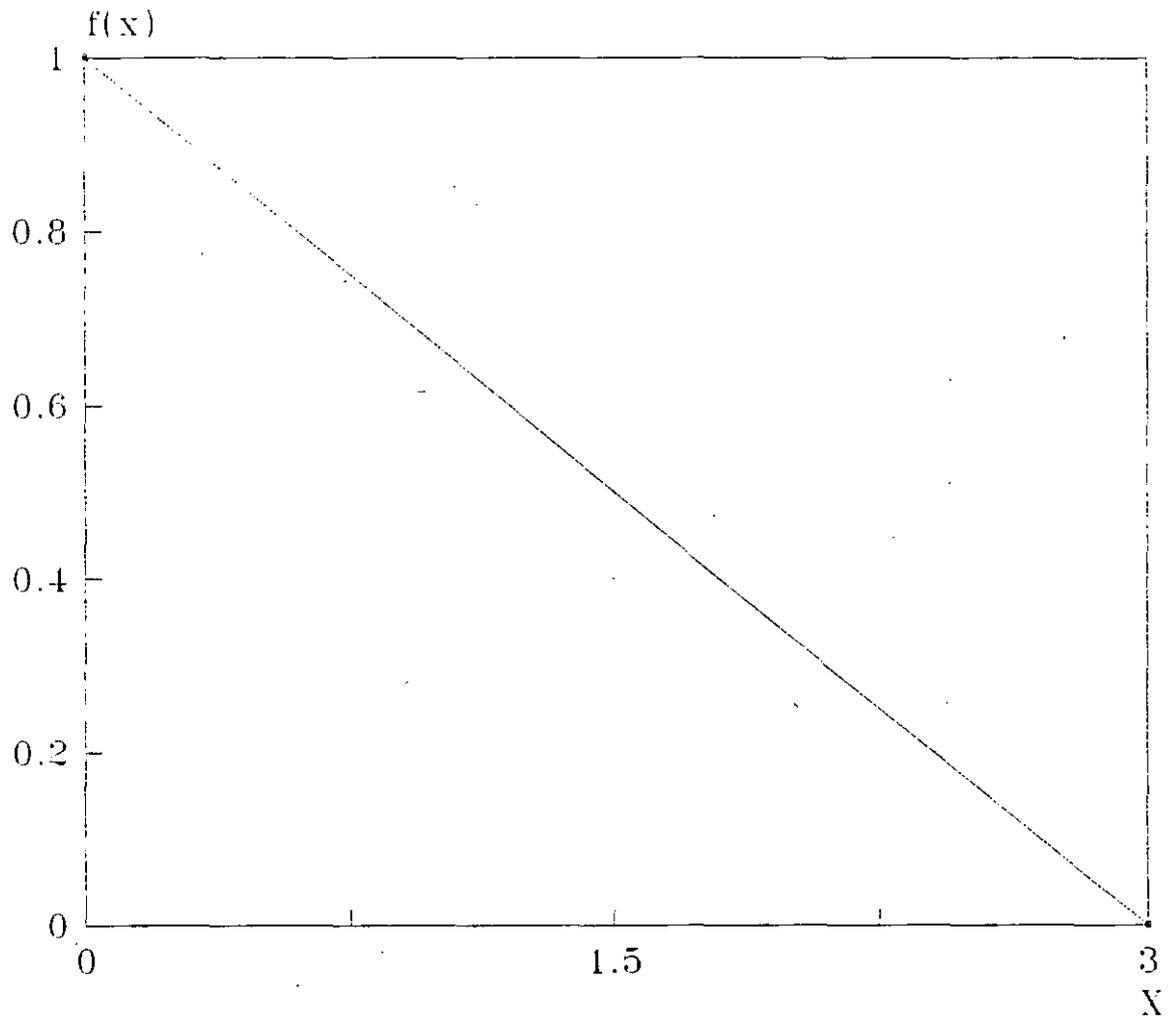
FUNCION DE SENSIBILIDAD
VISIBILIDAD DEL SITIO
(Adimensional)



—•— $f(x) = x/2 ; 0 \leq x \leq 2$

Fig. 4.1.6

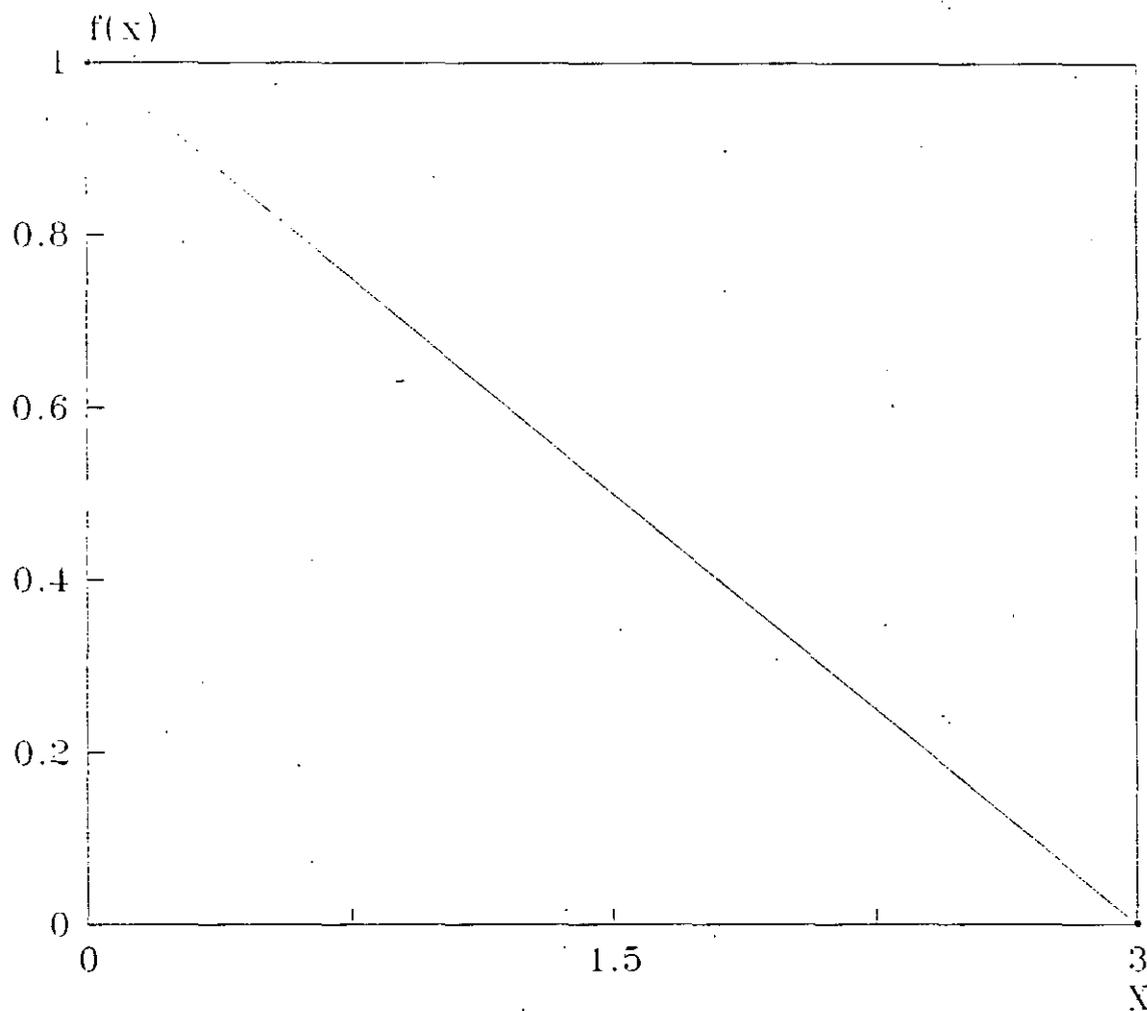
FUNCION DE SENSIBILIDAD
UBICACION RESPECTO A CUERPOS
DE AGUAS SUPERFICIALES
(Adimensional)



—•— $f(x) = 1 - (x/3) ; 0 \leq x \leq 3$

Fig. 4.1.7

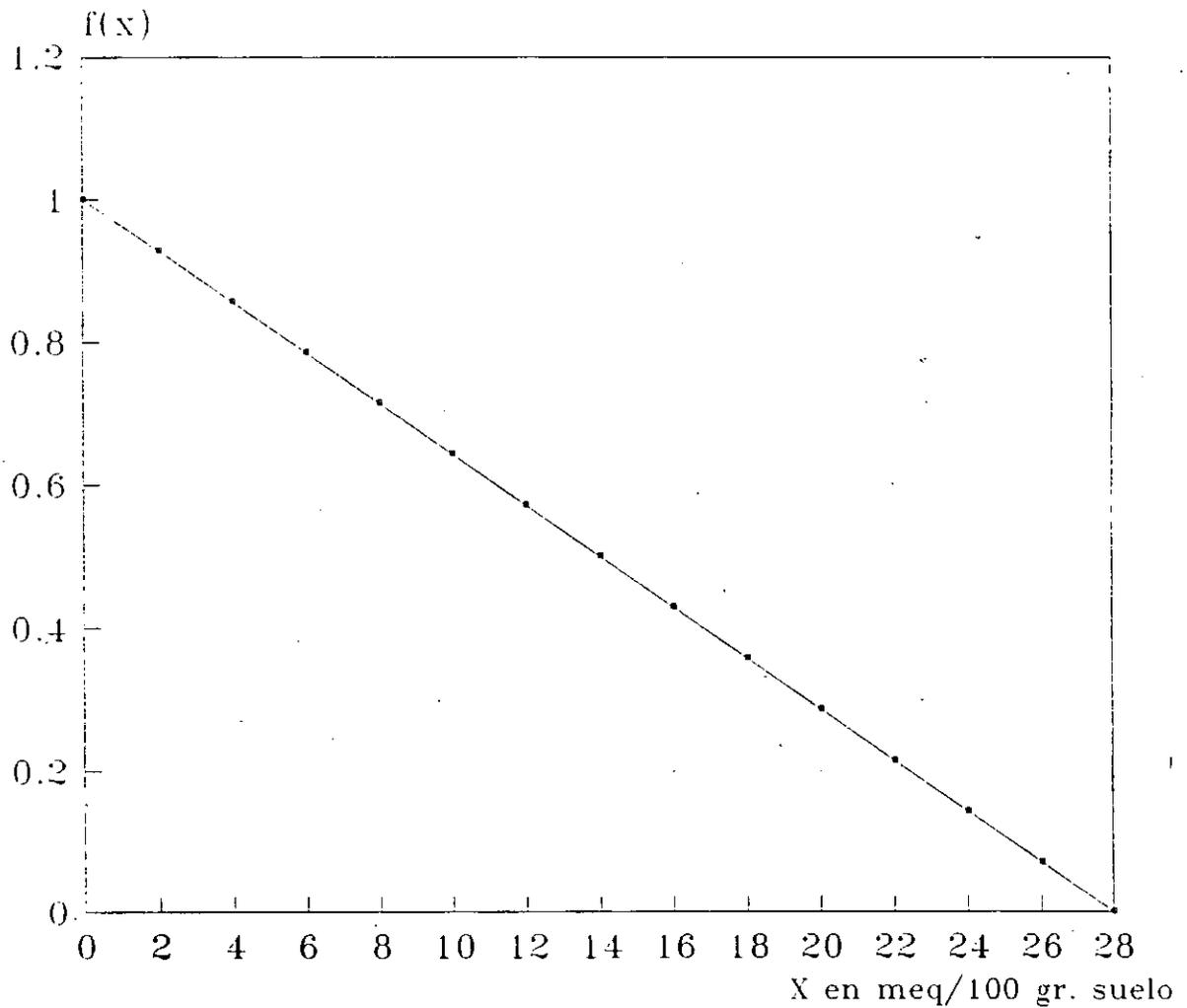
FUNCION DE SENSIBILIDAD
UBICACION DENTRO DE LA
CUENCA APORTANTE
(Adimensional)



— $f(x) = 1 - (x/3) ; 0 \leq x \leq 3$

Fig. 4.1.8

FUNCION DE SENSIBILIDAD
CARACTERISTICAS DEL SUELO
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIONICO



—•— $f(x) = 1 - (x/28)$

$0 \leq x \leq 28$

Fig. 4.1.10

FUNCION DE SENSIBILIDAD PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO

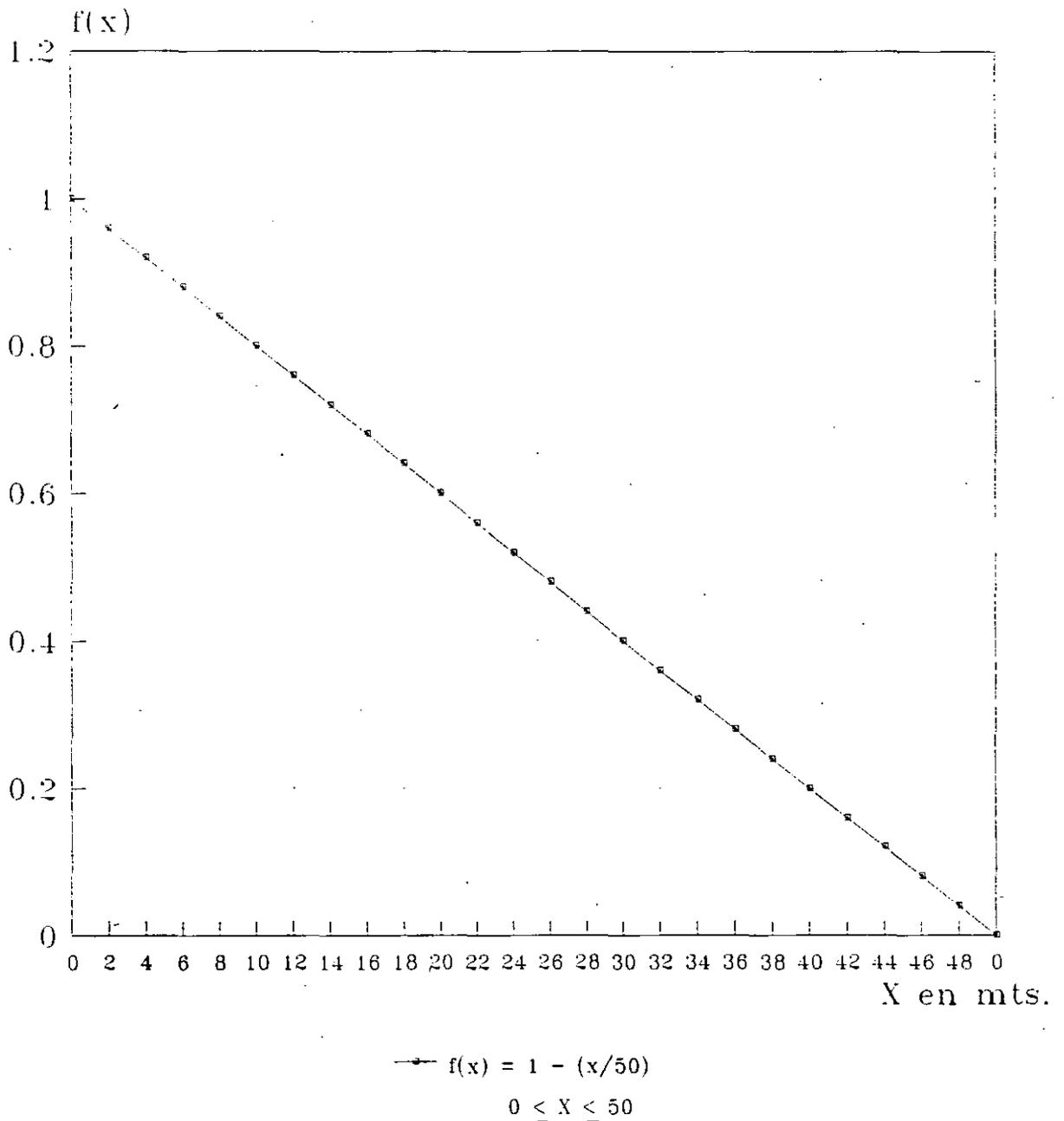
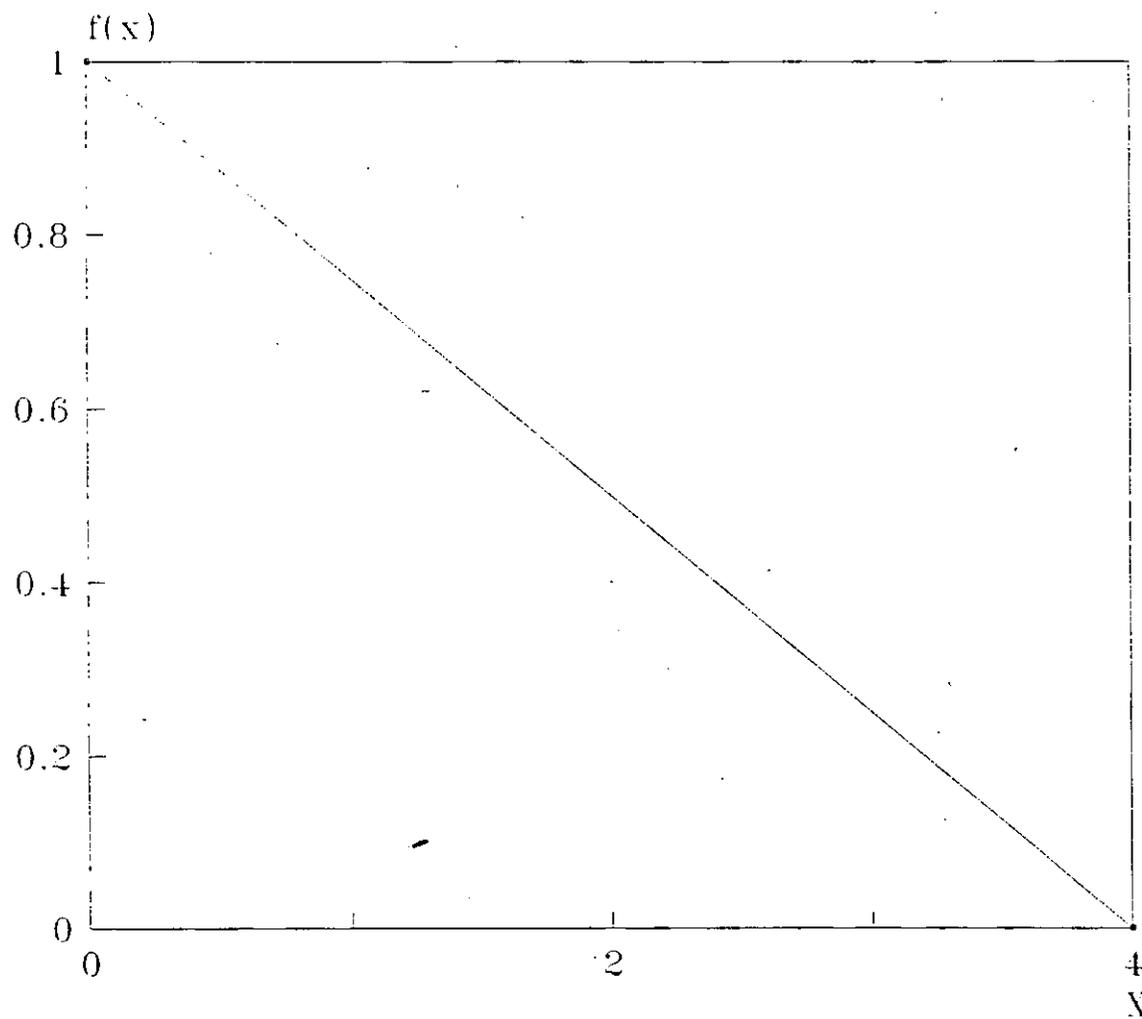


Fig. 4.1.11

FUNCION DE SENSIBILIDAD
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO
(Adimensional)



—•— $f(x) = 1 - (x/4) ; 0 \leq x \leq 4$

Fig. 4.1.12

que el pago es una regla que indica cuanto recibirá un jugador del otro, cuando ambos eligen una estrategia particular de sus respectivos conjuntos de estrategias.

4.2 Aplicación del Método Propuesto.

Con el objeto de ejemplificar la aplicación del método antes descrito, se consideraron dos sitios hipotéticos para ubicar un relleno sanitario, cuyas características se presentan en el Cuadro No. 4.2.1. El desarrollo del método incluye el establecimiento de las "Matrices de calificación" de factores de campo (Cuadro No. 4.2.2) y de las de "Matrices de pagos" (Cuadro No. 4.2.3), estas últimas a partir de la aplicación de las funciones de sensibilidad y de la utilización de la "Matriz de contribuciones proporcionales".

Las matrices del Cuadro No. 4.2.3, deben leerse de este modo:

"La calidad ambiental de un determinado sitio donde se pretende implantar un relleno sanitario, puede sufrir un cierto deterioro en los diferentes elementos ambientales de su entorno que lo caracterizan. Este deterioro está valuado en la matriz de pagos correspondiente, debiéndose a las acciones del hombre representadas en este caso, por los factores de campo."

CUADRO No. 4.2.1

CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS HIPOTETICOS

FACTOR DE CAMPO	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	AUTOSUFICIENTE	ACARREOS MENORES A 5 Kms.
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO	SIMULTANEO	PREVIO CON POCA DIFICULTAD.
CERCANIA A ZONAS URBANAS	3 Km.	10 Km.
INCIDENCIA DE VIENTOS	NO INCIDEN SOBRE LA POBLACION	INCIDEN DIRECTAMENTE SOBRE LA POBLACION
VISIBILIDAD DEL SITIO	VISIBLE	SEMIOCULTO
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FUERA DE AREAS APORTADORAS DE CUERPOS DE AGUA, PERO DESCARGANDO A UN ESCURRIMIENTO NATURAL PERMANENTE	UBICADO EN AREA DE APORTACION DE UNA PRESA
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	ES INICIO DE CUENCA O ESCURRIMIENTO	EN INCISO DE CUENCA O ESCURRIMIENTO
PERMEABILIDAD (K)	1×10^{-5} cm/s	1×10^{-6} cm/s
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (K)	5 meq/100 gr.	8 meq/100 gr
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO	25 m.	40 m.
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	DE TERRACERIA	DE TERRACERIA

CUADRO No. 4.2.2

MATRICES "DE CALIFICACION" DE FACTOR DE CAMPO

FACTOR DE CAMPO	CALIFICACION	
	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	0	0.35
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO	0	0.50
CERCANIA A ZONAS URBANAS	0.26	0.43
INCIDENCIA DE VIENTOS	0	1.0
VISIBILIDAD DEL SITIO	1.0	0.50
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	0.50	1.0
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	0	0
PERMEABILIDAD (K)	0.50	0.25
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (K)	0.82	0.71
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO	0.50	0.20
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.50	0.5

CUADRO No. 4.2.3

**MATRICES DE PAGOS PARA EL JUEGO "ACCIONES DEL HOMBRE" (FACTOR DE CAMPO)
CONTRA SU "ENTORNO" (ELEMENTOS DEL ENTORNO) CORRESPONDIENTES A
LOS SITIOS HIPOTETICOS CONSIDERADOS EN EL ANALISIS**

ELEMENTOS DE SU ENTORNO (NATURALEZA)		FACTORES DE CAMPO (HOMBRE)	MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS	ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO	CERCA-NIA A ZONAS URBANAS	INCIDEN-CIA DE VIENTOS	VISIBI-LIDAD - DEL SITIO	UBICACION RES-PECTO A CUERPOS DE AGUA SUPERFI-CIALES Y POZOS DE ABASTECIMIEN-TO DE AGUA POTA-BLE	UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE	PERMEA-BILIDAD (K)	CAPACI-DAD DE INTER-CAMBIO CATIONI-CO (CIC)	PROFUN-DIDAD - DEL MAN-TO FREA-TICO	EXISTEN-CIA DE CAMINOS DE ACCESO
S I T I O	AIRE		0	0	0.052	0	0	0	0	0	0	0	0.100
	AGUA		0	0	0.039	0	0	0.25	0	0.25	0.328	0.25	0
	SUELO		0	0	0.039	0	0	0	0	0.10	0.205	0.075	0.075
No.	BIENESTAR		0	0	0.065	0	1.0	0.10	0	0	0	0.05	0.200
1	SALUD		0	0	0.065	0	0	0.15	0	0.15	0.287	0.125	0.125
S I T I O	AIRE		0.035	0.125	0.086	0.30	0	0	0	0	0	0	0.100
	AGUA		0.122	0.075	0.0645	0.15	0	0.50	0	0.125	0.285	0.10	0
	SUELO		0.122	0.100	0.0645	0.05	0	0	0	0.050	0.177	0.03	0.075
No.	BIENESTAR		0	0.125	0.1075	0.25	0.50	0.20	0	0	0	0.02	0.200
2	SALUD		0.070	0.075	0.1075	0.25	0	0.30	0	0	0.25	0.05	0.125

La transformación de una matriz de pagos en un problema de programación lineal, sólo se ejemplifica para el sitio No. 1, con fines meramente ilustrativos. El problema formulado, siempre será de maximización, ya que tratan de identificar las acciones del hombre que más afectan a la naturaleza; con el fin de seleccionar aquel sitio que involucre un menor daño al ambiente, por la implantación de un relleno sanitario.

El procedimiento para la transformación de las matrices de pagos en un problema típico de programación lineal, para ser resuelto mediante el método simplex, se describe a continuación:

a) Se obtiene un sistema de restricciones original, a partir de la matriz de pagos.

SISTEMA INICIAL DE RESTRICCIONES

$$\begin{aligned}
 0X_1 + 0X_2 + 0.052X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0.10X_{11} &\geq \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0.25X_8 + 0.32X_9 + 0.25X_{10} + 0X_{11} &\geq \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0.10X_8 + 0.205X_9 + 0.075X_{10} + 0.075X_{11} &\geq \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + X_5 + 0.10X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.053X_{10} + 0.20X_{11} &\geq \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.15X_6 + 0X_7 + 0.15X_8 + 0.287X_9 + 0.125X_{10} + 0.125X_{11} &\geq \tau \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} &= 1
 \end{aligned}$$

$$\forall X_i \geq 0$$

RESTANDO VARIABLES DE HOLGURA NO NEGATIVAS TENEMOS:

$$\begin{aligned}
 0X_1 + 0X_2 + 0.052X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0.10X_{11} - X_{12} &= \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0.25X_8 + 0.32X_9 + 0.25X_{10} + 0X_{11} - X_{13} &= \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.039X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0.10X_8 + 0.205X_9 + 0.075X_{10} + 0.075X_{11} - X_{14} &= \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + X_5 + 0.10X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.053X_{10} + 0.20X_{11} - X_{15} &= \tau \\
 0X_1 + 0X_2 + 0.065X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.15X_6 + 0X_7 + 0.15X_8 + 0.287X_9 + 0.125X_{10} + 0.125X_{11} - X_{16} &= \tau \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} &= 1
 \end{aligned}$$

$$\forall X_i \geq 0$$

**RESTANDO LA PRIMERA ECUACION, DE LA SEGUNDA, TERCERA,
CUARTA Y QUINTA ECUACION, SE ENCUENTRA EL
PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL,
CONSISTENTE EN MAXIMIZAR:**

$$Z = 0X_1 + 0X_2 + 0.052X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0.10X_{11} - X_{12} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 - 0.013X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0.25X_8 + 0.32X_9 + 0.25X_{10} - 0.10X_{11} + X_{12} - X_{13} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 - 0.013X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0.010X_8 + 0.205X_9 + 0.075X_{10} - 0.025X_{11} + X_{12} - X_{14} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 + 0.013X_3 + 0X_4 + X_5 + 0.10X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.05X_{10} + 0.10X_{11} + X_{12} - X_{15} = 0$$

$$0X_1 + 0X_2 + 0.013X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.15X_6 + 0X_7 + 0.15X_8 + 0.287X_9 + 0.125X_{10} + 0.025X_{11} + X_{12} - X_{16} = 0$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} = 1$$

$$\forall X_i \geq 0$$

Puesto que las técnicas de cálculo para la solución directa de problemas de programación lineal de grandes dimensiones son bastantes engorrosas, se empleó un programa de computadora para resolver el problema de programación lineal asociado al juego planteado en la matriz de pagos establecidos anteriormente.

Dicho programa de computadora, se encuentra en Lenguaje BASIC y resuelve problemas tanto de maximización como de minimización, empleando el Método Simplex convencional. Las corridas del programa, se realizaron en un micropcesador de tipo personal.

A continuación se presentan los resultados de la solución al problema de programación lineal antes formulado, obtenidos mediante la corrida del programa de computadora mencionado anteriormente:

PROGRAMA SALMA

PROGRAMA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL
(Maximización y Minimización), CON EL METODO SIMPLEX

EL LISTADO DARA EL ARREGLO SIMPLEX Y BASE EN CADA ITERACION

SUS VARIABLES 1 HASTA 16
VARIABLES ARTIFICIALES 17 HASTA 21

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 0 ITERACIONES

0.0000	0.0000	-0.0130	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.2500	0.3200	0.2500
-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.2050	0.0750
0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0130	0.0000	1.0000	0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500
0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0130	0.0000	0.0000	0.1500	0.0000	0.1500	0.2870	0.1250
0.0000	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
0.0000	0.0000	-0.0520	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-2.0000	-1.5000	-1.0000	-1.5000	-1.8120	-1.5000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BASE ANTES DE LA ITERACION 1

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 2

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

~~BASE-ANTES-DE-LA-ITERACION-3~~

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 4

VARIABLE	VALOR
17	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 5

VARIABLE	VALOR
6	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 6

VARIABLE	VALOR
6	1
15	.1
16	.15
12	0
13	.25

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 7

VARIABLE	VALOR
6	1
15	.1
16	.15
9	0
13	.25

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 8

VARIABLE	VALOR
6	.1785715
15	9.107143E-02
16	7.071429E-02
9	8.928571E-02
11	.7321429

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 7.321429E-02

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
14	2.97612E-02
15	7.619048E-02
16	8.738096E-02
9	.2380953
11	.7619048

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 7.619048E-02

VARIABLES DUALES

VARIABLE	VALOR
17	-.2380952
18	0
19	0
20	0
21	7.619048E-02

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 8 ITERACIONES

0.0298	0.0298	-0.0356	0.0298	0.0298	0.1667	0.0298	0.0667	0.0000	0.0917
-0.5476	1.0000	0.0000	0.0000	0.5476	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0298	0.0298
0.0762	0.0762	-0.0663	0.0762	-0.9238	0.0833	0.0762	0.0167	0.0000	-0.0333
0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	-0.2381	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0762	0.0762
0.0874	0.0874	0.0663	0.0874	0.0874	0.0933	0.0874	0.0933	0.0000	0.1183
-0.6238	0.0000	0.0000	1.0000	0.6238	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0874	0.0874
0.2381	0.2381	0.2071	0.2381	0.2381	0.8333	0.2381	0.8333	1.0000	0.8333
-2.3810	0.0000	0.0000	0.0000	2.3810	0.0000	0.0000	0.0000	0.2381	0.2381
0.7619	0.7619	0.7929	0.7619	0.7619	-0.1667	0.7619	0.1667	0.0000	0.1667
0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	-2.3810	0.0000	0.0000	0.0000	0.7619	0.7619
0.0762	0.0762	0.0273	0.0762	0.0762	0.0167	0.0762	0.0167	0.0000	0.0167
0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	-0.2381	0.0000	0.0000	0.0000	0.0762	0.0762

NOTA: Cuando su problema sea de minimización y el signo de la función objetivo obtenida del cómputo sea negativo, deberá cambiarse a positivo.

PROGRAMA SALMA

PROGRAMA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL
(Maximización y Minimización), CON EL METODO SIMPLEX

EL LISTADO DARA EL ARREGLO SIMPLEX Y BASE EN CADA ITERACION

SUS VARIABLES 1 HASTA 16
VARIABLES ARTIFICIALES 17 HASTA 21

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 0 ITERACIONES

0.0870	-0.0500	-0.0215	-0.1500	0.0000	0.5000	0.0000	0.1250	0.2850	0.1000
-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0870	-0.0250	-0.0215	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.1770	0.0300
0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0350	0.0000	0.0215	-0.0500	0.5000	0.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0200
0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0350	-0.0500	0.0215	-0.0500	0.0000	0.3000	0.0000	0.0750	0.2500	0.0500
0.0000	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
-0.0350	-0.1250	-0.0860	-0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-1.1740	-0.8750	-1.0000	-0.5000	-1.5000	-2.0000	-1.0000	-1.2500	-1.7120	-1.2000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

BASE ANTES DE LA ITERACION 1

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
20	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 2

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
19	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 3

VARIABLE	VALOR
17	0
18	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 4

VARIABLE	VALOR
17	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 5

VARIABLE	VALOR
6	0
15	0
16	0
12	0
21	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 6

VARIABLE	VALOR
6	1
15	.2
16	.3
12	0
13	.5

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 7

VARIABLE	VALOR
6	1
15	.2
16	.3
9	0
13	.5

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACION 8

VARIABLE	VALOR
6	9.389914E-02
15	.3755969
16	.1420159
9	.530504
11	.1418037

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = .112679

BASE ANTES DE LA ITERACION 9

VARIABLE	VALOR
12	2.347478E-02
4	.469496
16	.132626
9	.530504
13	.104244

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = .117374

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
5	3.980208E-02
15	.3980212
16	.1206431
9	.5621767
11	.1005172

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = .1194063

VARIABLES DUALES

COLUMNA	VALOR
17	0
18	-.6746121
19	-.2388127
20	0
21	.1194063

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 9 ITERACIONES

-0.0470	0.0454	0.0859	0.0000	1.0000	0.4239	0.0398	0.0286	0.0000	0.0715
0.0000	0.2249	-1.9204	0.0000	0.0000	-0.2249	1.9204	0.0000	0.0398	0.0398
0.2302	0.4542	0.4293	1.0000	0.0000	0.2388	0.3980	0.2856	0.0000	0.3146
0.0000	2.2487	0.7960	0.0000	0.0000	-2.2487	-0.7960	0.0000	0.3980	0.3980
0.1577	0.1524	0.0782	0.0000	0.0000	-0.2276	0.1206	0.0822	0.0000	0.0877
0.0000	-0.7308	0.2413	1.0000	0.0000	0.7308	0.2413	-1.0000	0.1206	0.1206
0.8167	0.5003	0.4848	0.0000	0.0000	0.3373	0.5622	0.6859	1.0000	0.6139
0.0000	-2.4736	1.1244	0.0000	0.0000	2.4736	-1.1244	0.0000	0.5622	0.5622
0.1112	0.1245	0.0953	0.0000	0.0000	-0.4397	0.1005	0.0276	0.0000	0.0278
1.0000	-1.0423	0.2010	0.0000	-1.0000	1.0423	-0.2010	0.0000	0.1005	0.1005
0.0341	0.0113	0.0428	0.0000	0.0000	0.0716	0.1194	0.0857	0.0000	0.0944
0.0000	0.6746	0.2388	0.0000	0.0000	-0.6746	0.2388	0.0000	0.1194	0.1194

NOTA: Cuando su problema sea de minimización y el signo de la función objetivo obtenida del cómputo sea negativo, deberá cambiarse a positivo.

4.3 Interpretación de Resultados.

4.3.1 Estrategias del Hombre.

La estrategia obtenida para el juego en cuestión, tanto para el sitio No. 1 como para el No. 2, es la siguiente:

ACCIONES DEL HOMBRE	SITIO 1	SITIO 2
MATERIAL PARA COBERTURA DE LOS RESIDUOS (X ₁)	0	0
ACONDICIONAMIENTO AL SITIO (X ₂)	0	0
CERCANIA A ZONAS URBANAS (X ₃)	0	0
INCIDENCIA DE VIENTOS (X ₄)	0	0.3980212
VISIBILIDAD DEL SITIO (X ₅)	0	0.03980208
UBICACION RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (X ₆)	0	0
UBICACION DEL SITIO DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE (X ₇)	0	0
PERMEABILIDAD (K) (X ₈)	0	0
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) (X ₉)	0.2380953	0.5621767
PROFUNDIDAD DEL MANTO ACUIFERO (X ₁₀)	0	0
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO (X ₁₁)	0.7619048	0
S U M A	1.00	1.00

De manera tal que se cumples la condici3n:

$$X = \sum_{i=1}^n x_i = 1.0$$

donde $n = 11$, para este caso.

El valor del juego para los sitios analizados fueron los siguientes:

$$\text{Sitio No. 1} = 0.07619 = \tau$$

$$\text{Sitio No. 2} = 0.11940 = \tau$$

Esto es f3cil de corroborar, si se analiza y desarrolla la funci3n objetivo:

$$\text{Max. } Z = \sum_{i=1}^n a_i x_i = \tau$$

Las estrategias indicadas anteriormente para ambos sitios, son las que maximizan las "ganancias" del hombre, es decir, son las acciones que mayormente afectarían a la naturaleza.

Para el Sitio No. 1, existe una estrategia mixta, que maximiza las ganancias del hombre, donde las acciones de mayor afectaci3n ambiental se reportan a continuaci3n, en orden jerárquico o de importancia:

FACTOR DE CAMPO	IMPORTANCIA
EXISTENCIA DE CAMINOS DE ACCESO	0.7619048
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	0.2380955

Estos valores son los que maximizan la afectación ambiental para el sitio No. 1.

Para el Sitio No. 2, también existe una estrategia mixta, con las siguientes acciones del hombre en orden de importancia en cuanto a la afectación del ambiente:

FACTOR DE IMPORTANCIA	IMPORTANCIA
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	0.5621767
INCIDENCIA DE VIENTOS	0.3980212
PROFUNDIDAD DEL MANTO FREATICO	0.03980208

Estos valores son los que maximizan la afectación ambiental para el sitio No. 2.

4.3.2 Estrategias del Entorno.

La solución a todo problema de programación lineal, contiene dentro de la misma, una solución al problema "dual"; que para este caso representan las estrategias del entorno para el juego en cuestión, las cuales se presentan a continuación, tanto para el Sitio No. 1 como para el Sitio No. 2.

ACCIONES DEL ENTORNO	SITIO No. 1	SITIO No. 2
AIRE	- 0.2380952	0
AGUA	0	- 0.6746121
SUELO	0	- 0.2388127
BIENESTAR	0	0
SALUD	0.07619048	0.1194063

Como el problema primal tiene restricciones de igualdad las variables duales no están restringidas en cuanto al signo, por lo que la magnitud del impacto en los elementos de la naturaleza estará definida por su valor absoluto.

De lo anterior puede verse que se cumple con la función objetivo del dual, la cual al desarrollarse con los valores de las variables duales, se obtiene el mismo valor del juego tanto para el Sitio No. 1 como para el Sitio No. 2, encontrado con el primal.

Las estrategias indicadas anteriormente para ambos sitios son los que minimizan las "pérdidas" del entorno; es decir, son los elementos del entorno afectados por las acciones del hombre, que minimizan en forma global, la afectación ambiental por el efecto alterador del hombre.

Para el Sitio No. 1 se deberá cuidar al Aire y la Salud en este orden de importancia, pudiendo despreciarse al Agua, Suelo y Bienestar.

Para el sitio No. 2, se deberá poner especial cuidado en el Agua, en segundo término al Suelo, en tercero a la Salud, pudiendo despreciarse al Aire y al Bienestar.

4.3.3 Selección del Mejor Sitio.

La definición del sitio más idóneo para establecer el relleno sanitario, se hace comparando los valores del juego obtenidos para ambos sitios, eligiendo aquel cuyo valor sea menor, o sea aquel sitio que involucre una menor ganancia para las acciones alteradoras del hombre hacia el entorno.

De acuerdo con lo anterior, de los dos sitios hipotéticos empleados para el análisis, se optaría por establecer el relleno sanitario en el clasificado como No. 1.

4.3.4 Comentarios Finales.

- Un método más sencillo de aplicar e implementar, sin tener que desarrollar toda la estructura metodológica que involucra la aplicación de un método de solución de problemas de programación lineal: Es aquel en donde tan sólo se requiere, obtener las sumatorias de los renglones de la matriz de pagos, para después obtener la suma global de los resultados de tales sumatorias; con lo cual se hallará una sola cifra, que debe interpretarse como el valor de la afectación ambiental del sitio analizado. De la misma manera, este procedimiento se aplicará a los demás sitios, con el fin de comparar su "Valor de Afectación Ambiental" o valor del juego en cuestión; para elegir aquel sitio cuyo valor de afectación, sea mínimo.

Efectuando lo antes descrito se tiene:

SITIO	VALOR DE AFECTACION AMBIENTAL	JERARQUIA
No. 1	4.080	1ra. OPCION
No. 1	5.441	2da. OPCION

Observando la tabla anterior, se concluye que el sitio No. 1, es el más favorable para la implantación del relleno sanitario, ya que el valor de su afectación ambiental, es menor que para el sitio No. 2.

- La metodología descrita en este trabajo, además de que permite seleccionar el mejor sitio para un relleno sanitario de entre varios propuestos; proporciona elementos para lograr una adecuada toma de decisiones en el control de la afectación ambiental del sitio elegido, ya que precisa aquellos elementos del entorno a los que se les debe poner más cuidado, así como las acciones alteradoras del hombre que pueden impactar al entorno con mayor grado, de manera que puedan tomarse medidas preventivas o correctivas, según sea el caso.
- El establecimiento de funciones de sensibilidad reduce la subjetividad en la asignación de calificaciones del efecto que tiene cada factor de campo sobre los elementos del ambiente. No obstante existe cierta subjetividad en la formación de la matriz de "contribuciones proporcionales", que puede reducirse, si se desarrollan ciertas funciones de sensibilidad y se establecen convenientemente sus límites para la formación de dicha matriz.
- En la aplicación del método, la información necesaria puede obtenerse fácil y económicamente, mediante ciertos análisis rutinarios de suelos e inspecciones de campo.
- El método es lo suficientemente flexible, que permite modificar tanto los elementos del ambiente como los factores de campo de acuerdo a condiciones especiales y al criterio del analista.
- La teoría de juegos es una herramienta muy poderosa que debe ser utilizada en el tratamiento de problemas de impacto ambiental.
- La forma en que se planteó el problema de programación lineal para resolver el juego con el método simplex, asegura la obtención de las estrategias óptimas para ambos jugadores. Esto es importante mencionarlo, ya que existen otras formas para el planteamiento del análisis, con las cuales no necesariamente se encuentran las estrategias óptimas.

BIBLIOGRAFIA

- Sánchez G. J. "Evaluación de Impactos Ambientales en los Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales". Trabajo de Grado. México 1979.
- Guillen F. J. "Estrategia y Programación" Dirección de Estudios Hacendarios. S.H.C.P. México 1964.
- S. Vajda "Introducción a la Programación Lineal y a la Teoría de los Juegos". EUDEBA. Argentina 1972.
- Pospelov D.A. "Teoría de Juegos y Automatas" Siglo XXI Editores, S.A. México 1969.
- Caffery P., David M., Ham K.R., "Evaluation of Environmental Impact of Landfills" Journal of the Environmental Engineering Division. ASCE. Feb. 1975.
- SEDUE. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. "Proyecto Tipo de Relleno Sanitario". México 1985.

A N E X O S

**DESCRIPCION DE LOS CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA DEFINICION DE
LOS FACTORES DE CAMPO, MAS COMUNMENTE EMPLEADOS PARA
IDENTIFICAR Y EVALUAR SITIOS PROPUESTOS PARA LA
UBICACION DE RELLENOS SANITARIOS.**

a) VIDA UTIL DEL SITIO

El predio, deberá contar con una superficie tal, que habiendo definido las cotas de piso terminado final del relleno sanitario; la oferta volumétrica asegure la operación del mismo, por lo menos durante cinco años.

b) MATERIAL PARA LA COBERTURA DE LOS RESIDUOS

Se buscará en la medida de lo posible, que el sitio cuente con suficiente material para la cobertura de los residuos sólidos, durante todo el período que estará en operación el relleno sanitario. En caso dado que no se cuente con material de cubierta dentro del sitio, se deberá identificar posibles bancos de préstamo de material de cobertura, lo más cercano al sitio en cuestión.

c) ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO

En lo posible, se tratará de encontrar un sitio que requiera lo menos posible de obras de adecuación y acondicionamiento, antes de que inicie la operación del relleno sanitario; ya que entre más trabajos de este tipo se requieran, mayor será el costo de inversión de dicha obra de ingeniería.

d) CERCANIA Y VIAS DE ACCESO

Tanto la distancia como las condiciones del acceso al sitio elegido para alojar un relleno sanitario, inciden directamente sobre los costos de operación de cualquier sistema de manejo y disposición final de residuos sólidos; amén de disminuir la cobertura del servicio y dañar los elementos mecánicos de los vehículos recolectores. Por tal razón, siempre se buscará que el sitio en cuestión se halle no muy alejado de la mancha urbana, y bien comunicado con ella, con algún camino que sea transitable en todo tiempo.

e) INCIDENCIA DE VIENTOS

El sitio deberá estar ubicado, de manera tal que los vientos dominantes incidan en sentido contrario a la mancha urbana, con el fin de eliminar la posibilidad de inundar la localidad con malos olores generados en el sitio de disposición final de los residuos, debido a una mala operación del relleno sanitario.

f) VISIBILIDAD DEL SITIO

Aunque no es un factor de mucho peso, no se dejará pasar inadvertidamente el hecho de que por los problemas de queja pública que pueden surgir entre la ciudadanía; es mejor contar con un sitio oculto, que con uno que se halle a la vista de todos.

g) UBICACION CON RESPECTO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Para evitar que por medio de escurrimientos superficiales o por infiltración, se llegue a contaminar cualquier cuerpo de agua superficial o subterráneo, se cuidará que el sitio elegido para la implantación del relleno sanitario, se halle lo más lejos posible de tales cuerpos de agua.

h) UBICACION DENTRO DE LA CUENCA APORTANTE

Con la finalidad de minimizar hasta donde sea posible, los problemas de operación en el relleno sanitario causado por una deficiente captación de los escurrimientos superficiales pluviales que concurren hacia la zona donde se pretenda llevar a cabo tal obra de ingeniería; es importantísimo elegir un sitio que presente topográficamente hablando, un buen sistema de drenaje natural, independientemente de la red de drenaje pluvial con que se deberá equipar el relleno sanitario.

i) CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Los líquidos contaminantes que pueden producirse en cualquier sitio de disposición final de residuos sólidos, podrán también percolarse por todo el estrato de basura, una vez que haya sido satisfecha la capacidad de campo de esta última, infiltrándose en el suelo hasta penetrar en el manto acuífero, contaminado a ambos elementos. Considerando lo anterior, se debe prever que el suelo del sitio reúna en lo posible, características tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes, características que para efectos de análisis, estarán representadas respectivamente, por el coeficiente de permeabilidad (K) y por la capacidad de intercambio catiónico del suelo que se trate (CIC).

Como un comentario al margen, vale la pena mencionar que los suelos sedimentarios con características areno-arcillosa son los más recomendables, ya que son suelos poco permeables y con una buena capacidad para aceptar iones cargados positivamente.

j) PROFUNDIDAD DEL MANTO FREÁTICO

Un factor importantísimo que no se debe dejar a un lado en toda selección de sitios para el establecimiento de relleno sanitario, es el hecho de evitar por todos los medios, la afectación de la calidad de las aguas del acuífero de la zona donde se ubica el sitio en cuestión. Por esta razón, es deseable que el nivel freático se halle lo más alejado posible del nivel del terreno natural de dicho sitio.

k) TENENCIA DE LA TIERRA

Bajo cualquier circunstancia, todo proyecto de relleno sanitario, deberá iniciarse siempre y cuando la entidad u organismo responsable de su implementación, tenga en sus manos el documento legal que autorice tal beneficio, estipulando también el período de trabajo y la probable utilización futura.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

CONTENIDO

1. IMPLICACIONES AMBIENTALES DE UN RELLENO SANITARIO.
2. CRITERIOS RECTORES PARA UN DISEÑO ADECUADO Y UNA RACIONAL FUNCIONALIDAD DEL RELLENO SANITARIO.
3. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO.
4. GENERACION DE LIXIVIADOS Y EVALUACION Y ANALISIS DE LA CONTAMINACION DEL ACUIFERO DE LA ZONA.
5. GENERACION DE BIOGAS EN RELLENOS SANITARIOS.
6. ESFUERZOS DE TRABAJO A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION.

1. IMPLICACIONES AMBIENTALES DE UN RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario siempre ha sido considerado como una obra de ingeniería necesaria para llevar a cabo de manera controlada, la disposición final de residuos sólidos no peligrosos; la cual pareciera estar siempre en construcción, aunque su verdadera peculiaridad, es la combinación de una operación permanente con eventuales procesos constructivos, los cuales se acentúan cuando se abren nuevos frentes de tiro, se concluyen etapas de trabajo, o se rehabilitan zonas clausuradas una vez estabilizadas.

De acuerdo con lo anterior, es claro entonces que un relleno sanitario puede generar impactantes ambientales tanto en sus diferentes etapas constructivas, como en la operación. Ahora bien, los impactantes que se generan en las etapas constructivas, los cuales normalmente son temporales y fáciles de mitigar mediante obras y sistemas de control simples y sin muchas complicaciones; son en su mayoría, originados por agentes externos al propio relleno. Ejemplo de ello, es el ruido y los gases no combustionados generados por los equipos y máquinas en continuo movimiento; o bien los polvos y partículas generadas por no aplicar medidas precautorias, por lo menos en las zonas de mayor movimiento de materiales. Durante la operación de un relleno sanitario, aunque también están permanentemente presentes los impactantes propios de las etapas constructivas; los impactantes verdaderamente sustantivos y de mayor riesgo, son tanto los "lixiviados" como el "biogás", los cuales se originan a partir de los procesos de estabilización y transformación que sufren los residuos sólidos dentro del relleno sanitario; procesos inicialmente de tipo aerobio de muy corta duración, que amén de propiciar una elevación de la temperatura, generan bióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3), como productos característicos de esta fase aerobia. A medida que el oxígeno disponible se va agotando, organismos facultativos y anaeróbicos empiezan a predominar, prosiguiendo en forma más lenta con la descomposición de los residuos orgánicos, la cual se da en condiciones anaerobias, generando como elementos típicos de esta fase, los siguientes: ácidos orgánicos, nitrógeno (N_2), bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y en mucho menor proporción ácido sulfhídrico (H_2S).

El proceso de la descomposición anaerobia, el cual es el de mayor significancia, se lleva a cabo en dos etapas como se indica en la Fig. No. 1.1. En la primera etapa no hay producción de

metano, ya que los materiales orgánicos son desdoblados por los organismos facultativos y anaeróbicos, comúnmente llamados "formadores de ácido", de manera tal que los materiales complejos como la celulosa, grasas, proteínas y carbohidratos, son hidrolizados y fermentados, convirtiéndose en materiales orgánicos simples.

Durante la segunda etapa, los ácidos orgánicos son consumidos por las bacterias metanogénicas, generando principalmente metano y bióxido de carbono. Las bacterias metanogénicas son estrictamente anaeróbicas, e incluso pequeñas cantidades de oxígeno son tóxicas para ellas.

Durante el proceso de degradación anaerobia, la fracción orgánica queda sujeta a la reducción que le proporciona la humedad contenida en los propios residuos sólidos; o bien, la que le puede proporcionar el agua de la lluvia que se infiltra a través de los residuos.

ILUSTRACION DE LA DESCOMPOSICION ANAEROBIA DE LOS RESIDUOS ORGANICOS

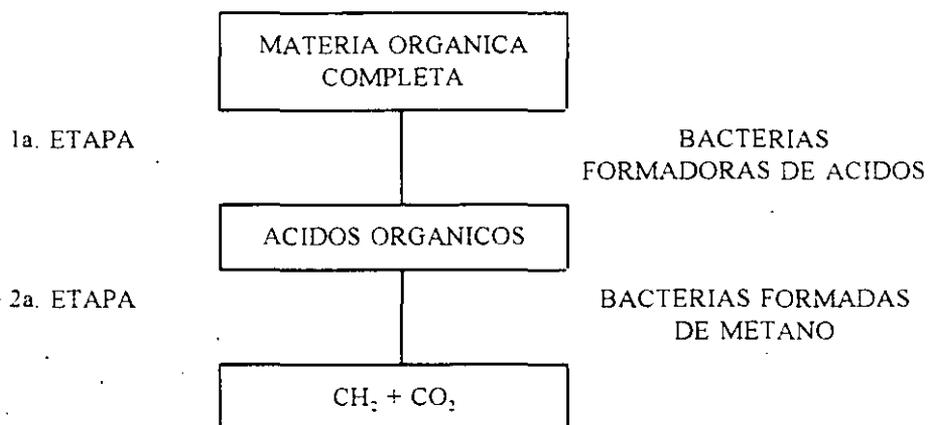


Fig. No. 1.1

La dinámica de los procesos de degradación de los residuos sólidos dentro del relleno sanitario, puede verse afectada por los siguientes factores:

- **Materia Orgánica:** La producción de "Biogás", está en relación directa con el contenido de la materia orgánica presente en los residuos.

- **Tiempo:** La velocidad de descomposición, está relacionada con el tiempo transcurrido después de disponer los residuos en el relleno.

- **Temperatura:** Las bacterias necesitan para descomponer los residuos, de una temperatura estable.

- **Humedad:** Una baja humedad o una saturación de los residuos, provoca en ambos casos una lenta descomposición.

- **Compactación:** Una buena compactación afecta la descomposición de los residuos.

Con base en todo lo antes comentado, es menester señalar que en relación al "Biogás", se puede concluir que es una mezcla de los elementos generados por la descomposición anaerobia de los residuos sólidos, de entre los cuales, los de mayor significancia son el metano y el bióxido de carbono.

En la Figura No. 1.2, se presentan las variaciones teóricas que sufren los principales componentes del "Biogás", durante las diferentes etapas "activas" de un relleno sanitario.

Al respecto, se debe mencionar que según experiencias realizadas en América Latina, se ha logrado acelerar la estabilización biológica de los rellenos sanitarios, recirculando en época de sequía los propios lixiviados que generan, con lo cual se han podido disminuir los tiempos de producción a 6 años en promedio, acelerando por tanto las tasas de producción de "Biogás".

Referente a los "Lixiviados", es importante mencionar que la producción de estos líquidos percolados, se debe principalmente al paso de agua de lluvia a través de los estratos de residuos sólidos que se hallan en plena fase de descomposición anaerobia, arrastrando a su paso componentes disueltos, en suspensión, fijos y/o volátiles. Estos elementos son los que dan las

características contaminantes a los lixiviados, haciéndolos altamente agresivos al ambiente por las elevadas cargas orgánicas y catiónicas que entre otras cosas presentan.

- I . AEROBIA
- II . ANAEROBIA NO METANOGENICA .
- III . ANAEROBIA METANOGENICA INESTABLE
- IV . ANAEROBIA METANOGENICA ESTABLE

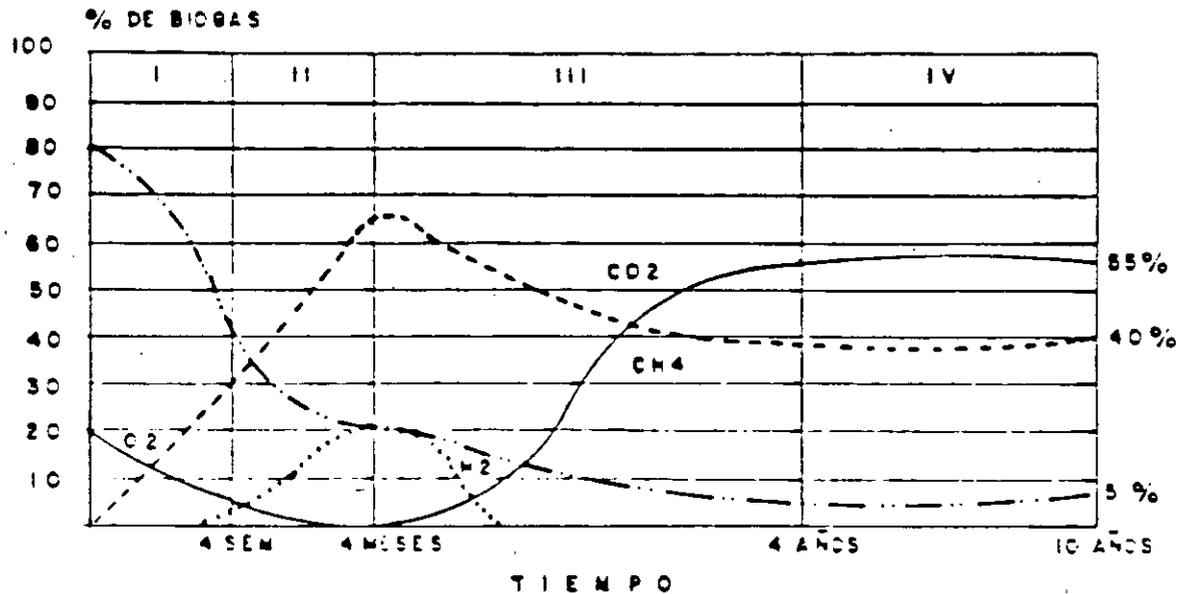


Fig. No. 1.2

Es evidente que por su composición, los "Lixiviados" y el "Biogás" se consideran como los impactantes de mayor importancia que puede generar un relleno sanitario; ya que entre los principales riesgos de afectación ambiental, está la contaminación de los mantos acuíferos por lixiviados, los cuales aportan no solamente cargas orgánicas importantes, sino también metales pesados y compuestos peligrosos que pese a la dilución que tienen al penetrar a los acuíferos, las concentraciones resultantes pueden rebasar los estándares permisibles establecidos para sus diferentes aprovechamientos, amén de que las aguas subterráneas se mueven muy lentamente por lo que tienen una capacidad de autopurificación limitada. Así mismo, no hay que olvidar que siempre existirá la posibilidad de que el "Biogás" migre fuera de los sitios donde se genera, dando pauta a que se presenten explosiones y/o incendios, cuando el volumen del metano presente en el "Biogás", alcance entre un 5% y un 15% del volumen del aire, además de que en combinación con agua puede haber producción de ácido carbónico, el cual es altamente corrosivo.

2. CRITERIOS RECTORES PARA UN DISEÑO ADECUADO Y UNA RACIONAL FUNCIONALIDAD DEL RELLENO SANITARIO

La buena o mala operación de un relleno sanitario, depende de las medidas de control que se estén aplicando, amén de ser en muchos casos indicador del nivel de afectación ambiental con el que se esté deteriorando la vecindad del sitio. Por tanto, para evitar o disminuir la alteración que los impactantes generados en un relleno sanitario puedan tener sobre su entorno, es imprescindible aplicar en las diferentes etapas que demanda el emplazamiento de este tipo de obras, una serie de criterios rectores cuyo objetivo fundamental sea prevenir la contaminación por residuos sólidos. Estos criterios, deben establecer el sendero por donde debe dirigirse el diseño, la funcionalidad conceptual y los programas de control y monitoreo que necesita un relleno sanitario para operar adecuadamente. Para ello los criterios mínimos que se deben considerar para cada una de las fases que requiere la implementación de un relleno sanitario, se establecen a continuación:

A) CRITERIOS RECTORES PARA EL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO.

- Definición de las secciones más adecuadas para la preparación del sitio, que aseguren una mínima estabilidad en las zonas más críticas.
- Considerar en el diseño, el tipo de impermeabilización más adecuado para la base y las paredes del sitio.
- Determinación de la capacidad de campo de los residuos sólidos por disponer.
- Cálculo de la producción de lixiviados (potencial y real).
- Cálculo de las necesidades de agua para la estabilización vía anaerobia de los residuos.
- Estimación de la producción de biogás.

- Determinación de los gastos de diseño de los escurrimientos pluviales, para el dimensionamiento de la infraestructura hidráulica necesaria para su manejo.

B) CRITERIOS RECTORES PARA LA FUNCIONALIDAD CONCEPTUAL DE UN RELLENO SANITARIO.

- Impermeabilizar con membranas naturales o artificiales, tanto las paredes como el piso del sitio para el relleno sanitario.
- Evitar al máximo, la infiltración del agua de lluvia al relleno sanitario.
- Operar el sitio, tratando de alcanzar en el menor tiempo posible, niveles de piso terminado; esto implica que el avance del relleno, sea preferentemente vertical más que horizontal.
- Evitar tener frentes de trabajo muy amplios, por lo que se recomienda en las horas pico, implementar el tiro de los residuos tanto al pie como en la parte superior de la celda, con el fin de tener dos frentes de trabajo.
- Cuidar que la operación del relleno sanitario, se lleve a cabo de acuerdo con la planeación y calendarización establecida en el proyecto.
- Utilizar en el relleno sanitario, la maquinaria precisa y específica que demandan las principales actividades de operación.

C) CRITERIOS RECTORES PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UN RELLENO SANITARIO.

- Construir desde el mismo arranque del relleno sanitario, la infraestructura necesaria para la extracción de "biogás" y "lixiviados", evitando al máximo construirla al término de las diferentes etapas del relleno.

- Equipar el relleno sanitario con pozos de monitoreo de "biogás", con piezómetros de monitoreo de "lixiviados" cuando sea posible y con pozos de monitoreo de acuíferos cuando sea necesario.

- Llevar a cabo por lo menos trimestralmente, un programa de monitoreo que incluya tanto las instalaciones de extracción como las de monitoreo del sitio; determinando principalmente flujo, presión, explosividad y composición de biogás; así como flujo y composición de lixiviados. Además es importante llevar a cabo mediciones eventuales de algunos otros impactantes, como son ruido ambiental, partículas viables y totales, microorganismos en el ambiente, temperatura en pozos de monitoreo y parámetros meteorológicos.

- Establecer un control cartográfico para contar con un banco de información histórica, que nos permita ubicar sin ningún problema, los depósitos de basura por la fecha en que fue confinada dentro de las celdas del relleno.

3. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

3.1 Planeación y Selección del Método de Operación.

Un relleno sanitario puede ser ejecutado en casi cualquier tipo de terreno, pero la selección del mismo debe hacerse considerando ciertas características topográficas y geológicas del predio donde se pretende implantar esta obra de ingeniería, así como la posibilidad de contar con material suficiente para la cobertura diaria de los residuos sólidos.

De esta manera, los terrenos ubicados en zonas planas o ligeramente onduladas, resultan ser muy atractivos para el establecimiento de un relleno sanitario; estando limitada su posibilidad de uso, cuando el nivel freático está muy próximo, o bien por la existencia de corrientes superficiales y/o la falta de material de cubierta. Por otro lado, las depresiones naturales o generadas por el ser humano como pueden ser las minas abandonadas y los bancos de material agotados, son recomendables para la implantación de un relleno sanitario, más aún si están relativamente cerca de la localidad por servir, ya que tales sitios pueden ser incorporados al equipamiento urbano de dicha localidad, como una zona recreacional o con fines deportivos.

El relleno sanitario, consiste en esparcir y acomodar los residuos sólidos en capas no mayores de 40 cms., para después compactarlos con equipos mecánicos sobre el talud inclinado de la celda, y finalmente cubrirlos al término de las actividades diarias con una capa de tierra compactada de 15 a 30 cms. de espesor, dependiendo de las características del material. Esta forma de trabajo, se ajustará a las condiciones específicas que presente cada lugar.

De acuerdo con lo anterior, un relleno sanitario será un conjunto de celdas conteniendo los residuos sólidos confinados, celdas que podrán ser construidas en depresiones naturales o artificiales, en terrenos planos o semi-ondulados con o sin previo excavación, o bien en cualquier otro tipo de terreno.

Considerando lo antes descrito, se podrán tener las siguientes variantes en la aplicación del método del relleno sanitario.

a) Método de Área

En aquellas zonas donde no sea posible o no se requiera la excavación de zanjas para la disposición de los residuos sólidos, estos podrán ser acomodados, esparcidos y compactados sobre el terreno natural.

Cuando haya existencia de ciertas ondulaciones y depresiones en el terreno, deberán ser utilizadas para sobre ellas realizar la compactación de tales residuos, cuando se estén conformando las primeras celdas de una determinada capa constructiva.

b) Método de Trinchera

En aquellos sitios donde exista la factibilidad técnica y económica de realizar excavaciones en el terreno natural, se podrán construir zanjas de sección trapecial, cuyas dimensiones dependerán básicamente de las características del terreno en cuestión. El material producto de la excavación se empleará para la cobertura de los residuos. Los taludes de las zanjas, deberán conformarse con una inclinación tal, que no haya problemas de deslizamientos que pongan en peligro la estabilidad de dichos taludes. La operación del método podrá efectuarse de dos maneras:

- Depositando la basura en el frente de trabajo, desde el borde superior de la zanja, para después compactarla con el equipo mecánico sobre el talud inclinado de dicho frente de trabajo, efectuando movimientos de avance y retroceso entre la parte inferior y superior del mismo talud.
- Se construye una rampa de acceso a la parte inferior de la zanja, que posibilite la entrada y salida de los vehículos de recolección a la misma, depositando los residuos sólidos al pie del talud inclinado del frente de trabajo, los cuales serán compactados con el equipo mecánico, empleando la misma técnica de operación mencionada en el párrafo anterior.

Este mismo método podrá desarrollarse en hondonadas naturales y minas o bancos de préstamo abandonados, solo que en este caso, el material de cubierta se obtendrá de la superficie del sitio, de las paredes del mismo, o bien de algún banco de préstamo lo más cercano posible.

c) **Método Combinado**

Es una combinación de los métodos antes descritos, aplicándose en aquellas zonas o terrenos donde no pueda llevarse a cabo de manera cabal, ni el método de área ni el de trinchera.

d) **Método en Zonas Pantanosas**

Estas zonas tienen como característica principal la nula o escasa capacidad de soporte del terreno, por lo que se hace necesario, conformar una buena superficie de sustentación que permita resistir el peso de los equipos mecánicos y de los vehículos recolectores; la cual puede lograrse con materiales de demolición, restos de pavimento o troncos de madera alineados a manera de "balsa". Con la superficie de sustentación perfectamente definida, se depositarán los residuos sobre esta base para luego toparlos hacia abajo, con el fin de formar un declive que permita compactarlos, hasta alcanzar el nivel deseado en el relleno sanitario.

3.2 Establecimiento del Nivel de Desplante

El nivel de desplante debe establecerse tomando en consideración los siguientes criterios:

- a) **Constructivo**
- b) **Protección ambiental**

- a) El nivel de desplante ideal, desde el punto de vista constructivo, es aquel que produzca un volumen de corte igual al volumen de material de cubierta necesaria. (Si se dispone en el sitio del material de cubierta adecuado).

b) Desde el punto de vista ambiental, el nivel de desplante debe estar definido, por el cálculo de la interfase de suelo necesario (presentada en el inciso 4.3) para la remoción de la contaminación orgánica expresada en términos de DBO y de la contaminación inorgánica, expresada en términos de concentración catiónica. Es decir, el nivel de desplante debe considerar la existencia de un espesor de suelo hasta el acuífero, que garantice la remoción de la contaminación contenida en los lixiviados.

3.3 Desarrollo de la Ingeniería Básica.

Prácticamente se refiere al diseño del relleno sanitario. En términos generales, el diseño de un relleno sanitario comprenderá los siguientes puntos:

a) Definición de la Celda Diaria de Basura.

a.1. Celda Diaria de Basura Compactada.

Las celdas de basura donde se confinarán los residuos sólidos, tendrán las mismas características constructivas en todos los tipos de rellenos sanitarios. Cada celda de basura, es en esencia un bloque de basura compactada, cubierto con una capa de tierra. Sus dimensiones y volumen varían en cada caso y dependen del área total de relleno, del volumen diario de residuos recibidos, del equipo mecánico empleado y del material de cubierta. Las dimensiones de una celda de basura, deberán regirse por las siguientes especificaciones:

- Altura de la Celda. Podrá variar de 2.00 m. a 5.00 m. incluyendo el espesor de cubierta; recomendándose alturas promedio de 3 mts. para el medio Mexicano, aunque no debe perderse de vista que a mayor altura de la celda, mayor ahorro de material de cobertura.

- Profundidad o Largo de la Celda. Es optativo y dependerá de las necesidades del proyecto y operación de cada sitio, aunque estará limitada por el volumen diario de residuos a disponer.

- Ancho de la Celda o Frente de Trabajo. Estará condicionado por el frente necesario para el buen funcionamiento y ejecución de maniobras del equipo mecánico de compactación, así como de los equipos de recolección. Esta dimensión estará en función de las siguientes recomendaciones.
 - El ancho de la celda deberá definirse, tomando en consideración el número de vehículos recolectores que ingresarán al relleno sanitario en la hora pico.
 - El frente de trabajo, deberá ser de fácil acceso para las unidades de recolección.
 - La dimensión del ancho de la celda, deberá ser tal que tanto los equipos de recolección como los equipos mecánicos de compactación del relleno, puedan operar libre y ordenadamente.
 - El ancho mínimo del frente de trabajo previsto para cada máquina, debe ser igual al doble del ancho de la hoja topadora, con el fin de asegurar la fácil maniobra del equipo.
 - El ancho máximo del frente de trabajo, deberá ser igual a cuatro veces el ancho de la hoja topadora, a fin de no extenderlo en demasía.

- Talud del Frente de Trabajo. Podrá variar desde 2:1 hasta 4:1, dependiendo tanto de la altura de la celda y del tipo de residuos por disponer, como del equipo mecánico de compactación y de la destreza y experiencia del operador de la máquina. Conservadoramente, se recomienda un talud de 3:1 para el frente de trabajo.

La celda diaria de basura compactada, se deberá cubrir con tierra compactada al final del día. Este recubrimiento, deberá poseer un espesor suficiente para topar totalmente los residuos y corregir las irregularidades de las basuras compactadas, de manera que las superficies terminadas, queden limpias y con las pendientes necesarias para prevenir la erosión y permitir un drenaje controlado de los escurrimientos pluviales superficiales. La cubierta diaria tendrá un espesor mínimo 0.15 m. de material compactado, elevándose a 0.30 m. cuando quede expuesta a los agentes erosivos por tiempos prolongados (un año o más). La cubierta o sello final del relleno tendrá un espesor mínimo de 0.60 m.

a.3. Peso Volumétrico de los Residuos Sólidos Compactados.

El peso volumétrico de los residuos sólidos confinados dentro de la celda diaria, normalmente varía de 650 a 950 Kg/m³ en el medio mexicano, recomendándose para diseño, valores de 750 a 850 Kg/m³; aunque más bien dependerán del peso total de operación del equipo mecánico con que se operará el relleno.

b) Proyección de la Generación de los Residuos Sólidos.

Esta se realizará para todo el horizonte de diseño del relleno sanitario a partir de la proyección de población correspondiente y de la generación per-cápita de residuos sólidos municipales; considerando además, una tasa incremento anual para este último parámetro, el cual varía de 0 a 1.5%. Se deberá presentar el reporte diario, mensual y anual de la proyección de la generación, indicando los valores parciales y acumulados de todo el periodo de diseño, para el caso del reporte anual.

c) Requerimientos Volumétricos del Relleno Sanitario.

Se obtendrán también para todos y cada uno de los años del horizonte de diseño, los

volúmenes totales diarios y mensuales, así como los volúmenes anuales totales y mensuales, tanto de los residuos sólidos como del material de cubierta; empleando para ello el peso volumétrico de ambos materiales que se haya considerado para diseño.

d) Cálculo de la Capacidad Volumétrica del Sitio.

Se realizará considerando la configuración topográfica que presente el predio donde se alojará el relleno sanitario, así como los niveles de desplante o de arranque de dicha obra de ingeniería; reportando para cada curva de nivel, la capacidad volumétrica parcial y acumulada del sitio en cuestión.

e) Cálculo de la Vida Útil del Sitio.

Este requerimiento quedará satisfecho al cruzar y comparar los resultados obtenidos en los incisos "c" y "d", con lo cual se determinará hasta que año del horizonte de diseño, se tendrán cubiertas las demandas para la disposición de la basura.

f) Calendarización del Relleno Sanitario.

Se refiere a la programación y definición del No. de celdas diarias por cada capa constructiva del relleno sanitario o por cada etapa operativa del mismo incluyendo el año en que se ocuparán, así como su nivel de desplante y de piso terminado.

3.4 Selección del Equipo Requerido para la Operación del Relleno Sanitario.

El equipo requerido en la operación del relleno sanitario deberá tener una vida útil de al menos 5 años y tener capacidad para realizar las diferentes actividades que demanda el relleno sanitario siendo los principales:

- Colocación y esparcido de residuos sólidos en el frente de trabajo.
- Colocación de los residuos sólidos en el talúd inclinado del frente de trabajo.

Extracción, colocación, esparcido y compactación del material de cubierta de las celdas de basura.

- Actividades de acondicionamiento del sitio tales, como:
 - Auxilio en la conformación de caminos temporales.
 - Ajuste de taludes.
 - Excavación de material tipo I.
 - Movimiento de material aflojado y/o excavado, a distancias menores de 150 m.

El equipo requerido para la operación de un relleno sanitario, dependerá del tipo y cantidad de basura por manejar diariamente, así como de las características topográficas del predio donde se implantará dicho relleno, sin olvidar el material de cubierta a emplear y el método de operación que se pretenda utilizar. Además, es necesario considerar la disponibilidad del equipo, su costo la facilidad de conseguir repuestos, refacciones y servicios de atención mecánica para su reparación y mantenimiento.

Las distancias por recorrer dentro del relleno sanitario por parte de los equipos mecánicos de compactación, varían según se trate de operar con los residuos sólidos o con el material de cubierta. De esta manera, durante el proceso de esparcido, acomodo y compactación de tales residuos, la maquinaria se desplaza a distancias que en muy pocos casos superan los 30 mts., mismas que tienden a crecer en épocas de lluvia o cuando se presenta algún percance extraordinario en el relleno sanitario; no así cuando se requiere mover el material de cubierta, ya que en la mayoría de los casos debe ser trasladado a distancias que fácilmente superan los 30 mts.

Considerando los sistemas de sustentación y tracción de los equipos mecánicos de compactación, estos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Con sustentación de Orugas o Carriles.
- Con sustentación de Llantas Neumáticas.
- Con sustentación de Ruedas Compactadoras Metálicas con Dientes.

a) Equipos con Sustentación de Orugas o Carriles.

Pueden usarse sin ningún problema y con relativa facilidad, en todas las tareas del relleno sanitario, así como trabajar continuamente en condiciones variables de tiempo y de difícil tracción.

Estos equipos, no deben usarse para transportar o empujar materiales a distancias mayores de 50 metros para topadoras y de 80 a 100 metros para cargadores frontales.

b) Equipos con Sustentación de Llantas Neumáticas.

Se utilizan preferentemente cuando se requiere un traslado rápido y constante entre diferentes puntos del relleno sanitario, para transportar materiales a distancias mayores de 50 metros.

Estos equipos son los menos recomendables para la operación del relleno sanitario, debido al desgaste y deterioro que sufren los neumáticos al entrar en contacto con la basura. Por lo tanto, no está por demás, para este tipo de trabajos, reforzarlas con mallas de acero.

c) Equipos con Sustentación de Ruedas Compactadoras Metálicas.

Los equipos con este tipo de sistemas de sustentación, se denominan por lo regular como **COMPACTADORES ESPECIALES PARA RELLENOS SANITARIOS**. Normalmente sus ruedas son diseñadas para alcanzar elevadas compactaciones en los residuos sólidos, por lo que son rígidas y con dientes adecuados para cumplir con tal función.

Estos equipos, no deben ser usados sobre caminos asfaltados, mejorados o pavimentados, ya que los dientes metálicos de las ruedas, pueden dañar dichas superficies a su paso.

En el siguiente cuadro, se presentan algunas ayudas y recomendaciones de tipo práctico, tendientes a lograr una buena selección del equipo mecánico requerido para la operación de un relleno sanitario.

TIPOS, FUNCIONES Y USOS DE EQUIPOS MAS EMPLEADOS EN RELLENO SANITARIO

	BASURA		MATERIAL DE COBERTURA			
	COLOCACION	COMPACTACION	EXCAVACION	COLOCACION	COMPACTACION	TRANSPORTE
TRACTOR DE ORUGA CON TOPADORA	E	B	E	E	B	NA
TRACTOR DE ORUGA CON CARGADOR FRONTAL	B	B	E	B	B	B
TRACTOR DE RUEDAS NEUMATICAS CON TOPADORA	E	B	L	B	B	NA
TRACTOR DE RUEDAS NEUMATICAS CON CARGADOR FRONTAL	B	B	L	B	B	E
TRACTOR CON RUEDAS COMPACTADORAS DE ACERO Y TOPADORA	E	E	B	B	E	NA
RETROENCAVADORA SOBRE ORUGAS	NA	NA	E	L	NA	L

REFERENCIAS : E: Excelente B: Bueno L: Limitado
M: Malo NA: No aplicable

4. GENERACION DE LIXIVIADOS Y EVALUACION Y ANALISIS DE LA CONTAMINACION DEL ACUIFERO DE LA ZONA.

Antes de desarrollar la ingeniería básica y de detalle para el relleno sanitario en cuestión, es de capital importancia, evaluar y analizar la posibilidad de afectar la calidad del manto acuífero de la zona donde se enclava el sitio que alojará dicha obra de ingeniería, para lo cual, el primer paso es calcular la producción de lixiviados contaminantes durante su operación, así como al término de la misma cuando su vida útil haya sido totalmente agotada, para después determinar por un lado, su capacidad de infiltración y por otro, la disminución de su carga contaminante debido a la capacidad diluyente o atenuante del suelo a todo lo largo de su recorrido a través de él, antes de penetrar en el manto acuífero, con lo cual se estará en condiciones de conocer en realidad, si existe el riesgo de efectarlo, para que en dado caso de que así fuese, se tomen las medidas a que haya lugar para evitar la ocurrencia de dicha problemática.

4.1 Balance del Agua en los Procesos de Estabilización de los Residuos Sólidos

Para la basura municipal típica de la Ciudad de México, se ha determinado para la materia degradable contenida en la misma, la composición porcentual en peso promedio siguiente:

C = 43.02 %

H = 5.96 %

O = 49.09 %

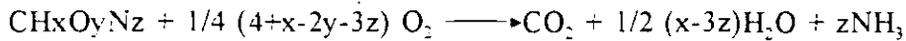
N = 1.94 %

Con lo cual, tomando al carbono como base, es posible obtener la siguiente fórmula mínima.

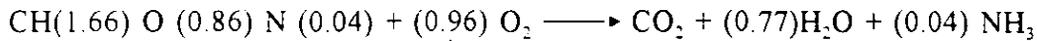
CH(1.66) O(0.86) N(0.04)

4.1.1 Cálculo de la Humedad Liberada en la Aase Aerobia

Se obtendrá a partir de la reacción química estequiométrica que gobierna la oxidación de la materia orgánica^(*).



de tal manera que por sustitución se tiene que:



De lo anterior se observa que la DBO teórica para la oxidación de la materia orgánica contenida en la basura, es decir los gramos de oxígeno necesario para oxidar un gramo de basura es de 1.10 gr. de O_2 /gr. basura; generandose durante esta reacción una humedad de 0.77 átomo-gramo de H_2O , equivalente a 0.5 gr. de H_2O por gramo de basura.

Aceptando un 36 % de materia orgánica en la basura y una porosidad de 53% se tienen que:

En un m^3 de basura hay = 0.530 m^3 de aire

Peso del aire = 0.99 kg./ m^3

Por lo que en 1 m^3 de basura hay = 0.530 kg. de aire

Como sabemos, el oxígeno representa aproximadamente el 24 % en peso del aire, por lo cual es un metro cúbico de basura habrá 126 gr. de oxígeno.

^(*) SOLID WASTES. Tchobanoglous G. et al. Mc Graw Hill. 1977.

Con esta cantidad de oxígeno, es posible estabilizar aeróbicamente la siguiente cantidad de materia orgánica:

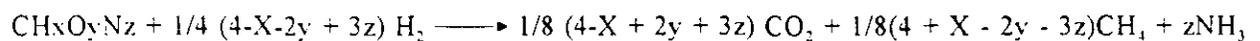
$$\frac{126 \text{ gr. O}_2}{1.10 \text{ gr. O}_2/\text{gr. basura}} = 115 \text{ gr. de basura}$$

liberándose durante esta estabilización, 58 gr. de H₂O.

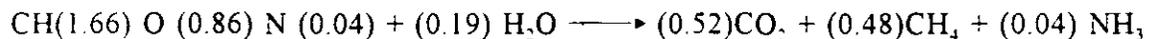
4.1.2 Cálculo de la Demanda de Humedad Durante la Fase Anaerobia

Siguiendo con el análisis de 1 m³. de basura, el cual pesará 1000 Kg., tendremos que a partir del 36 % de materia orgánica considerado, se tendrá 360 kg. de materia degradable por m³. de basura, de los cuales, de acuerdo al análisis hasta aquí efectuado, 115 gr. se descompondrán aeróbicamente antes de consumir todo el O₂ presente, descomponiéndose mediante el proceso anaerobio los 359.885 kg, restantes.

La reacción química estequiométrica que gobierna la descomposición anaerobia de la parte orgánica de la basura doméstica viene dada por la siguiente ecuación.



Sustituyendo los valores de los subíndices encontrados para la fórmula mínima se tiene:



De lo anterior se ve que para transformar un gramo de basura anaeróbicamente, se requieren 0.12 gr. de agua, por lo que 1 m³ de basura, el cual contiene 359.885 Kg. de materia degradable demandará:

$$359.885 \text{ Kg} \times 0.12 = 43.186 \text{ Kg de H}_2\text{O}$$

De aquí, en total, el balance entre la producción de humedad y la demanda de la misma en los procesos aerobio y anaerobio respectivamente, arroja una diferencia a favor de la demanda de agua por m³ de basura debida al proceso anaerobio de:

$$43.186 \text{ Kg} - 0.058 \text{ Kg} = 43.128 \text{ Kg de H}_2\text{O demandada por m}^3 \text{ de basura degradada.}$$

En términos de lámina de agua, la humedad requerida para estabilizar la basura contenida en una capa de 1 metro de espesor será igual a:

$$43.13 \text{ mm. de H}_2\text{O/mt. de basura.}$$

Ahora bien, este análisis como puede observarse, hace la consideración de que todo el proceso tanto aerobio como anaerobio se completa en un año, lo cual definitivamente no es totalmente válido. De acuerdo con Tchobanoglous, la reacción aerobia se completa totalmente en 3 meses aproximadamente, después de depositada la basura; mientras que la reacción anaerobia, aunque en algunos casos puede durar más de 25 años, en general el 70% de la reacción se efectúa en los primeros 5 años, valor este último que se tomará para diseño.

Por tanto, la lámina anual requerida para la estabilización de la fracción orgánica presente en los residuos sólidos, será de:

$$\text{Lámina Anual} = \frac{43.13 \text{ mm./mt. basura}}{5} = 8.626 \text{ mm./mt. basura}$$

Por consiguiente, la lámina mensual será:

$$\text{Lámina Mensual} = \frac{8.626 \text{ mm./mt. basura}}{12} = 0.719 \text{ mm./mt. basura}$$

Debido a lo pequeño de este valor, y para estar dentro de la seguridad, esta lámina mensual no será considerada en el cálculo del Balance de Agua a infiltrarse en el relleno sanitario.

4.2 Balance del Agua a Infiltrarse en el Relleno Sanitario.

Para determinar la cantidad de agua a infiltrarse en el suelo como lixiviado o líquido percolado contaminante, después de haberse percolado a través de todas las capas de basura que conformarán el relleno sanitario, se aplicará el Método del Balance de Agua desarrollado por C.W. Thornthwaite, según es descrito por Castany^(*).

El método anterior se basa en la evaluación empírica de la evapotranspiración potencial mensual. Después se calcula la evapotranspiración real mensual, elemento desconocido del balance, partiendo de algunas estimaciones, la principal de las cuales concierne a la evaluación de la cantidad máxima de agua almacenada en el suelo antes de su percolación.

La información requerida para la aplicación del método, tiene que ver con las precipitaciones y temperaturas promedios mensuales, de la estación climatológica más próxima, durante un periodo de observación mínimo de 25 años.

La secuencia a seguir para efectuar el cálculo del Balance de Agua, se presenta a continuación:

- a) Determinación de las evapotranspiraciones mensuales potenciales corregidas, a partir de las temperaturas promedio mensuales; empleando para ello, la siguiente formulación:

$$EP_j = 1.6(10 T_j/I)^a \dots\dots\dots (4.2.1.)$$

$$ij = (T_j/5)^{1.514} \dots\dots\dots (4.2.2.)$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij \dots\dots\dots (4.2.3.)$$

(*) TRATADO PRACTICO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. Castany G. Ed. Omega, 1971.

$$\alpha = 0.49239 + 1792 \times 10E-05 (I) - 771 \times 10E-07 (I^2) + 675 \times 10E-09 (I^3) \quad (4.2.4.)$$

donde:

- EP_j : Evapotranspiración potencial mensual sin corregir, en cm. T_j : Temperatura media mensual, en °C.
- I : Sumatoria de los índices mensuales de calor, (adimensional).
- i_j : Índice mensual de calor, (adimensional).
- α : Coeficiente adimensional que está en función de la sumatoria de los índices mensuales de calor.
- j : No. del mes considerado.

Además los valores de "EP_j" calculados para cada mes, se corrigen por medio de un coeficiente mensual "K", que toma en cuenta el número de días y el número real de horas entre la salida y la puesta del sol.

- b) Cálculo de la humedad potencial de infiltración mensual, realizando el siguiente balance para cada uno de los meses del año:

$$IP_j = (P_j - (CE_j * P_j)) - EP_j \quad (4.2.5.)$$

donde:

- IP_j : Humedad potencial de infiltración mensual, en mm.
- P_j : Precipitación media mensual, en mm.
- CE_j : Coeficiente de escurrimiento mensual, (adimensional).

- c) Realización para cada uno de los meses del año, de un balance de agua en la cubierta diaria y final del relleno sanitario, tomando en cuenta para tal fin, las siguientes consideraciones:

- c.1. Cuando la precipitación mensual es igual o superior a la evapotranspiración potencial mensual, se producirá un exceso en el aporte de agua a la cubierta de suelo; exceso que al ser absorbido alimentará la reserva de agua almacenada por el mismo suelo.
- c.2. Si la altura de precipitación mensual es inferior a la evapotranspiración potencial mensual, sucederá que la evapotranspiración real consumirá totalmente la precipitación, generándose por tanto un cierto déficit el cual es cubierto con las reservas de agua del suelo, hasta su agotamiento. Si la reserva de suelo es suficiente para satisfacer dicho déficit, la evapotranspiración real será igual a la evapotranspiración potencial, por lo que se cae dentro de la consideración anterior; mientras que si por el contrario, la reserva del suelo resulta ser insuficiente, la evapotranspiración real queda ligada a las precipitaciones mensuales, agotándose las reservas de suelo y generándose por tanto, un déficit en el almacenamiento de agua en el suelo.

Con la metodología antes descrita, se procederá a efectuar un balance de agua con la siguiente información:

- Cubierta Final: Material limoso, con una capacidad de campo de 300 mm/m, punto de marchitamiento de 100 mm/m, capacidad de absorción de humedad del suelo (HS) de 200 mm/m^(*), y un espesor de 50 cms.
- El cálculo de la evapotranspiración potencial ajustada (ET), se presenta en la Tabla No. 4.2.1.

^(*) USE OF THE WATER BALANCE METHOD FOR PREDICTING LEACHATE GENERATION FROM SOLID WASTE DISPOSAL SITES.
Dennis G. Fenn et. Al. U.S. Environmental Protection Agency. 1975.

TABLA No. 4.2.1

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL AJUSTADA

MES	TEMPERATURA °C	INDICE	EVAPOTRANSPIRACION POT. MENSUAL mm	FACTOR DE CORRECCION	EVAPOTRANSPIRACION POT. AJUSTADA mm
ENERO	12.94	4.22	42.94	0.954	40.96
FEBRERO	14.09	4.80	49.19	0.902	44.37
MARZO	16.84	6.29	65.38	1.030	67.34
ABRIL	17.60	6.72	70.15	1.048	73.52
MAYO	18.59	7.30	76.56	1.118	85.59
JUNIO	17.34	6.57	68.51	1.104	75.64
JULIO	16.84	6.28	65.26	1.136	74.14
AGOSTO	16.78	6.25	65.01	1.104	71.77
SEPTIEMBRE	16.81	6.27	65.20	1.020	66.50
OCTUBRE	15.87	5.75	59.47	1.002	59.59
NOVIEMBRE	14.47	5.00	51.32	0.934	47.93
DICIEMBRE	13.05	4.27	43.52	0.946	41.17

PARA: $I = 69.72$

$\infty = 1.59624$

- Se consideró un coeficiente de escurrimiento superficial de 0.13 en temporada de secas y de 0.17 en temporada de lluvias^(*), con lo cual pudo estimarse a partir de la precipitación (P), el escurrimiento superficial (ES) y la infiltración (I); estos cálculos se presentan en la Tabla No. 4.2.2.
- La evapotranspiración real (ETA), y la percolación se calcularon mediante las siguientes relaciones:

$$ETA = ET \quad \text{si } I - ET > 0$$

$$ETA = I - \Delta HS \quad \text{si } I - ET < 0$$

$$PERC = I - \Delta HS - ETA$$

Estableciendo lo anterior, se realizó el balance de agua para determinar la cantidad de percolación de agua pluvial anual al relleno sanitario, es decir, la cantidad potencial de lixiviados a generarse en el relleno sanitario.

Estos cálculos se presentan en la Tabla No. 4.2.3. donde puede observarse que no existe percolación del agua pluvial.

Para demostrar la importancia de la cubierta final de un relleno sanitario, se efectuó ahora un nuevo cálculo para una cubierta diaria de 0.20 m. de espesor, con lo cual se determinó una percolación de 25.84 mm/año, lo que arroja para un total de 104 Has. aprovechables del relleno sanitario, una percolación anual de 26,873.6 m³ equivalente a un caudal de 0.85 l.p.s.

En la Tabla No. 4.2.4., se presentan los cálculos para la consideración anteriormente señalada y en la Fig. No. 4.2.1, se muestra la esquematización de estos cálculos.

^(*) ESTUDIO DE ESTABILIZACION DEL RELLENO SANITARIO BORDO PONIENTE Y DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL EN LA ZONA FEDERAL DEL LAGO DE TEXCOCO.
Proyectos y Construcciones PISCIS, S.A., 1989.

TABLA No. 4.2.2

CALCULO DE LA HUMEDAD DE INFILTRACION

MES	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL mm	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	ESCURRIMIENTO	INFILTRACION
ENERO	7.90	0.13	1.03	6.87
FEBRERO	6.40	0.13	0.83	5.57
MARZO	9.91	0.13	1.29	8.62
ABRIL	30.78	0.13	4.00	26.78
MAYO	46.19	0.13	6.00	40.19
JUNIO	110.78	0.17	18.83	91.95
JULIO	120.43	0.17	20.47	99.96
AGOSTO	107.09	0.17	18.21	88.88
SEPTIEMBRE	88.07	0.17	14.97	73.10
OCTUBRE	44.17	0.13	5.74	38.43
NOVIEMBRE	5.78	0.13	0.75	5.03
DICIEMBRE	5.76	0.13	0.75	5.01

TABLA No. 4.2.3

BALANCE DE AGUA PARA UN ESPESOR DE CUBIERTA DE 0.50 m.

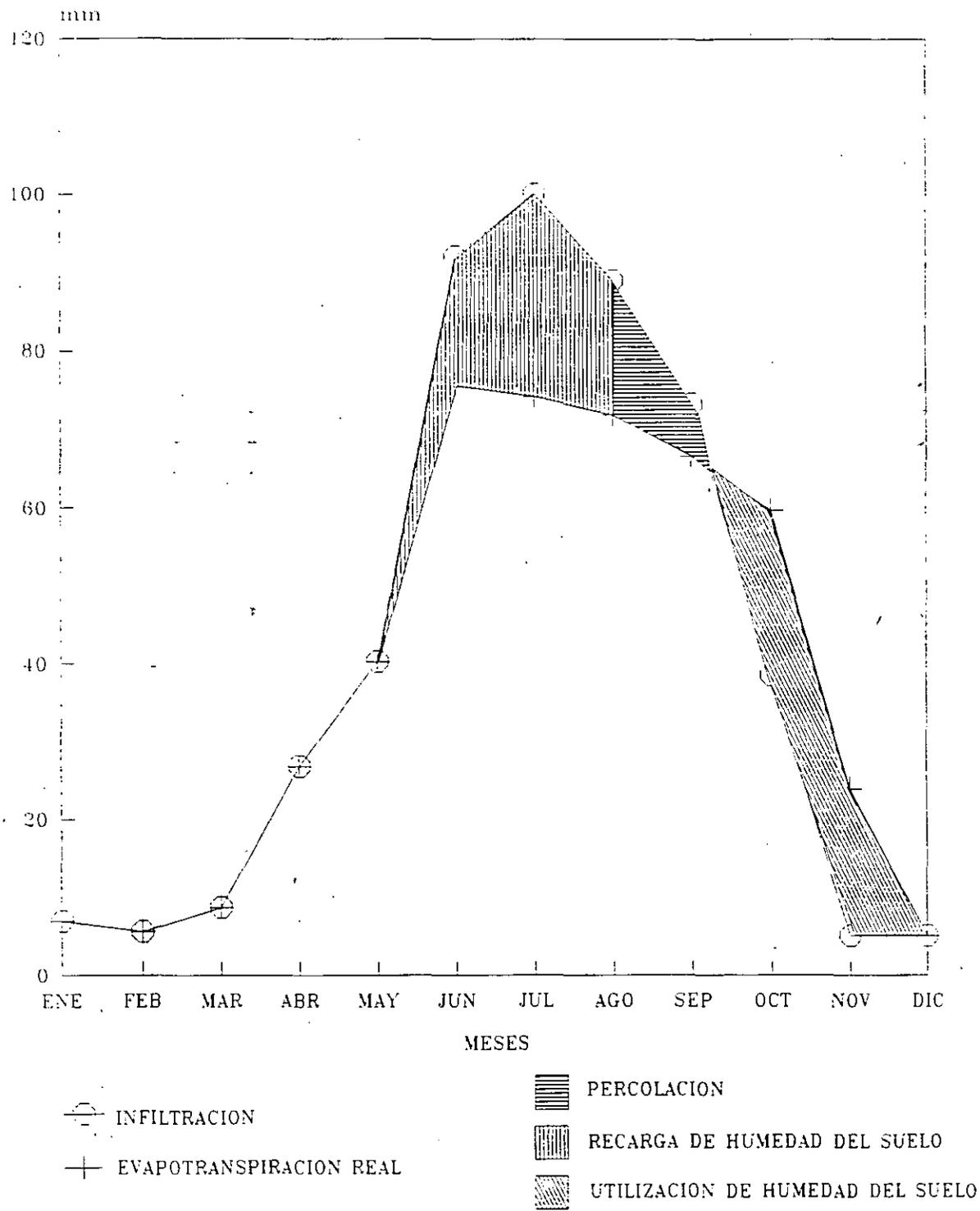
PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
P	790	640	991	3078	4619	11078	12043	10709	8807	4417	578	576	58326
ES	103	083	129	400	600	1883	2047	1821	1497	574	075	075	9287
(P-ES)	687	557	862	2678	4019	9195	9996	8888	7310	3843	503	501	49039
ET	4096	4437	6734	7352	8559	7564	7414	7177	6650	5959	4793	4117	74852
(-ET)	-3409	-388	-5872	-4674	-454	1631	2582	1711	660	-2116	-4236	-3616	
HS	0	0	0	0	0	1631	4213	5924	100	7884	3648	032	
HS	-032	0	0	0	0	1631	2382	1711	660	-2116	-4236	-3616	
ETA	719	557	862	2678	4019	7564	7414	7177	6650	5959	4739	4117	52455
PERC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA No. 4.2.4

BALANCE DE AGUA PARA UN ESPESOR DE CUBIERTA DE 0.20 m.

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
P	790	640	991	3078	4619	11078	12043	10709	8807	4417	578	576	58326
ES	103	093	129	400	600	1883	2041	1821	1497	571	075	075	9287
(P-ES)	687	557	862	2678	4019	9195	9996	8888	7310	3843	503	501	49039
ET	4096	4437	6734	7352	8559	7564	7414	7177	6650	5959	4793	4117	74852
(-ET)	-3409	-388	-5872	-4674	-454	1631	2582	1711	660	-2116	-4236	-3616	
HS	0	0	0	0	0	1631	4000	4000	4000	1884	0	0	
HS	0	0	0	0	0	1631	2369	0	0	-2116	-1884	0	
ETA	687	557	862	2678	4019	7564	7414	7177	6650	5959	2387	501	16455
PERC.	0	0	0	0	0	0	213	1711	660	0	0	0	2384

FIG. 4.2.1. BALANCE DE AGUA PARA BORDO PONIENTE III ETAPA
CON 20 CMS. DE CUBIERTA.



4.3 Cálculo de la Interfase de Suelo Requerido

Este análisis se efectúa en dos partes, una para determinar el espesor de suelo requerido para remover la contaminación inorgánica (catiónica), y la otra para conocer la contaminación orgánica que se presentará a diversas profundidades del suelo, y la concentración de llegada en términos de DBO del lixiviado al acuífero.

El análisis por carga catiónica considerará básicamente la capacidad del suelo para aceptar los cationes transportados por el lixiviado y se apoyará en la formulación presentada para tal fin en el documento : MANUAL DE RELLENOS SANITARIOS, editado por la Subsecretaría de Ecología de la SEDUE en 1984; mientras que para el análisis por carga orgánica, se emplea el modelo de celdillas de mezclado, el cual considera los mecanismos de dispersión, advección, adsorción y degradabilidad del contaminante orgánico.

La información requerida para el análisis que nos ocupa, se presenta a continuación:

- Permeabilidad en cm/seg.
- Porosidad
- Capacidad de Intercambio Catiónico en m.e.q./100 gr
- Peso Volumétrico en Kg/m³
- Precipitación Pluvial Total en mm/año
- Infiltración de Lixiviado en m/m² año
- Coeficiente de Decaimiento del Contaminante
- Coeficiente de Transferencia del Contaminante de Fase Líquida a Fase Sólida (adimensional).
- Pendiente de la Distribución de Concentración para el Modelo de FREUNDLICH (adimensional).
- Concentración Catiónica Inicial del Lixiviado Contaminante Antes de Penetrar en el Suelo en m.e.q./lt.
- Concentración Orgánica Admisible para Evitar la Contaminación del Acuífero en mg./l.
- Concentración Orgánica Inicial del Lixiviado Contaminante Antes de Penetrar en el Suelo en mg./l. de DBO.

- Área Transversal del Suelo para el Análisis de Contaminación Orgánica del Suelo.

- Espesor Promedio de las Celdillas de Mezclado para el Análisis de Contaminación Orgánica.

a) Análisis de Contaminación Inorgánica (Catiónica).

Se empleará la expresión que para el cálculo de la interfase por carga catiónica para un periodo de 20 años, se presenta en el Manual de Rellenos Sanitarios de la SEDUE.

$$I = 4 \frac{C}{CIC (Pv)} i$$

donde :

I : Interfase en metros.

C : Concentración Catiónica del Lixiviado.

CIC : Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo.

Pv : Peso Volumétrico del Suelo.

i : Infiltración anual en m/m² año.

b) Análisis de Contaminación por Carga Orgánica.

Para este análisis se tomará la "DBO", como indicador de contaminación orgánica y el modelo de celdillas de mezclado para analizar el comportamiento del contaminante durante su paso a través del suelo. La formulación es la siguiente:

$$C_j = \frac{I}{1 + \frac{BAnGK}{Q}} C_{j-1}$$

$$G = 1 + \frac{1 - n}{n} K_1$$

donde:

- C_j : Concentración del contaminante en la celdilla analizada en mg./l.
- C_{j-1} : Concentración del contaminante en la celdilla anterior a la analizada.
- Q : Infiltración diaria en $m^3/\text{día} \times m^2$

De lo descrito en párrafos anteriores:

$B = 0.25$ m (espesor promedio de las celdillas de mezclado).

$A = 1.00$ m^2 (área transversal para el análisis).

$n = 0.50$

$K = 0.013$ día^{-1}

$K_1 = 0.05$

5. GENERACION DE BIOGAS EN RELLENOS SANITARIOS

5.1 Que sucede cuando se descomponen los Residuos Sólidos.

- a) Existen tres tipos de descomposición de residuos sólidos dependientes entre sí en un relleno sanitario:

1. BIOLOGICA:

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

2. QUIMICA:

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

3. FISICA:

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

- b) Antecedentes Relativos a la Generación del Metano.

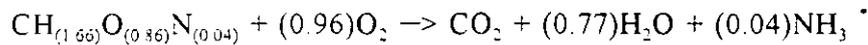
1. El gas metano es producido por la descomposición bacteriana de los residuos sólidos en rellenos sanitarios.

2. La fracción orgánica contenida en los residuos es degradada por microorganismos, hongos, etc. a materiales orgánicos simples.
3. Los residuos sólidos municipales contienen materia orgánica húmeda y toda clase de microorganismos.
4. Aproximadamente la mitad del total del peso seco de los residuos sólidos municipales es papel, el cual es casi celulosa pura.
5. La celulosa es una fibra polímera insoluble de glucosa.
6. La celulosa es un nutriente para diversas especies de hongos y bacterias, la cual degradan en azúcar-glucosa soluble.
7. La glucosa es un excelente nutriente y fuente de energía que puede ser utilizado por un rango muy amplio de microorganismos que utilizan celulosa.
8. La glucosa puede ser degradada bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas.
9. Se forma una variedad de productos derivados de la celulosa y otros materiales orgánicos.

c) Fase de Descomposición Aeróbica.

1. Cuando los residuos sólidos están compactados y cubiertos en el relleno sanitario, el medio es muy poroso. Los huecos existentes están llenos de aire, en el cual el 78% es nitrógeno, 21% oxígeno y 1% de trazas de otros gases.
2. La fase inicial de la descomposición microbiana de un residuo sólido en un relleno sanitario toma lugar en una atmósfera aeróbica, por lo que solamente microbios aeróbicos y facultativos son activos.

3. Bajo condiciones aeróbicas, los residuos sólidos son oxidados a bióxido de carbono y agua, con liberación de energía (calor).



* Fórmula válida sólo para México

4. La reacción genera grandes cantidades de calor, elevando la temperatura en el relleno sanitario a más de 154°F (68°C).
5. Se forman grandes cantidades de bióxido de carbono, aumentando a concentraciones del 90%.
6. El oxígeno es consumido durante el proceso de descomposición aerobia y si no entra más aire (O₂) al relleno sanitario, el proceso de digestión aeróbica cesará eventualmente y la digestión anaerobia iniciará.
7. La transición de la digestión aeróbica a la anaeróbica en un relleno sanitario es gradual, ocasionada por cierta cantidad de oxígeno que es suministrado a través del material de cubierta.
8. La fase aeróbica puede tomar unos cuantos meses al año, dependiendo de cierto número de factores. Es relativamente rápida comparada con las diferentes fases anaeróbicas que se efectúan posteriormente.

d) Fase de Descomposición Anaeróbica No-Metanogénica.

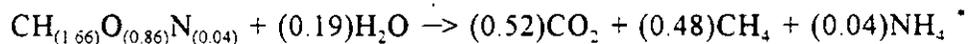
1. La digestión anaeróbica es llevada a cabo por muchas clases de bacterias.
2. Durante esta fase, la materia orgánica con altos pesos moleculares insolubles, es transformada en materiales muy simples y solubles en agua.

- a) Celulosa ———> Glucosa
- b) Proteínas ———> Aminoácidos.
- c) Grasas ———> Glicerol y Acidos Grasos

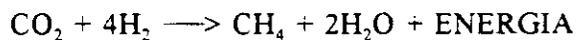
3. Se producen cantidades significativas de bióxido de carbono y algo de nitrógeno e hidrógeno.

e) Fase Anaeróbica Metanogénica Inestable.

1. Esta fase toma lugar simultaneamente con la fase anterior.
2. La producción de metano comienza después de que todo el oxígeno ha sido consumido.
3. Las bacterias que forman metano son necesariamente anaeróbicas. El oxígeno en cualquier cantidad inhibe su actividad, sin embargo, éstas forman esporas y cuando regresan las condiciones anaeróbicas iniciales, recuperan nuevamente su actividad normal.
4. En ausencia del oxígeno, las bacterias que forman metano convierten a los ácidos orgánicos en 50% bióxido de carbono y 50% metano aproximadamente. El gas es saturado con vapor de agua. También se presentan pequeñas cantidades de ácido sulfhídrico (H₂S) y nitrógeno (N₂). Las bacterias metanogénicas son también capaces de generar metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno, cuando ambos están presentes.



* Fórmula válida sólo para México



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

f) Fase Metanogénica Anaeróbica en Estado Estable.

1. Durante esta fase, las condiciones de producción y composición del gas se acercan a un estado estable.
2. Las concentraciones de gas metano se estabilizan en un rango de 50 - 60% por volumen.
3. Los rangos de concentración de bióxido de carbono están entre 40 y 50% por volumen.
4. También están presentes trazas de otros gases (por ejemplo, ácido sulfhídrico, mercaptanos, etc.). Estos gases son las fuentes de olor de los rellenos sanitarios.
5. El tiempo requerido para la estabilización del metano, varía de pocos meses a varios años, dependiendo de los factores que afectan la producción del metano.

5.2 Factores que afectan la producción del metano.

- a) Es esencial una total condición anaeróbica.

Una pequeña cantidad de oxígeno, inhibe a la bacteria formadora de metano.

- b) Contenido de Humedad.

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

c) Temperatura.

1. Para la producción óptima del metano, se requiere una temperatura de 86-158°F (30-70°C).
2. Temperaturas abajo de los 59°F (15°C) retardan seriamente la actividad bacteriana metanogénica.
3. Normalmente las temperaturas máximas del relleno sanitario son de 86-104°F (30-40°C) pero dependiendo del clima, caen típicamente a rangos de 68°F (20°C) dependiendo de la edad del relleno sanitario.
4. Con frecuencia las temperaturas de los rellenos sanitarios son más bajas que las óptimas para las bacterias que forman metano, por lo que la generación total de metano y la composición del biogás se ven afectadas.

d) Grado de descomposición por tipo de residuo.

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

e) Variación de la composición de residuos en diversas áreas del relleno sanitario.

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

El rango tolerable es de 6.0 a 8.0

g) Los materiales tóxicos (metales pesados, etc.) pueden inhibir la acción bacteriana.

5.3 Propiedades de los Componentes del Biogás.

a) Metano 45 - 65%

1. Incoloro.
2. Más ligero que el aire.
3. Baja solubilidad en el agua.
4. Altamente explosivo en concentraciones entre 5 - 15% por volumen en el aire.
5. Una chispa o destello de una fuente de calor que exceda los 1,100°F, puede originar una explosión.

b) Bióxido de Carbono 30 - 60%

1. Incoloro.
2. Más pesado que el aire.
3. Altamente soluble en agua (forma soluciones de ácidos débiles corrosivos).
4. No flamable.
5. Potencialmente peligroso (una concentración del 10% de CO₂ en una atmósfera pura de oxígeno, puede causar un envenenamiento involuntario).

c) Trazas de Gases (fuente de olores, etc.)

1. Nitrógeno < 1 --- 20%
2. Acido sulfhídrico - trazas

a) Mayor fuente de olores - rango de olor 0.0047 ppm

b) Producido por sulfatos en rellenos sanitarios bajo condiciones anaeróbicas.

c) Los sulfatos pueden provenir de:

- i) Residuos animales o vegetales.
- ii) Placas de yeso - sulfato de calcio.

iii) Infiltración de agua salobre en los residuos.

3. Oxígeno y Argón trazas - 3%
4. Etano, Etileno, Propileno, Propano y otros productos de digestión anaeróbica de la materia orgánica - Trazas.

5.4 Generación de Biogás en un Relleno Sanitario.

1. CANTIDADES DE BIOGAS EN EL RELLENO.

- a) Es compleja, variable y difícil de estimar o medir con exactitud.
- b) El metano únicamente corresponde a la mitad del total del biogás.
- c) Generación Teórica del Metano.

La estimación del metano y bióxido de carbono producidos del total de la descomposición anaeróbica es:

	Metano	Bióxido de Carbono
1 lb. Carbohidrato	7.3 ft ³	7.5 ft ³
1 lb. Proteínas	8.8 ft ³	7.5 ft ³
1 lb. Grasas	17.6 ft ³	7.5 ft ³

Para residuos sólidos municipales típicos.

- a) 7.2 ft³/lb en condiciones standard.
- b) 54% metano, 46% bióxido de carbono (por volumen).

Las cantidades teóricas estimadas normalmente son más altas que los volúmenes reales producidos en los rellenos sanitarios, esto debido a que en las ecuaciones químicas que

muestran los procesos de descomposición, se considera una reacción completa de la fracción orgánica de los residuos sólidos.

d) Generación Actual de Metano.

1. Se generan 0.1 - 0.6 ft³/lb/año en condiciones standard durante el periodo más activo de la formación del metano (asumiendo que ocurre durante los primeros cinco años después de saturado el relleno sanitario).
2. Se estima una generación de 0.13 ft³/lb/año en condiciones standard, después de 5 años del relleno sanitario.

e) Periodo de Generación del Metano.

1. Se asume que la tasa de generación más alta de metano ocurre dentro de los primeros 5 años después de saturado el relleno sanitario.
2. El biogás será producido a una tasa alta por un mínimo de 6 a 10 años, muchos investigadores creen que el periodo económicamente productivo de la generación de metano puede ser en dado caso de 15 a 25 años.
3. Se estima que el biogás se continuará generando en tasas menores entre 30 y 100 años.

6) ESFUERZOS DE TRABAJO A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACION.

Los esfuerzos de trabajo más comunes, que se presentan en los sistemas de impermeabilización con membranas artificiales que a últimas fechas se consideran como parte fundamental de un relleno sanitario, se ilustran en la Fig. No. 6.1 y se describen a continuación:

a) Esfuerzo de Tensión por el Peso Propio de la Membrana.

A partir del Detalle No. 1 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 6.1, se establece el siguiente sistemas de fuerzas:

$$E_1 = F_1 - R_2 = 0 \quad \text{ec. (1)}$$

Desarrollando los términos de esta expresión, se tiene:

$$R_2 = R \text{ sen } \alpha \quad \text{ec. (2)}$$

$$F_1 = R_1 \tan \delta = (R \cos \alpha) \tan \delta \quad \text{ec. (3)}$$

$$R = \gamma_m * (H * \text{sen } \alpha) * e \quad \text{ec. (4)}$$

Donde:

e: Espesor de la membrana artificial, (m.).

γ_m : Peso específico de la membrana artificial, (Ton./m₃)

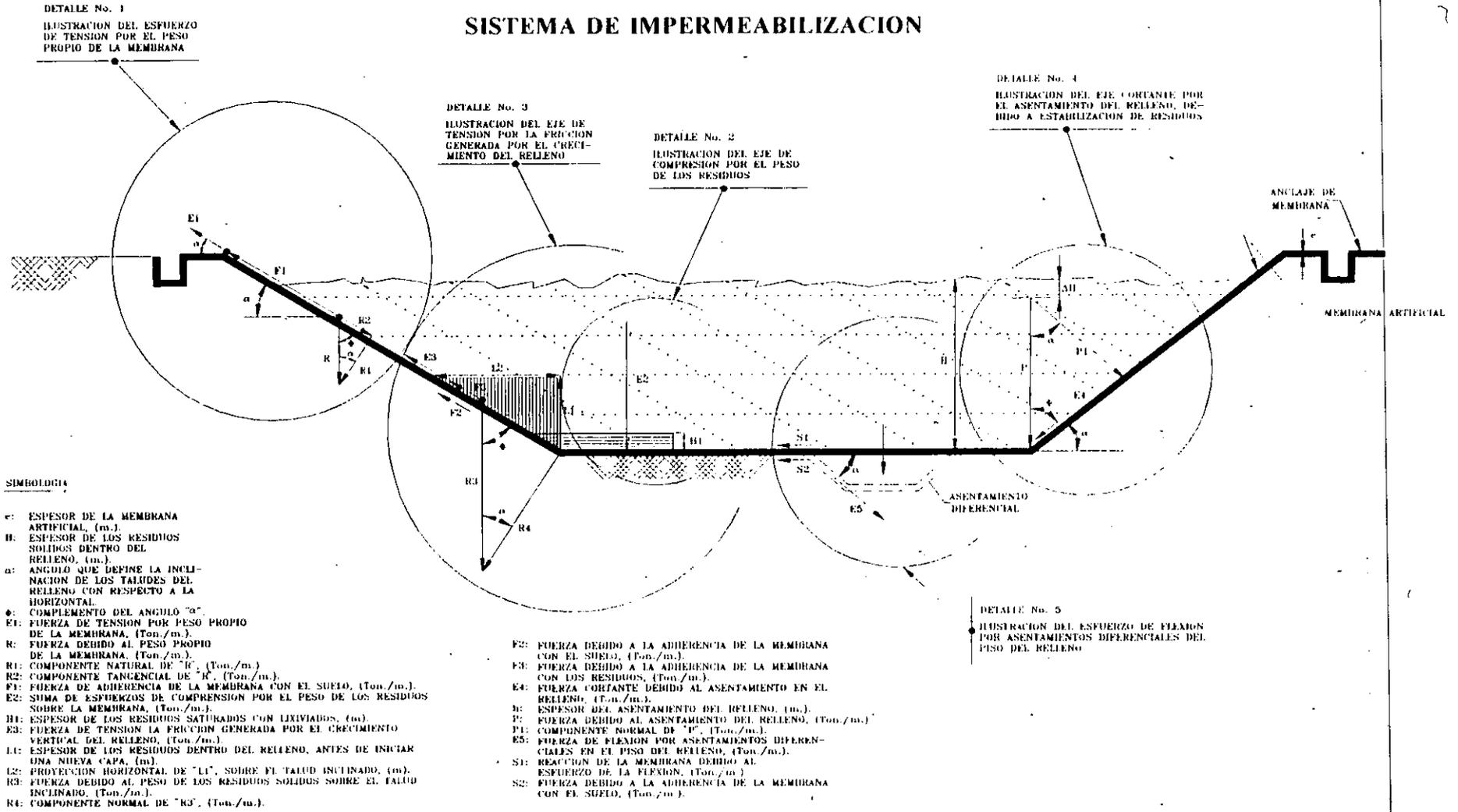
δ : Angulo de fricción interna del suelo que sustentará la membrana artificial.

El esfuerzo de tensión estará dado por la siguiente expresión:

$$t_1 = \frac{E_1}{e} \quad \text{ec. (5)}$$

Fig. No. 6.1

DIAGRAMA DE DEFINICIONES PARA ANALISIS DE ESFUERZOS DE TRABAJO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION



SIMBOLOGIA

- e: ESPESOR DE LA MEMBRANA ARTIFICIAL, (m.).
- H: ESPESOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DEL RELLENO, (m.).
- α : ANGLIO QUE DEFINE LA INCLINACION DE LOS TALUDES DEL RELLENO CON RESPECTO A LA HORIZONTAL.
- ϕ : COMPLEMENTO DEL ANGLIO " α ".
- E1: FUERZA DE TENSION POR PESO PROPIO DE LA MEMBRANA, (Ton./m.).
- R: FUERZA DEBIDO AL PESO PROPIO DE LA MEMBRANA, (Ton./m.).
- R1: COMPONENTE NATURAL DE "R", (Ton./m.).
- R2: COMPONENTE TANGENCIAL DE "R", (Ton./m.).
- F1: FUERZA DE ADHERENCIA DE LA MEMBRANA CON EL SUELO, (Ton./m.).
- E2: SUMA DE ESFUERZOS DE COMPRESION POR EL PESO DE LOS RESIDUOS SOBRE LA MEMBRANA, (Ton./m.).
- E3: ESPESOR DE LOS RESIDUOS SATURADOS CON LIXIVIADOS, (m.).
- E4: FUERZA DE TENSION LA FRICCION GENERADA POR EL CRECIMIENTO VERTICAL DEL RELLENO, (Ton./m.).
- E5: FUERZA DE TENSION POR LA FRICCION GENERADA POR EL CRECIMIENTO DEL RELLENO, ANTES DE INICIAR UNA NUEVA CAPA, (m.).
- L2: PROYECCION HORIZONTAL DE "L1", SOBRE EL TALUD INCLINADO, (m.).
- R3: FUERZA DEBIDO AL PESO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SOBRE EL TALUD INCLINADO, (Ton./m.).
- R4: COMPONENTE NORMAL DE "R3", (Ton./m.).

- F2: FUERZA DEBIDO A LA ADHERENCIA DE LA MEMBRANA CON EL SUELO, (Ton./m.).
- E3: FUERZA DEBIDO A LA ADHERENCIA DE LA MEMBRANA CON LOS RESIDUOS, (Ton./m.).
- E4: FUERZA CORTANTE DEBIDO AL ASENTAMIENTO EN EL RELLENO, (Ton./m.).
- H: ESPESOR DEL ASENTAMIENTO DEL RELLENO, (m.).
- P: FUERZA DEBIDO AL ASENTAMIENTO DEL RELLENO, (Ton./m.).
- P1: COMPONENTE NORMAL DE "P", (Ton./m.).
- E5: FUERZA DE FLEXION POR ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EN EL PISO DEL RELLENO, (Ton./m.).
- S1: REACCION DE LA MEMBRANA DEBIDO AL ESFUERZO DE LA FLEXION, (Ton./m.).
- S2: FUERZA DEBIDO A LA ADHERENCIA DE LA MEMBRANA CON EL SUELO, (Ton./m.).

- DETALLE No. 5
- ILUSTRACION DEL ESFUERZO DE FLEXION POR ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES DEL PISO DEL RELLENO

Donde:

t_1 : en Ton./m²

E_1 : en Ton./m

e : en m.

Cabe aclarar que este tipo de esfuerzos de tensión, presenta su mayor sollicitación, justo después de haber concluido la instalación de membrana y antes de iniciar con la disposición de los residuos.

b) Esfuerzos de Compresión Debido al Peso de los Residuos sobre la Membrana.

Considerando el Detalle No. 2 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 6.1, el esfuerzo de compresión quedará definido por la siguiente expresión:

$$e = E_2 \dots \dots \dots \text{ec. (6)}$$

Donde:

$$E_2 = [\gamma_R * (H - H_1)] + [\gamma_L * H_1] + [\gamma_s * (1 - (h/100)) * H_1] \dots \dots \dots \text{ec. (7)}$$

Donde:

γ_R : Peso volumétrico de los residuos sólidos dentro del relleno sanitario, (Ton./m³).

γ_L : Peso volumétrico de los lixiviados, (Ton./m³).

γ_s : Peso volumétrico seco de los residuos sólidos, (Ton./m³).

h : Humedad propia de los residuos sólidos, antes de su disposición dentro del relleno sanitario, (% en peso).

Este tipo de esfuerzos alcanzaran su condición de trabajo más crítica, justo al término de la vida útil del relleno sanitario, que es cuando se tendrá una mayor carga de residuos sobre la membrana.

c) Esfuerzo de Tensión Generado por la Fricción Debida al Crecimiento Vertical del Relleno Sanitario.

Con base al Detalle No. 3 del Diagrama de Definiciones que se presenta en la Fig. No. 6.1, se puede formular el sistema de fuerzas siguiente:

$$E_3 = F_3 - F_2 \dots\dots\dots \text{ec. (8)}$$

Desglozando los términos de esta expresión, se tiene:

$$F_3 = R_4 \tan \rho_R = (R_3 \cos \alpha) \tan \rho_R \dots\dots\dots \text{ec. (9)}$$

$$F_2 = R_4 \tan \rho_S = (R_3 \cos \alpha) \tan \rho_S \dots\dots\dots \text{ec. (10)}$$

$$R_3 = \gamma_R * (\frac{1}{2} * L_1 * L_2) \dots\dots\dots \text{ec. (11)}$$

Donde:

ρ_R : Angulo de fricción interna de los residuos sólidos.

El esfuerzo de la tensión quedará definido por la siguiente ecuación:

$$t_2 = \frac{E_3}{e} \dots\dots\dots \text{ec. (12)}$$

Donde:

- t_2 : en Ton./m²
- E_3 : en Ton./m
- e : en m.

Se debe mencionar que este tipo de esfuerzos, se presentarán casi permanentemente durante toda la operación del relleno sanitario, incrementando su magnitud y haciéndose más críticos conforme se incrementen los paquetes de basura.

- d) Esfuerzo Cortante Debido al Asentamiento del Relleno por la Estabilización de los Residuos.

El Detalle No. 4 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 6.1, muestra la fuerza que se deben considerar para el cálculo del esfuerzo cortante.

$$C_{CR} = E_s = P_1 \tan \phi_R = (P \cos \alpha) \tan \phi_R \dots \dots \dots \text{ec. (13)}$$

$$P = \gamma_R (H - H) \dots \dots \dots \text{ec. (14)}$$

Este tipo de esfuerzos, normalmente se presentan una vez que la vida útil del relleno sanitario ha concluido, pero sobre todo cuando dicho relleno se encuentre en plena fase de estabilización.

- e) Esfuerzo de Flexión por Asentamientos Diferenciales que se Presentan en el Piso del Relleno.

Consultando el Detalle No. 5 del Diagrama de Definiciones de la Fig. No. 6.1, se puede establecer el siguiente sistema de fuerzas:

$$(E_s * \cos \alpha_1) - (S_1 + S_2) = 0 \dots \dots \dots \text{ec. (15)}$$

$$E_s = \frac{S_1 + S_2}{\cos \alpha_1} \dots \dots \dots \text{ec. (16)}$$

Desglosando los términos, tenemos:

$$S_1 = (\gamma_R * H) \tan \phi_R \dots \dots \dots \text{ec. (17)}$$

$$S_2 = (\gamma_S * H) \tan \phi_S \dots \dots \dots \text{ec. (18)}$$

El esfuerzo de flexión quedará expresado por la siguiente ecuación:

$$f = E_s * L \dots \dots \dots \text{ec. (19)}$$

Donde:

σ en Ton./m

E_s en Ton./m²

L: Longitud de la membrana que se ve afectada por la fuerza de flexión.

Estos esfuerzos, aunque pueden presentarse en cualquier momento, incluso al iniciar la operación del relleno sanitario, es más factible que se presenten al término de la vida útil de esta obra, debido a que la carga de los residuos sólidos sobre el suelo será mucho mayor. Estos asentamientos, normalmente son debidos a fallas en la compactación de los materiales que soportarán al relleno sanitario, aunque en ocasiones estos asentamientos tienen su origen en fallamientos de capas más profundas, sobre todo en zonas con suelos calcareos.

f) Aclaraciones Complementarias.

Es importante que para el diseño de cualquier sistema de impermeabilización mediante membranas artificiales para un sitio de disposición final de residuos sólidos; se revisen los esfuerzos de trabajo señalados en los incisos anteriores para las condiciones específicas del sitio que se trate, con el fin de establecer las recomendaciones que dicho sistema debe reunir en cuanto a las siguientes solicitudes:

- Resistencia a la tensión
- Resistencia a la compresión
- Resistencia al esfuerzo cortante
- Resistencia a la flexión

La recomendación para establecer la resistencia a la tensión, se definirá a partir del máximo valor que se obtenga de la revisión de los esfuerzos debidos al peso propio de la membrana y por crecimiento vertical del relleno sanitario.

Es importante mencionar, que de acuerdo con lo señalado en la descripción analítica de las

solicitaciones a las que estará expuesto un sistema de impermeabilización de membranas artificiales; cada uno de los esfuerzos descritos son de diferente carácter, amén de presentarse en distintas etapas y tiempos del relleno sanitario, por lo que es muy difícil que pueda darse una combinación de esfuerzos. Sin embargo, cuando se requiera realizar el diseño de un sistema artificial de impermeabilización de un sitio de disposición final de residuos sólidos, es necesario hacer una revisión detallada de los esfuerzos de trabajo, para determinar si existe la posibilidad de que se presente una combinación de solicitaciones, que hagan más críticas las condiciones de trabajo del sistema de impermeabilización y que por lo consiguiente demande un diseño más exigente y membranas más seguras. En todo caso, para diseños más seguros, se recomienda que para cualquier análisis de solicitaciones, se combine el esfuerzo de compresión por peso de los residuos, con el esfuerzo de flexión por asentamientos diferenciales del piso del relleno.

REFERENCIAS

- (1) PRODITA, S.A. DE C.V. para la D.G.S.U./S.G.O./D.D.F. "PROYECTO EJECUTIVO DE UN RELLENO SANITARIO EN -CANTERA CERO- (PLANTA DE ASFALTO), DELEG. COYOACAN". CONTRATO No. SU-7-31-1-203, Noviembre de 1987.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

CLAUSURA DE SITIOS DE
DISPOSICION FINAL

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPEC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13, Noviembre, 1993.

I. IDENTIFICACION DE ACCIONES ESPECIFICAS POR REALIZAR

- 1) Regionalización geológica de la cuenca Hidrológica donde se asientan los sitios de disposición final
- 2) Diagnóstico ambiental preliminar del sitio
- 3) Evaluación técnica, económica, socio-política y ambiental de los sitios a clausurar
- 4) Climatología regional
- 5) Geología y Geohidrología de la región
- 6) Topografía
- 7) Geofísica
- 8) Geotécnia
- 9) Anteproyecto de clausura
- 10) Proyectos específicos de restauración (lixiviados, biogás y estabilización)
- 11) Proyecto ejecutivo de clausura
- 12) Monitoreo ambiental de referencia
- 13) Clausura y Restauración (obras de clausura y saneamiento y obras de restauración y control)
- 14) Monitoreo ambiental por etapas

15) Estabilización por etapas

16) Rehabilitación y equipamiento

1. REGIONALIZACION GEOLOGICAS DE LA CUENCA HIDROLOGICA DONDE SE ASIENTAN LOS SITIOS DE DISPOSICION FINAL

· Marco geológico regional

· Geotécnia

· Hidrogeología

· Zonas protegidas

· Zonas con concentración de obras de extracción de agua subterránea

2. DIAGNOSTICO AMBIENTAL PRELIMINAR DEL SITIO

· Revisión de información técnica (análisis, mediciones, dictámenes, etc.)

· Problemática ambiental general del sitio

· Dimensionamiento de impactantes

· Priorización de actividades

· Definición de acciones emergentes

3. EVALUACION DE LOS SITIOS A CLAUSURAR

- Aspectos técnicos
- Aspectos económicos
- Aspectos socio-políticos
- Aspectos ambientales

4. CLIMATOLOGIA REGIONAL

- Humedad relativa del ambiente
- Precipitación pluvial
- Evaporación media
- Temperatura
- Vientos

5. GEOLOGIA Y GEOHIDROLOGIA DE LA REGION DONDE SE UBICAN LOS SITIOS

- Geología
- Unidades geohidrológicas

Comportamiento general del subsuelo y acuífero

6. TOPOGRAFIA DEL SITIO

Planimetría

Altimetría

Drenaje del sitio

7. BARRIDOS GEOFISICOS TRIDIMENSIONALES EN EL SITIO Y BARRIDO EN LAS COLINDANCIAS DEL MISMO

Comportamientos isorresistivos del sitio y de sus colindancias

Detección de fisuras e irregularidades en las fronteras y en el fondo del sitio

Identificación de probables vías de impactantes

Detección de acumulaciones de lixiviados y biogás

Establecimiento de infraestructura de extracción y monitoreo

8. GEOTECNIA DEL SITIO

Identificación y clasificación de materiales

Caracterización del sitio

- Estratigrafía del sitio

- Parámetros de diseño

- Definición de secciones estables para la configuración final

- Monitoreo geotécnico

9. ANTEPROYECTO DE CLAUSURA DEL SITIO

- Evaluación de efectos al ambiente

- Evaluación de alternativas de clausura y saneamiento

- Evaluación de acciones y obras de mitigación para biogás y lixiviados

10. PROYECTOS ESPECIFICOS DE RESTAURACION

- Lixiviados

- Biogás

- Estabilización

11. PROYECTO EJECUTIVO DE CLAUSURA

- Recopilación de información
- Operación actual
- Zonas de trabajo actuales
- Diagnóstico ambiental preliminar
- Anteproyecto para la extracción de lixiviados
- Anteproyecto de control de migración de biogás
- Anteproyecto para la protección de los alrededores
- Cubierta final
- Topografía final

12. MONITOREO AMBIENTAL DE REFERENCIA

- Monitoreo de pozos de biogás
- Pruebas aerobiológicas
- Pruebas de partículas suspendidas
- Monitoreo en pozos de lixiviados

Monitoreo al acuífero

13. CLAUSURA Y RESTAURACION (OBRAS DE CLAUSURA Y SANEAMIENTO Y OBRAS DE RESTAURACION Y CONTROL)

Trabajos de configuración final

Obras de desvío y captación de aguas pluviales

Colocación de sello final

Colocación de capa vegetal y forestación

Construcción de los sistemas de control y aprovechamiento de biogás

Construcción de los sistemas de control de lixiviados

Construcción del sistema de tratamiento de lixiviados

Control de fauna nociva

14. MONITOREO AMBIENTAL POR ETAPAS

Monitoreo de biogás

Monitoreo de lixiviados

Monitoreo de aguas subterráneas

Monitoreo de partículas suspendidas y aerobiológicas

15. ESTABILIZACION POR ETAPAS

Inoculación de microorganismos

Recirculación de lixiviados

16. REHABILITACION Y EQUIPAMIENTO

Áreas de convivencia

Áreas de esparcimiento

Estacionamiento

Juegos infantiles

Servicios públicos

Oficinas

Vigilancia

ESQUEMA METODOLOGICO BASICO, QUE DEFINE LAS ACCIONES RECTORAS NECESARIAS PARA LA CLAUSURA DE UN SITIO DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS, ASI COMO LAS DISCIPLINAS INVOLUCRADAS EN CADA UNA DE ELLAS

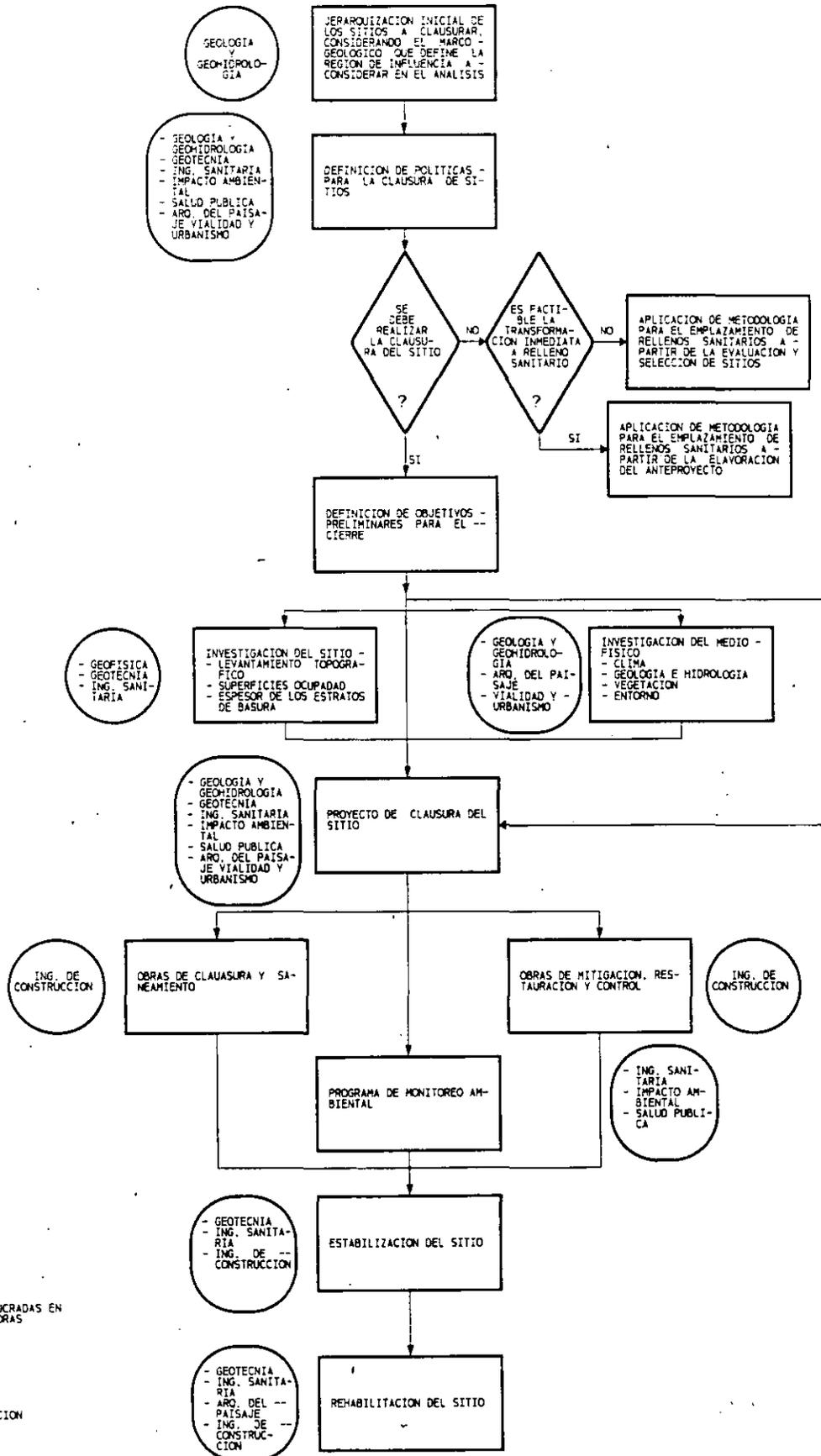
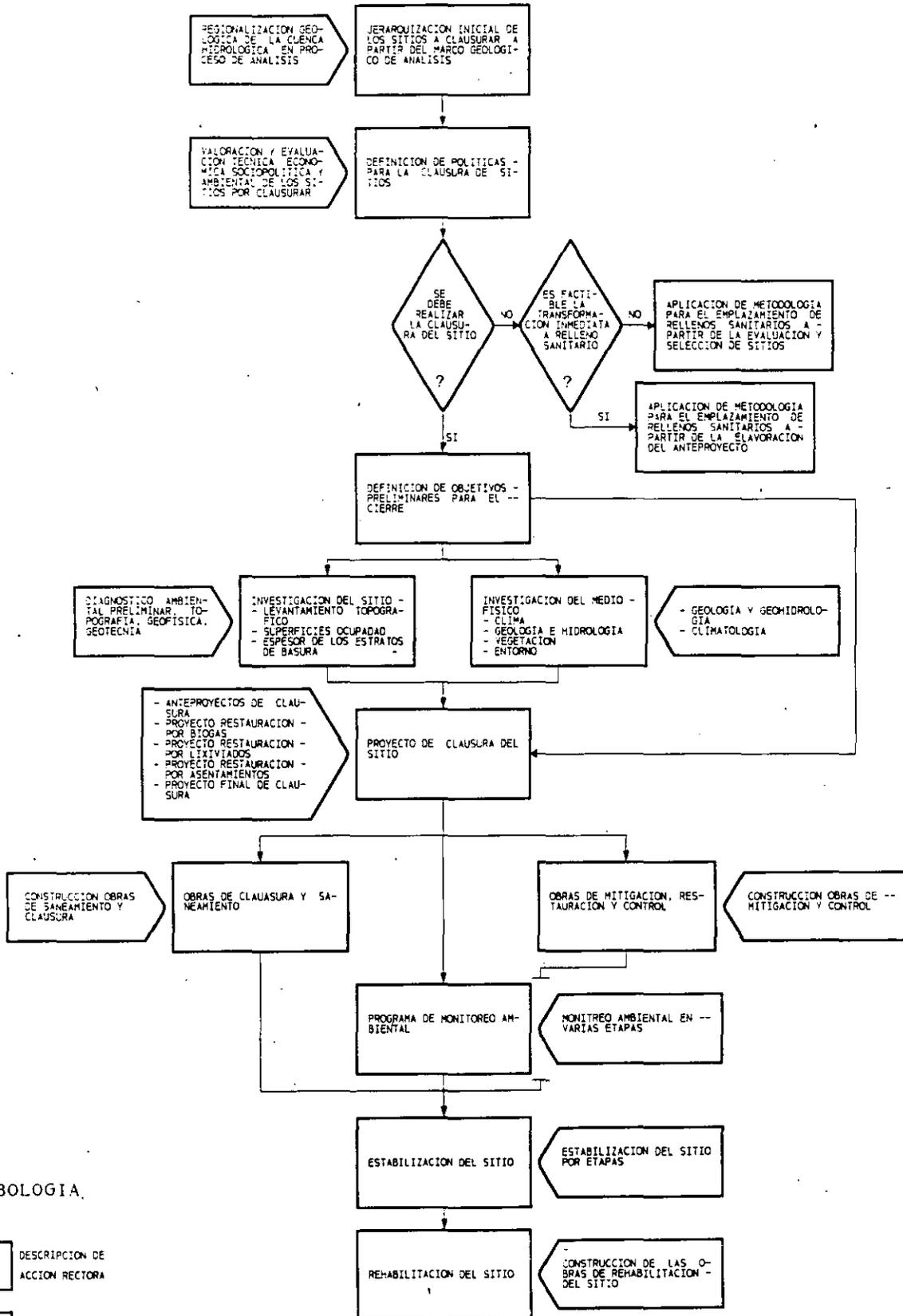


FIG. No. 2.1

**IDENTIFICACION DE ACCIONES REQUERIDAS PARA
LA CLAUSURA DE DISPOSICION FINAL
DE RESIDUOS SOLIDOS**



SIMBOLOGIA

DESCRIPCION DE ACCION RECTORA

10 ACCIONES ESPECIFICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

1. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario debe definirse como un sistema para la disposición final de los residuos sólidos municipales, en el cual los residuos se esparcen y compactan en un frente de trabajo inclinado, del menor tamaño posible, hasta formar una celda que se cubre diariamente con tierra compactada, para no dañar el ambiente ni afectar la salud pública.

El proceso que deberá seguirse para realizar la disposición de la basura mediante el método del relleno sanitario, se puede resumir en los puntos siguientes:

- a) El vehículo de recolección se situará en el mismo nivel del piso de trabajo que se esté operando, descargará la basura recolectada y se retirará del frente de trabajo.
- b) Con maquinaria pesada, la basura se esparcirá, fragmentará y compactará sobre el talud inclinado del piso de trabajo que se esté operando; y con este material importado de algún banco de préstamo fuera del sitio, la basura se cubrirá al final del día.
- c) La localización de las celdas del relleno, deberán estacarse para identificar los límites de las mismas y para mostrarse diariamente al operador de la maquinaria pesada.
- d) La elevación del nivel de la basura y del piso de cubierta deberá darse diariamente, indicándose sobre el estacado, mediante equipo topográfico.
- e) Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar plagas de insectos, roedores y aves, así como para evitar malos olores.
- f) Los caminos interiores deberán tener un mantenimiento constante, tapando los baches regularmente. Así mismo, se rociarán con aceite quemado cuando sea necesario, para evitar la generación de polvos que dificulten la visibilidad en el sitio.

- g) Se recomienda sembrar las zonas terminadas, con pasto aclimatado de la región, tanto los taludes de las capas, como la superficie horizontal superior expuesta.
- h) Deberán observarse rigurosamente, las instrucciones para el mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada para el relleno sanitario, con el fin de evitar daños posteriores a la misma.
- i) En época de lluvia, se deberá tener una zona asignada a emergencias para facilitar la operación del relleno sanitario, amén de contar todo el tiempo con lonas y membranas plásticas para cubrir los residuos cuando falte el suministro de tierra de cubierta, con el fin de evitar que la dispersión y arrastre de los residuos, ocasionen daños a la ecología y a la salud pública. Además, se deberá contar con un área o zona específica para la disposición de los residuos sólidos considerados como especiales, tales como: animales muertos, residuos hospitalarios, alimentos alterados y medicinas caducas.

2. OPERACIONES BASICAS PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES, MEDIANTE EL METODO DEL RELLENO SANITARIO

- a) **ACOMODO DE LOS RESIDUOS.** Es el depósito y colocación de los residuos sólidos en el frente de trabajo que se haya designado según la planeación del relleno sanitario, de manera tal que esta operación se haga de manera controlada.
- b) **ESPARCIDO DE LOS RESIDUOS.** Distribución y derrame de los residuos sólidos sobre el talud inclinado de la celda de trabajo correspondiente, en capas no mayores de 60 cm. de espesor.
- c) **COMPACTACION DE LOS RESIDUOS.** Es la reducción de volumen de los residuos sólidos que se logra mediante el tránsito de maquinaria pesada sobre ellos, haciéndolo de 2 a 4 veces, según sea la humedad y características propias de tales residuos. Esta operación siempre deberá cumplirse de abajo hacia arriba.
- d) **COBERTURA DE LOS RESIDUOS.** Es la colocación de una capa de tierra compactada sobre ellos, cuyo espesor varía de 15 a 30 cm. Con dicha capa, se cubrirán los residuos sólidos depositados en un día, cuidando sobremanera que tanto los taludes como la superficie horizontal de la celda, queden perfectamente cubiertos. Este material se extenderá y compactará de abajo hacia arriba sobre el talud inclinado.

3. OPERACION DIARIA DEL RELLENO SANITARIO

Se efectuará de acuerdo al METODO DE AREA, cuya descripción gráfica se muestra en las Figuras. Nos. 3.1 y 3.2.

Las actividades fundamentales que diariamente deben cuidarse sobremanera, para asegurar la buena operación del relleno sanitario, se anotan a continuación:

a) Verificación del Ancho del Frente de Trabajo.

El ancho del frente de trabajo, dependerá del número de vehículos recolectores que en un momento dado llegarán al relleno sanitario en la hora pico.

b) Inspección Diaria del Ingreso de Vehículos al Sitio.

En la entrada del relleno, se procederá a inspeccionar los vehículos recolectores. Si la unidad no trae residuos peligrosos, y/o residuos incompatibles, a los que normalmente se reciben en el relleno, se le permitirá su entrada y se le indicará el sitio donde deberá descargar tales residuos.

c) Verificación de la Zona de Descarga.

El depósito o descarga de los residuos sólidos deberá efectuarse de tal forma que no se obstruyan las operaciones de la maquinaria pesada, por lo que el chofer debe acatar las órdenes del acomodador o señalista.

d) Verificación del Material de Cubierta.

El material para la cobertura de los residuos, deberá cumplir hasta donde sea posible, con las siguientes especificaciones:

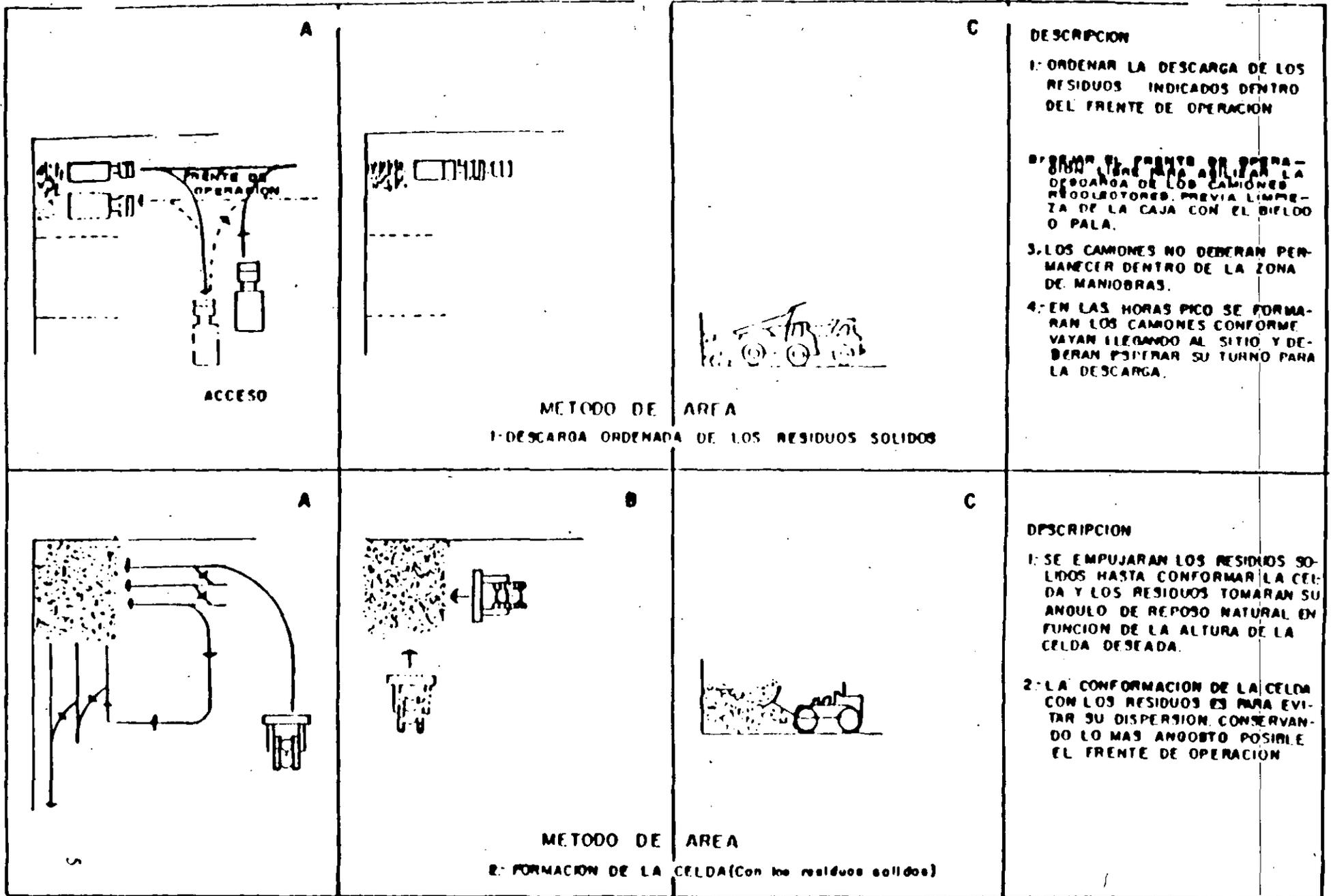


Fig. No. 3.1

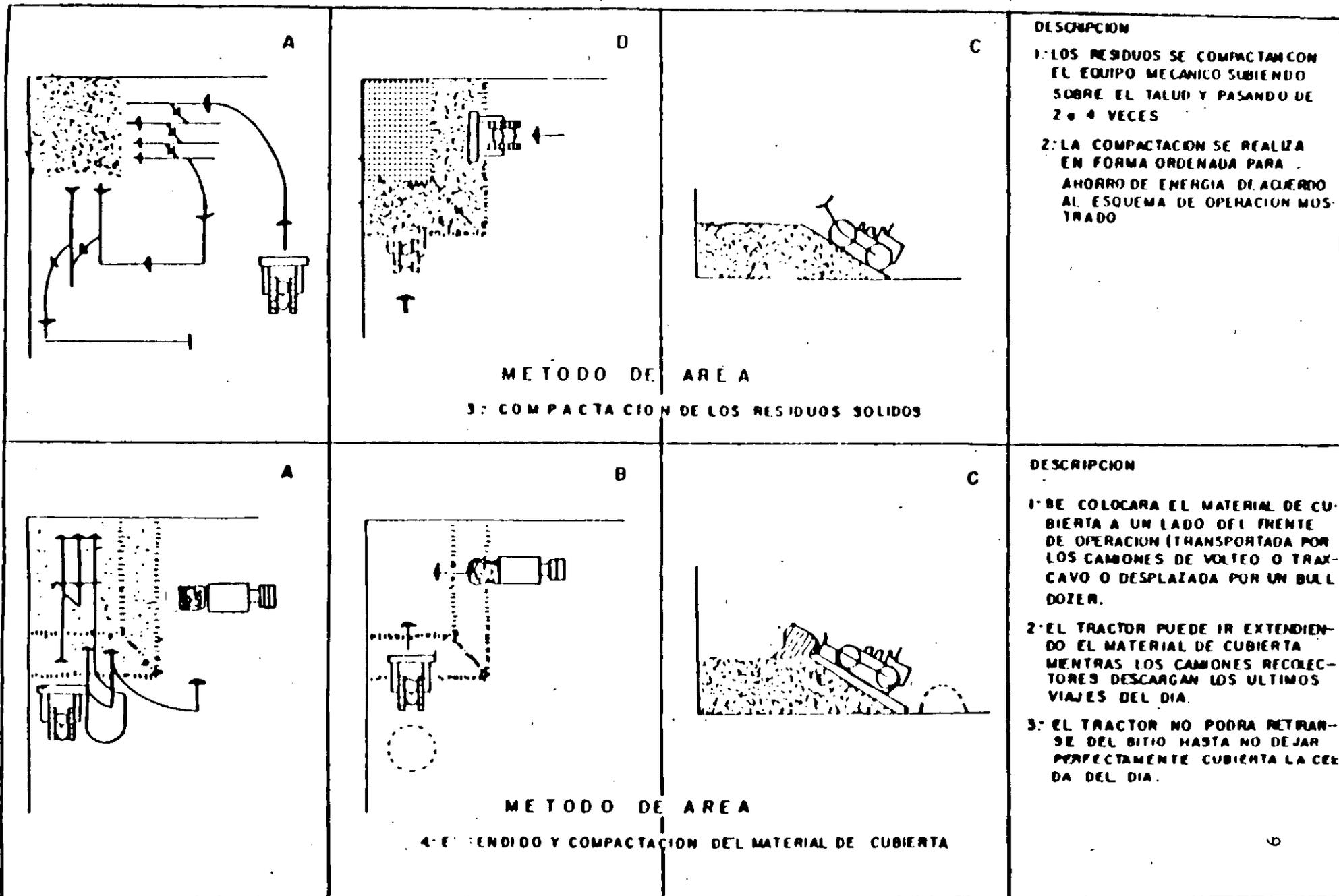


Fig. No. 3.2

- TIPO: Granular - Inerte.
- COMBINACION IDEAL: Arena - Arcilla (30 - 70 %)
- OBJETOS QUE NO DEBERA CONTENER EL MATERIAL DE CUBIERTA:

- Materia orgánica
- Raíces de árboles
- Ramas
- Piedras mayores de 15 cm. de tamaño
- Residuos voluminosos de construcción

El material de cubierta se protegerá, si es posible, mediante una lona o plástico, en la zona de acopio.

e) Verificación de la Cobertura de los Residuos.

El espesor de las capas de cobertura diaria, varía de 15 a 30 cm. dependiendo de la zona de trabajo que se trate.

La capa de cobertura final de relleno, será de 30 a 40 cm. compactándose en dos capas hasta donde sea posible, para después colocar una capa de 10 cm. en promedio de tierra-lama, con el fin de propiciar el crecimiento de pasto.

Asimismo, la pendiente para la cubierta diaria de los residuos sólidos, se dará exclusivamente en el sentido que marque la planeación del relleno, hacia los canales colectores, cuidando que nunca sea mayor del 1%. Por otro lado, la pendiente de la cubierta final del relleno, también como la cubierta diaria, será en el sentido que indique la planeación del relleno, recomendándose que sea en promedio de 1%.

4. OPERACIONES COMPLEMENTARIAS DEL RELLENO SANITARIO

Incluyen los trabajos para remover, cargar y transportar tierra de cubierta hacia los lugares donde se le necesita, distinguiéndose así, el lugar de acopio y el lugar de tiro. La distancia entre estos dos lugares tiene una influencia marcada en la selección de las máquinas para efectuar eficientemente el movimiento de terracerías.

a). Movimiento de Tierra a Cortas Distancias.

Para el movimiento de la tierra a cortas distancias, se emplean hojas topadoras, montadas sobre tractores de orugas. Para mover la tierra sobre una distancia intermedia, se puede usar la hoja topadora montada sobre tractores pesados de ruedas, con mandos en las cuatro ruedas.

Por ejemplo, con el tractor de orugas, la distancia máxima de acarreo, será aproximadamente de 60 m., y con el tractor de ruedas hasta 120 m., debido principalmente a que el tractor de ruedas puede retroceder a una mayor velocidad.

Para lograr una capacidad óptima en el trabajo, se emplean algunas técnicas de tipo específico. Estas técnicas incluyen por ejemplo, operaciones en pendiente hacia abajo con la carga flotando, operaciones en trinchera y operaciones lado a lado.

Al aplicar una o más de estas técnicas, se logra trabajar más rápidamente, con menos energía y con menos pérdidas.

a.1 Operación en pendiente hacia abajo (ver Figura No. 4.1).

Cuando sea posible, siempre se moverá la tierra hacia abajo, ya que con menor gasto de energía se tiene una mayor productividad en el trabajo.

Se distinguen dos diferentes tipos de operaciones:

1. En el caso de que la pendiente misma deba ser excavada, el operador coloca la cuchilla de la hoja a una cierta profundidad, para cortar tierra. Durante el transporte, la carga se voltea continuamente.
2. En el caso de que se deba mover la tierra sin excavar, se junta una carga en el lugar de acopio, para después arrastrarla con la cuchilla al ras del suelo. En este caso, la carga no voltea y se encuentra en posición flotante.

a.2 Operación en trinchera (ver Figura No. 4.2).

Para evitar la pérdida de tierra a los lados de la hoja, se puede mover la carga a través de una trinchera previamente hecha.

Los taludes de la trinchera, previenen las pérdidas a los lados de la hoja.

Esta técnica se aplica en casos donde se debe mover la tierra sobre una distancia relativamente grande.

a.3 Operación lado a lado (ver Figura No. 4.3).

Este tipo de operación puede emplearse para evitar pérdidas excesivas de tierra, efectuándose con dos topadoras trabajando lado a lado.

La ejecución de este tipo de operación, exige en primer lugar dos o más tractores operados con personal bien capacitado, para trabajar juntos y en forma sincronizada.

b) Movimiento de Tierras a Grandes Distancias.

El movimiento de tierras sobre distancias mayores de 150 mts., se efectuará mediante cargadores frontales sobre orugas o neumáticos y camiones volteo, que realizarán las funciones de carga, transporte y descarga de la tierra movida.

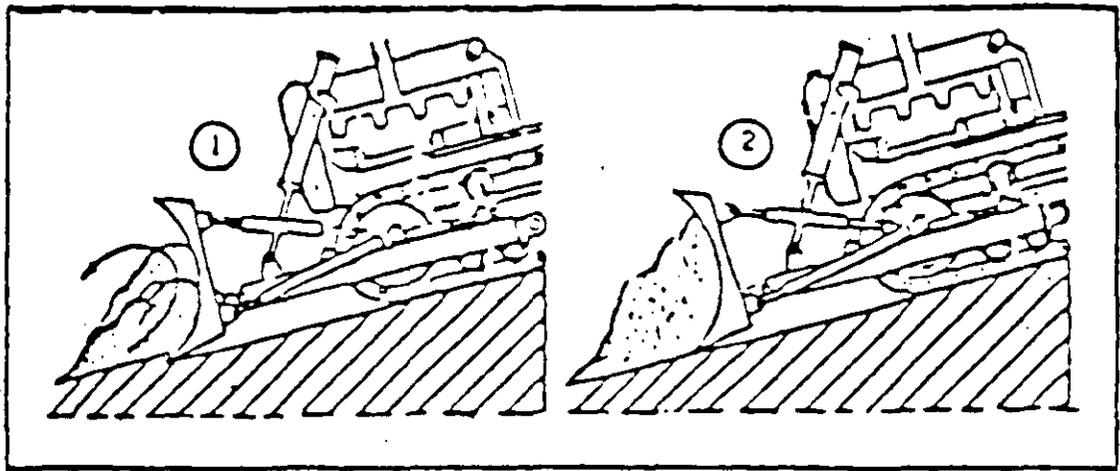


Fig. No. 4.1 OPERACION EN PENDIENTE HACIA ABAJO

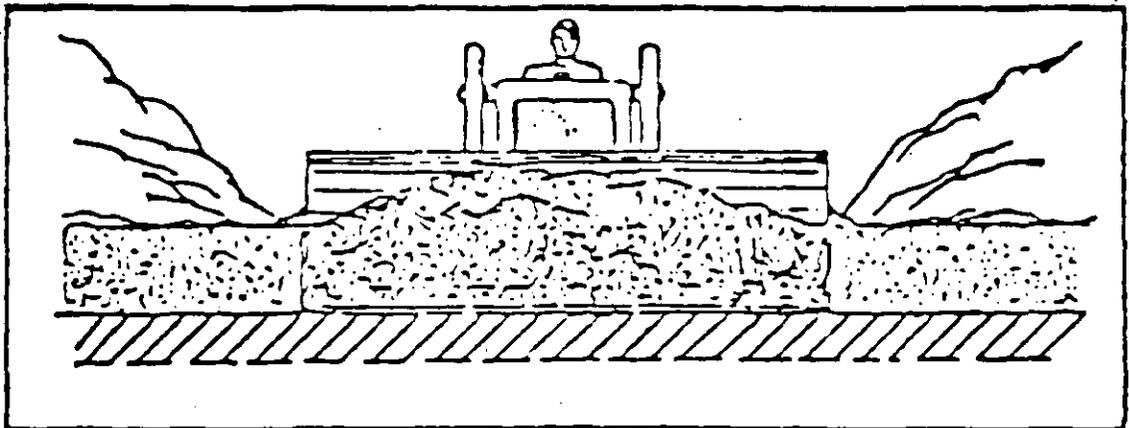
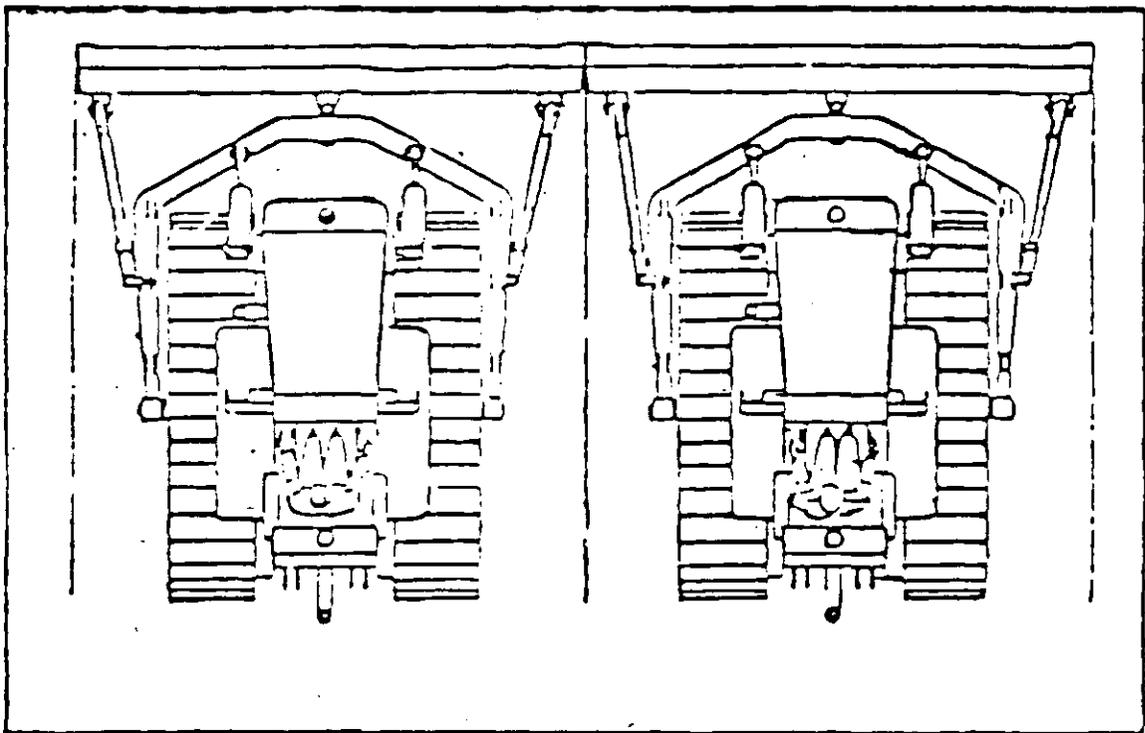


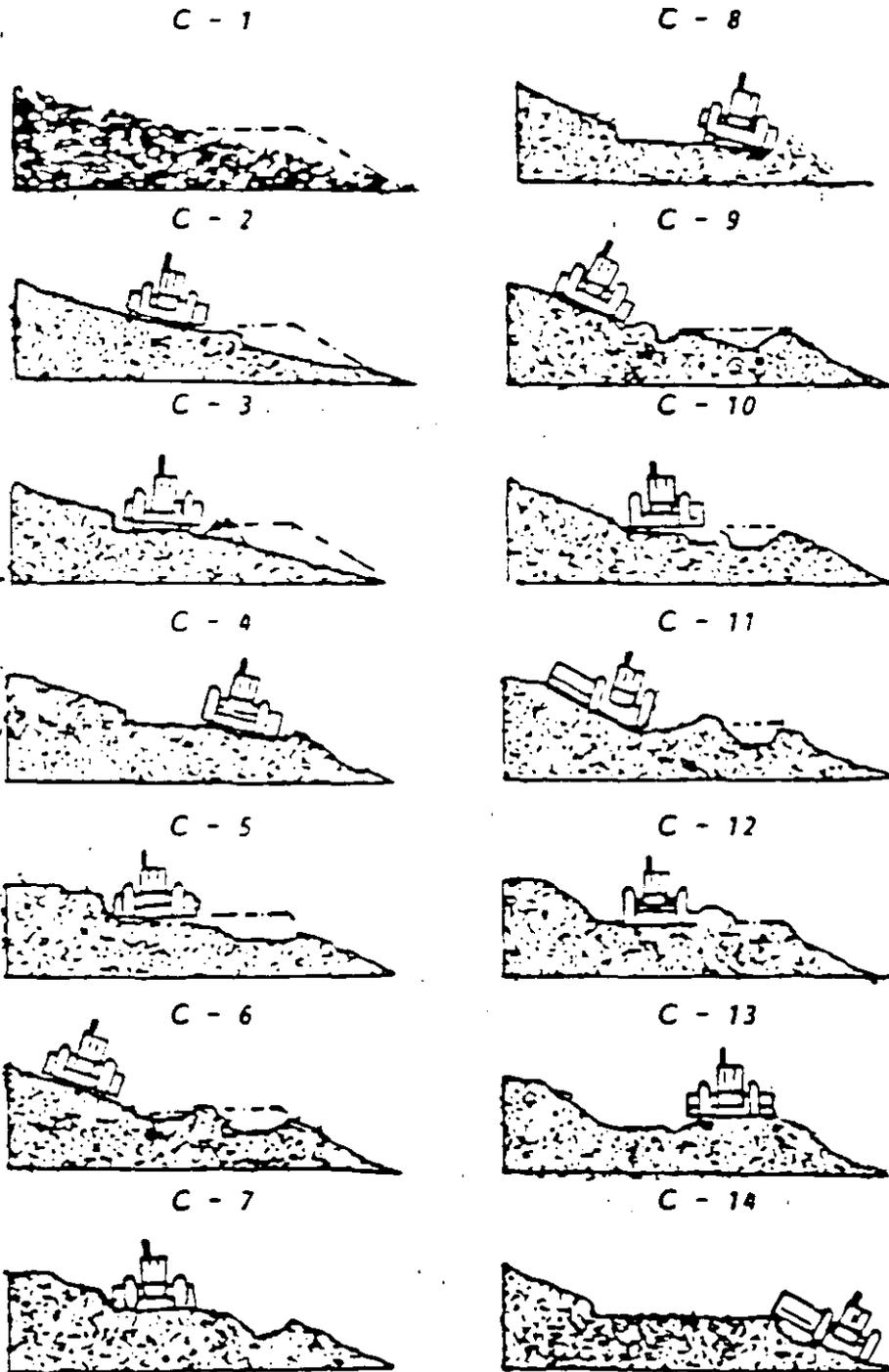
Fig. No. 4.2 OPERACION EN TRINCHERA

Fig. No. 4.3



OPERACION DE LADO A LADO

- c) Construcción de Terrazas de Acceso a Pisos Superiores (ver Figura No. 4.4).
- c.1 Plan de la obra en el declive original.
 - c.2 La motoniveladora hace un primer corte.
 - c.3 La motoniveladora hace un segundo corte.
 - c.4 El material se mueve hacia abajo.
 - c.5 La motoniveladora corta el fondo del talud.
 - c.6 La motoniveladora hace un primer corte en la pendiente superior del talud.
 - c.7 El material se mueve hacia la parte del llenado.
 - c.8 El material se mueve hacia la pendiente inferior del talud.
 - c.9 Se hace un segundo corte en la pendiente superior.
 - c.10 El material se mueve hacia la parte del llenado.
 - c.11 Se hace el último corte, dejando la pendiente superior en su forma final.
 - c.12 El material se mueve hacia la parte del llenado.
 - c.13 La nivelación del bancal. La superficie de la terraza de acceso queda ligeramente inclinada hacia dentro.
 - c.14 Terminación de la pendiente inferior de la terraza de acceso.



CONSTRUCCION DE TERRAZAS

Fig. No. 4.4

5. USO Y FUNCIONES DEL EQUIPO MECANICO PARA EL RELLENO SANITARIO

El equipo mecánico representa un papel muy importante dentro de la operación de los rellenos sanitarios, ya que prácticamente todo el movimiento de residuos sólidos y de material de cubierta depende de él.

A continuación se hace una breve descripción de las funciones de los equipos que pudieran ser empleados en el relleno sanitario.

- a) **Funciones del Cargador de Carriles o Neumáticos.**
 - a.1 Abrir zanjas en material blando (tipo A)
 - a.2 Esparcir material de cubierta o residuos sólidos
 - a.3 Triturar (bandear) materiales voluminosos
 - a.4 Cargar material de cubierta en camiones
 - a.5 Por su gran versatilidad es ideal para operar el relleno sanitario en cualquiera de sus métodos.
 - a.6 El cargador de neumáticos es más eficiente para desplazamiento entre 100 y 150 mts. que el de carriles.

- b) **Funciones del Tractor de Carriles o Neumáticos.**
 - b.1 Desmonte de terrenos
 - b.2 Movimiento de material de cubierta
 - b.3 Nivelaciones de terreno
 - b.4 Movimiento de residuos sólidos
 - b.5 Triturar (bandear) materiales voluminosos
 - b.6 Es una máquina que nos permite hacer grandes movimientos de material en corto tiempo, con las consecuentes ventajas en cuanto a economía se refiere

c) Funciones de los Rodillos de Compactación.

Existen varios tipos de rodillos de compactación los cuales son: rodillos de compactación lisos, rodillos de compactación pata de cabra, rodillos de compactación tipo malla y rodillos de compactación para residuos sólidos.

- c.1 Los rodillos lisos se usan para compactación de la capa final del relleno sanitario.
- c.2 Los rodillos pata de cabra son usados cuando el material de cubierta es de tierra arcillosa, así como para compactar algunas veces los residuos sólidos.
- c.3 Los rodillos de malla se emplean cuando el material por manejar, está compuesto por tierras ligeras y arenosas.
- c.4 Los rodillos especiales para la compactación de los residuos sólidos, se utilizan a nivel de equipo especial, para cumplir las mismas funciones que realiza en un relleno sanitario, la maquinaria destinada a realizar el acomodo, esparcido y compactación de la basura.

d) Funciones de las Traillas.

- d.1 En un relleno sanitario, este tipo de equipos es muy práctico para tender el material de cubierta, ya que al irlo tendiendo, deja una capa muy uniforme.
- d.2 También puede mover grandes volúmenes de tierra desde un lugar a otro con mucha rapidez, a la vez que va esparciendo el material de cubierta.

6. SISTEMAS DE CONTROL PARA EL RELLENO SANITARIO

a) Pesaje de los Residuos Sólidos antes de su Ingreso al Relleno Sanitario.

Para controlar el sistema de disposición final de los residuos sólidos, se requiere de la adquisición, instalación, puesta en marcha y operación de una báscula para camiones, que permita controlar en forma práctica, real y por día, todas y cada una de las fases del sistema, así como generar indicadores de cobertura, eficiencia y de costo.

El sistema de pesaje de camiones recolectores de residuos sólidos, está formado por:

- Báscula con impresor y plataforma de pesaje.
- Obra civil de la cimentación.
- Caseta de control.

El pesaje podrá realizarse en forma manual o automática, manual por medio de un indicador tipo barra de boletos que imprime el pesaje sobre boletos individuales. Este método trae consigo ciertas irregularidades en los pesajes pero es el más económico.

Si el relleno sanitario cuenta con un suministro de energía eléctrica, podrá optarse por un indicador tipo digital con impresor de boletos que proporciona la fecha, hora, peso y número de vehículos y además, la suma de los pesos totales en un día.

Si se establece un sistema para el cobro de alguna tarifa por la prestación del servicio en cuestión, el pesaje de los vehículos proporcionará las pautas del mismo.

El equipo de medición se alojará dentro de una caseta de control cuyas medidas las recomendará el fabricante.

b) Lineamientos para la Recepción de los Residuos.

- El horario de operación del relleno sanitario, se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos. Usualmente un relleno está en servicio de 5 a 6 días de la semana y de 8 a 10 horas por día.
- El horario deberá colocarse a la entrada del relleno y se indicará el tipo de residuos permitidos.
- Una vez autorizada la entrada del vehículo o camión y después de haber sido pesado, se le asignará el frente de operación a donde debe ir a descargar, respetando los señalamientos del camino.
- Los señalamientos de los caminos incluirán: dirección, velocidad máxima permisible, entronques con los caminos programados y ubicación de las celdas en operación. Un buen señalamiento en los caminos, agilizará la disposición de los residuos, evitará accidentes y congestionamientos, elevando la eficiencia de la operación global del relleno sanitario.
- Se recomienda que tanto los caminos permanentes como los temporales (es decir, caminos que se abrirán, de acuerdo a la planeación del relleno), lleven algún nombre o algún color para facilitarle al chofer la localización del frente de trabajo en donde se descargará ese día.
- El chofer llegará al frente de trabajo asignado, donde depositará los residuos, para inmediatamente después, salir de la zona de operaciones y regresar a la báscula, para que el vehículo sea nuevamente pesado.
- La localización de las celdas del relleno, deberán estacarse para identificar los límites de las mismas. La elevación del nivel de los residuos y de la altura del material de cubierta (tierra), deberá darse también sobre el estacado.

c) Vigilancia del Relleno Sanitario.

- a. Se vigilará al máximo, la entrada exclusiva de residuos sólidos municipales al relleno sanitario.
- b. Se vigilará la entrada de todas las personas que estén involucradas en las actividades del relleno sanitario; desde los choferes hasta el personal que labore en el mismo:
- c. Se vigilará con especial cuidado el sistema de pesaje de los vehículos recolectores, puesto que de ello depende la obtención de indicadores sobre la rentabilidad de la operación, amén de contar con información oportuna y precisa.
- d. Se vigilará que las celdas por construirse diariamente, sean identificadas por medio de estacas, en donde se localicen los límites de las mismas para mostrarlas a los operadores de los tractores.
- e. La elevación del nivel de los residuos y del piso de cubierta diaria o final deberán darse también sobre el estacado.
- f. Se vigilará el buen estado de los caminos interiores del relleno sanitario, mediante las inspecciones constantes a los mismos. Se taparán los baches y se rociarán con aceite quemado, cuando sea necesario evitar la dispersión de polvos.

d) Cercas de Control.

Para controlar los materiales susceptibles a ser arrastrados por el viento, deberán colocarse transversalmente a su dirección de incidencia, cercas móviles construidas de malla de gallinero o de alguna malla similar. Los materiales susceptibles a ser arrastrados por el viento, serán retenidos en estas mallas.

Así mismo, se deberá colocar una cerca perimetral en todo el terreno para proteger al relleno contra la invasión de animales y a la vez como control.

7. MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DEL RELLENO SANITARIO

En la cubierta final del relleno sanitario, se pueden llegar a presentar ciertos problemas ocasionados por la acción de las lluvias y vientos, como pueden ser depresiones, grietas o erosiones. Es menester hacer las reparaciones necesarias a fin de que la cubierta final esté siempre cubriendo el residuo sólido y con ello, evitar posibles alteraciones ambientales.

A continuación se analizan cada uno de estos problemas y su manera de solventarlos:

a) Depresiones (ver Figura No. 7.1)

Este caso es muy común, debido a que con el tiempo el residuo sólido se va compactando, y tiende a formar en la cubierta alguna depresión que será necesario reparar.

Para poder reparar la depresión se deberán seguir los siguientes pasos:

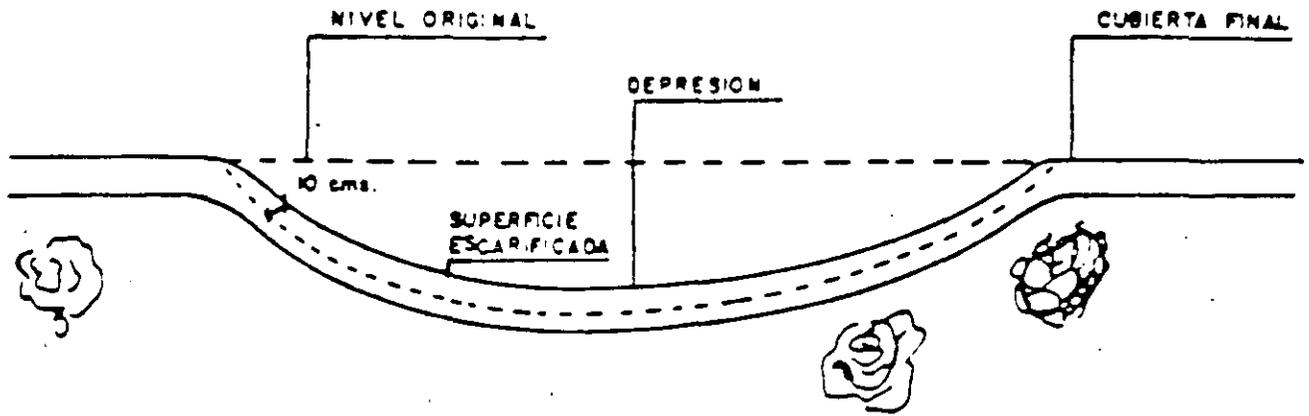
- a.1 Se escarificará con pala, rastrillo o zapapico, el área afectada hasta una profundidad de 10 cm., en caso de que sea un área extensa usar la escarificadora de la motoniveladora (paso a).
- a.2 Se deberá colocar el material de cubierta previamente humedecido en capas de 40 cm. como máximo y compactar cada capa hasta lograr la superficie original (paso b).

b) Grietas (ver Figura No. 7.2)

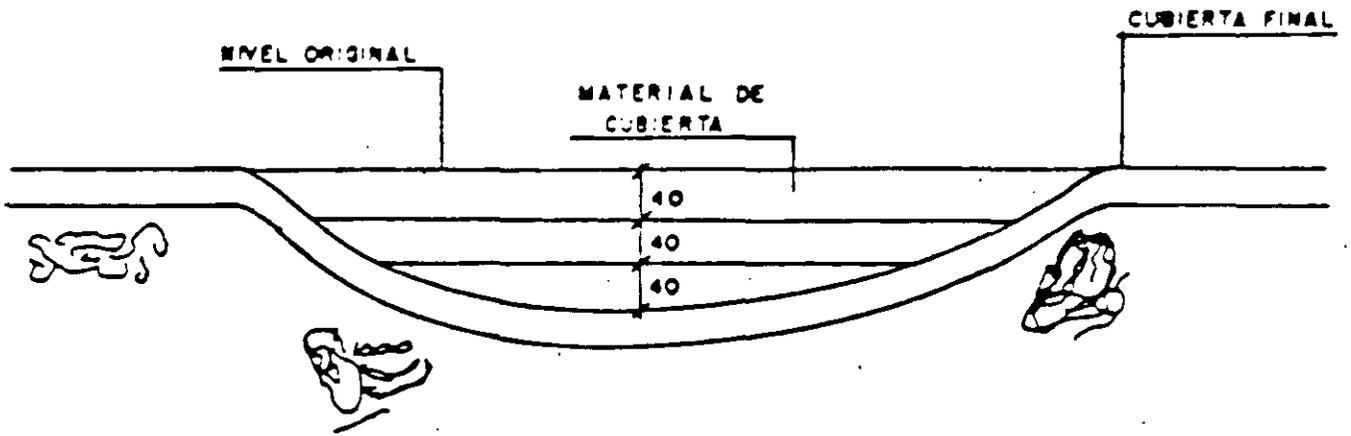
Por efectos de cambios de temperatura o debido a que el material no sea el óptimo para la cobertura, pueden llegarse a presentar algunas grietas. El procedimiento de reparación deberá ser el siguiente:

- b.1 Se deberá descubrir el terreno a cada lado de la grieta aproximadamente en 20 cm., hasta la profundidad que tenga la misma, para humedecerla inmediatamente después (paso a).

Fig. No. 7.1 REPARACION DE DEPRESIONES

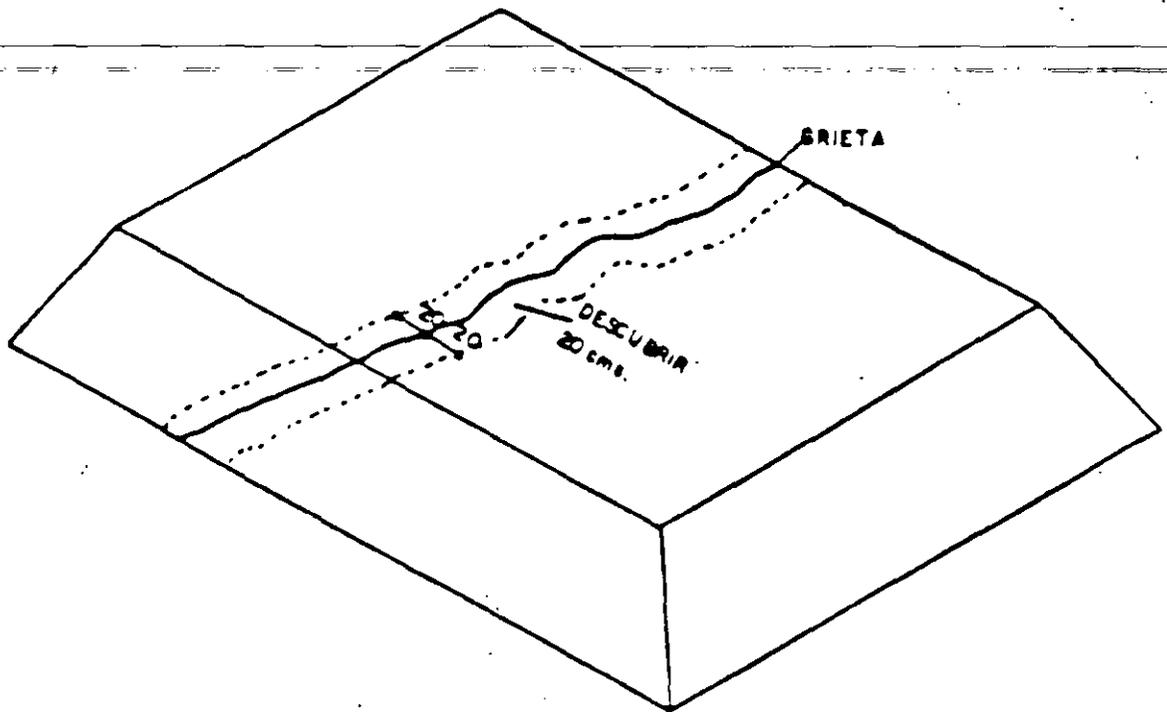


Paso - a

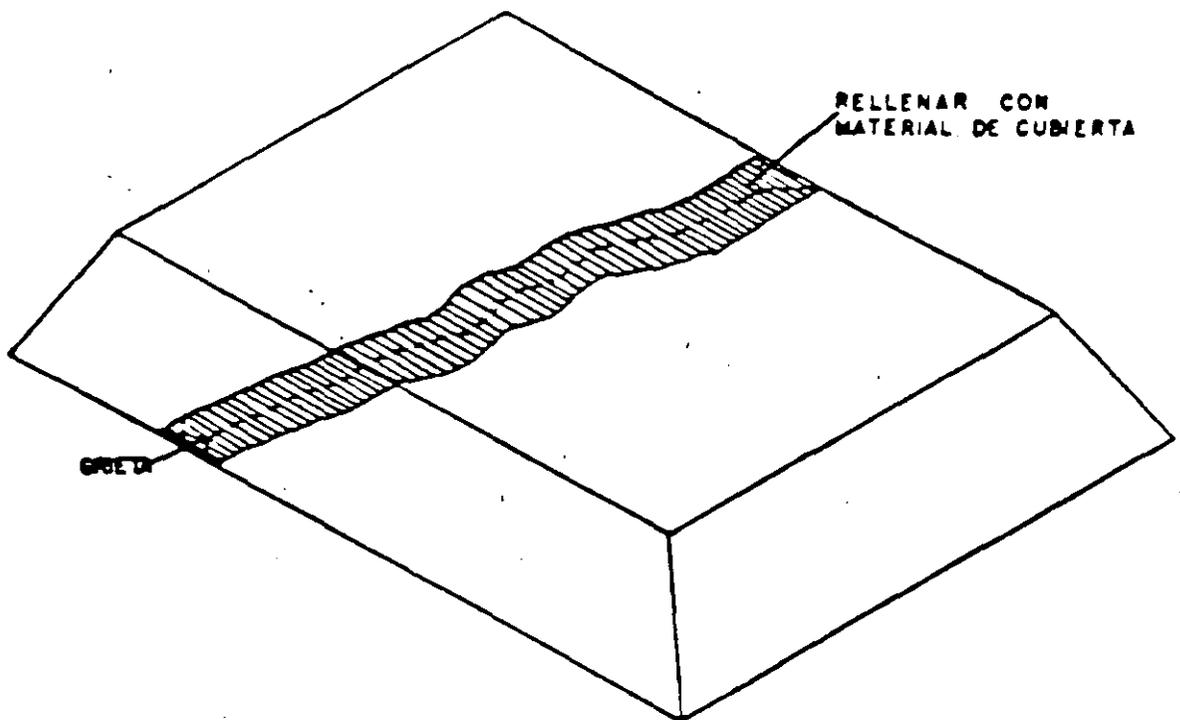


Paso - b

Fig. No. 7.2 REPARACION DE GRIETAS



Posc - a



Posc - b

b.2 Se colocará material de cubierta previamente humedecido y se procederá a compactarlo con pisón de mano, hasta alcanzar la superficie original (paso b).

c) Reparación de Zonas Erosionadas en Taludes y Terraplenes (ver Figura No. 7.3)

La lluvia y el aire pueden erosionar los taludes y terraplenes del relleno sanitario. Estos efectos erosivos, se reparan de la siguiente manera:

c.1 Se escarificará en 10 cm. la zona erosionada, ya sea con máquina o a mano (dependiendo del tamaño de la erosión) (paso a).

c.2 Se humedecerá el área erosionada.

c.3 Con material de cubierta se preparará la zona erosionada, hasta darle la conformación original que tenía, antes de sufrir los efectos erosivos causados principalmente por el aire y la lluvia (paso b).

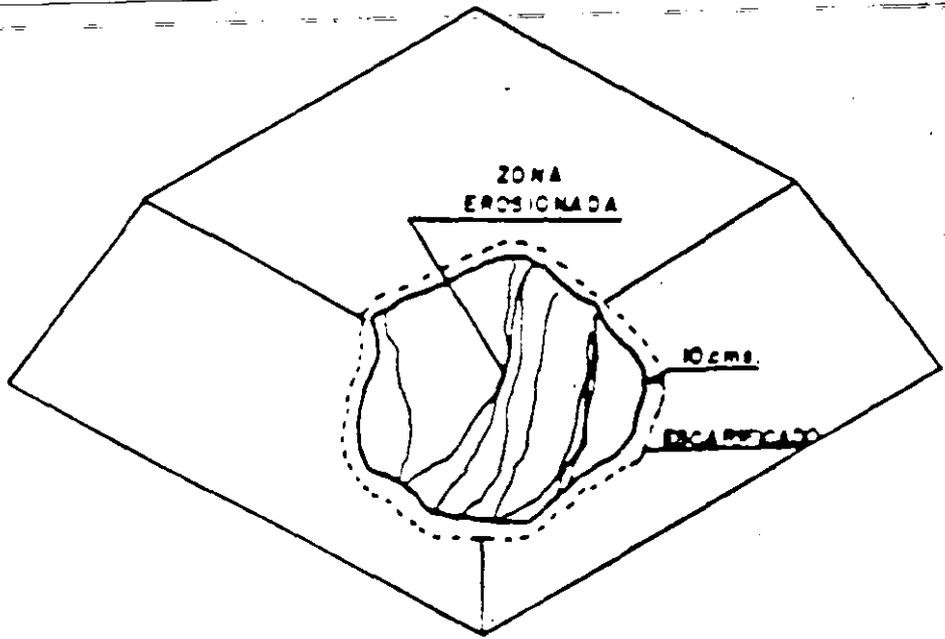
d) Diseño del Área Regenerada.

Una vez concluida la operación del relleno sanitario de acuerdo con lo establecido en el proyecto ejecutivo y conforme los métodos de operación señalados, se aconseja continuar con la restricción de acceso y uso controlado, por lo menos durante los 5 años siguientes:

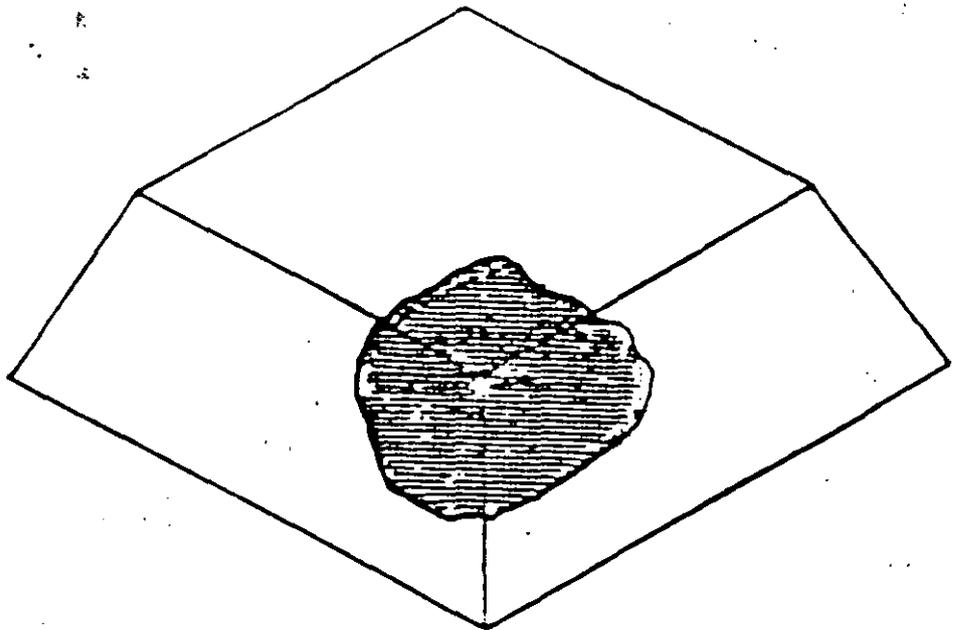
Inicialmente se designará como área verde, por lo que no se permitirá ningún tipo de construcción.

También se vigilarán, evaluarán y corregirán en caso de presentarse, los asentamientos diferenciales, así como la estabilidad de los taludes y terraplenes, sin olvidar la vigilancia de todo lo referente al uso y liberación del biogás, aforos y análisis de lixiviados, amén del cambio que pueda darse en las características del suelo. Pasados de dos a tres años, se podrán sembrar cultivos de uso restringido.

Fig. No. 7.3 REPARACION DE AREAS EROSIONADAS



Paso - a



Paso - b

Finalmente, debe mencionarse que los factores que condicionan la elección de especies de pasto para su siembra en el área regenerada, son muy diversos, sobresaliendo los siguientes: climatología, latitud y tipo de suelo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

MECANISMO DE SUPERVISION Y CONTROL DE
RELLENOS SANITARIOS

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

CONTENIDO

1. INFRAESTRUCTURA REQUERIDA PARA LA SUPERVISION Y CONTROL DE UN RELLENO SANITARIO.
2. REQUERIMIENTOS DE PERSONAL PARA LA SUPERVISION Y CONTROL DE UN RELLENO SANITARIO.
3. SUPERVISION Y CONTROL DE LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO.
4. CONTROLES REQUERIDOS PARA LA SUPERVISION CUANTITATIVA DEL RELLENO SANITARIO.
5. CONTROL DE AFECTACIONES AMBIENTALES.
6. FORMATOS PARA EL CONTROL Y SUPERVISION DE LA OPERACION DEL RELLENO.

I. INFRAESTRUCTURA REQUERIDA PARA LA SUPERVISION Y CONTROL DE UN RELLENO SANITARIO.

La necesidad de un control y una supervisión en un Relleno Sanitario, se debe considerar desde la misma planeación de la obra, por lo que es determinante prever la necesidad de contar con ciertas instalaciones, que permitan llevar a cabo, todas las actividades colaterales y de administración que la operación del relleno demanda.

La infraestructura que se requiere para una buena supervisión y control en el Relleno, es la siguiente:

- Caseta para el control de acceso
- Caseta para el control de ingreso de desechos
- Báscula
- Oficinas
- Almacén
- Talleres
- Servicios
- Cercado Perimetral del Sitio
- Espacios de Amortiguamiento

1.1 Caseta para el Control de Acceso

En el acceso al Relleno Sanitario, se debe de instalar una caseta donde pueda alojarse el personal que llevará el control de acceso al sitio. Se requiere una superficie mínima de 2.00 mts. x 3.00 mts.

1.2 Caseta para el Control de Ingreso de Desechos

Esta caseta se ubicará en la zona de básculas. Servirá para dar alojamiento al personal que

llevará a cabo las operaciones de pesaje y registro de los vehículos que ingresan al Relleno Sanitario, las dimensiones son similares a la caseta para el control de acceso.

1.3 Básculas

Las básculas se ubicarán junto a la caseta antes descrita. Tienen como objetivo, pesar los vehículos que ingresan con los residuos sólidos.

1.4 Oficinas

Esta área, dará albergue al personal encargado de llevar a cabo la operación del Relleno Sanitario. Esta infraestructura, contará con los siguientes elementos:

a) Area de Oficinas

- Privado para el Residente de la Obra con baño independiente
- Sala de juntas
- Privado para él o los subresidente(s)
- Areas para el personal secretarial
- Area administrativa, de estadística, de supervisión y de facturación
- Area para seguimiento de obra, avance y topografía
- Sanitarios para el personal oficinas.

b) Area Común

- Zona de servicios para el personal operativo con sanitarios, regaderas y casilleros para hombres y mujeres
- Comedor y cocina
- Estacionamiento

Además, esta área debe contar con las instalaciones de energía eléctrica, así como hidráulica y

sanitaria, esta última con fosa séptica, ya que regularmente en los rellenos sanitarios no se cuenta con sistema de alcantarillado.

1.5 Almacén

Esta área tiene como objetivo, llevar el control de materiales, refacciones y herramientas, que se utilizan normalmente para el mantenimiento de la maquinaria pesada, vehículos, áreas de servicio y oficinas.

1.6 Talleres

Dentro del Relleno Sanitario, es primordial el estado de la maquinaria pesada y vehículos, por lo que se recomienda tener un área para mantenimiento básico, reparaciones menores.

1.7 Servicios

Para el personal operativo que tiene contacto directo con el manejo de los residuos en el área de tiro; es importante que al final de la jornada pueda contar con servicios para su aseo personal, así como para que pueda recibir atención médica, para evitar la propagación de enfermedades e infecciones.

1.8 Cercado Perimetral del Sitio

Este cercado, es con el objeto de restringir el acceso a personal y vehículos no autorizados para ingresar al relleno sanitario.

1.9 Espacios de Amortiguamiento

Los espacios de amortiguamiento, son necesarios para mitigar los efectos que la operación del Relleno Sanitario puede generar, amén de que permitirá ocultar las actividades que en el sitio se lleven a cabo.

2. REQUERIMIENTOS DE PERSONAL PARA LA SUPERVISION Y CONTROL DE UN RELLENO SANITARIO.

La operación de un relleno sanitario puede compararse con la de cualquier empresa, ya que en él intervienen desde el personal con menor jerarquía como los operadores de maquinaria y sus ayudantes, hasta el residente de dicha infraestructura.

Todos y cada uno de ellos cumplen una labor específica e importante para la correcta operación del relleno sanitario. Entre ellos se dan diversas relaciones de trabajo, con responsabilidades específicas.

Es importante mencionar que, al igual que en una empresa, un relleno sanitario debe de contar con el personal adecuado para la realización efectiva de las labores. Tener menos cantidad que la óptima, implica retrasos y fallas, en tanto que el personal en exceso ocasiona tiempos muertos y duplicidad de actividades; en ambos casos las pérdidas económicas van implícitas.

En un relleno sanitario se requieren dos tipos o clases de personal: administrativo y operativo. El primero se encarga de todas las labores relacionadas con el manejo de recursos humanos, materiales y financieros; el segundo, de la adecuada disposición y recubrimiento de los residuos sólidos en la zona de tiro.

Debe tenerse presente que, dada la amplitud del tiempo diario de operación, es necesario considerar tres turnos de trabajo, lo que incide en el número total de empleados.

En términos generales, los requerimientos de personal tanto administrativo como operativo que requiere un relleno sanitario, se enlista a continuación:

- Residente
- Subresidente
- Sobrestante
- Analista

= Secretaria =

Chofer

Intendente

Almacénista

Vigilante

Velador

Checador de personal

Checador de entrada de vehículos

Checador de material

Checador de maquinaria

Brigadas limpieza

Acomodador

Cabo

Mecánico

Operador maquinaria

Brigadas de topografía

El perfil que debe reunir cada uno de los empleados que demanda la operación de un relleno sanitario, se describen a continuación:

- a) Residente.- Es la labor con más responsabilidades en el sitio de disposición y toma las decisiones más importantes. Por esta situación y al fin de favorecer una dirección bien definida de las actividades en el relleno sanitario, se considera un residente únicamente.
- b) Subresidente.- Alivian la carga de trabajo del residente para un área en específico, sea operativa, administrativa, de servicios generales o de sistemas. Se tendrán ocho subresidentes, uno por turno para cada área de actividades.
- c) Sobrestantes.- Están involucrados directamente con las actividades en la zona de tiro y con el buen desempeño de la maquinaria; dependen del subresidente de operaciones. Se consideran seis sobrestantes, uno por turno en lo operativo: dos de operaciones, dos para

maquinaria y equipo, y dos de mantenimiento.

- d) Analistas.- Se encargarán de elaborar reportes e informes de tipo operativo, administrativo y de sistemas del relleno sanitario. Se deberá contar, por turno, con un analista para el área operativa, tres para la administrativa y uno para la de sistemas.
- e) Secretaria.- Lleva en orden los archivos del residente y los subresidentes; elaboran informes u oficios, etc. Se contará con una única secretaria para el residente; una por turno para los subresidentes operativo, administrativo y de servicios generales. No se considera necesario que el área de sistemas cuente con secretaria.
- f) Chofer.- En muchas ocasiones es importante que el residente o los subresidentes se desplacen dentro del sitio de disposición o bien fuera de campo a oficinas de gobierno, etc. Se deberá contar entonces con un chofer para los turnos matutino y vespertino, al servicio de la residencia y cinco para los vehículos de volteo y aprovisionamiento.
- g) Intendente.- Lleva a cabo labores de limpieza en general; se considera apropiado tener un empleado para este puesto.
- h) Almacenista.- Tiene el control de diversos materiales en almacén, tales como herramientas, focos, papel higiénico, jabón, etc. Deberá contarse con un almacenista.
- i) Vigilante.- De él depende que se respeten las normas establecidas en el relleno sanitario tales como la no extracción de materiales (pepena clandestina) y el mantenimiento del orden y la seguridad e integridad física de los empleados. Se contará con cuatro vigilantes por turno (matutino y vespertino).
- j) Velador.- Se piensa que tener dos grupos de dos veladores en rotación (un día sí y un día no) es adecuado para la vigilancia nocturna de las oficinas del relleno sanitario.
- k) Checador de personal.- Debe registrar el horario de entrada y salida del personal que labora

en el relleno sanitario, así como emplear el equipo de radio según se requiera. Se tendrá uno por turno.

- l) Checador de material de cubierta.- Verificar que el material de cobertura que ingrese al sitio sea la cantidad especificada. Se tendrán los checadores por turno (matutino y vespertino).
- m) Checador de vehículos recolectores y de transferencia.- Anota el tipo de vehículo que ingresa al sitio, sus placas y el peso en báscula. Se tendrán dos checadores por turno (matutino y vespertino), así como uno para la noche.
- n) Checador de maquinaria.- Comprueba que las máquinas asignadas a esparcido, compactación, etc., estén operando en los horarios que les corresponda y que sus operadores no se distraigan de sus actividades y desaprovechen el tiempo, se considera que es necesario dos por cada turno matutino y vespertino y uno en el nocturno.
- o) Brigadas de limpieza.- Se encarga de diversas actividades como son: recolección de material volátil, poda de pasto y arbustos, pintados de durmientes o fantasmas, etc. Esta brigada, dadas las dimensiones del sitio, deberá estar compuesta de veinte empleados laborando en dos turnos.
- p) Acomodadores.- Indican a los vehículos recolectores o de transferencia el sitio específico en el que deberán descargar la basura. Por lo general, un acomodador puede atender una línea de descarga equivalente a 20 m. Ya que los frentes de trabajos son de una longitud total de 200 m, deberán contarse con diez acomodadores por turno matutino y vespertino; en el turno nocturno sólo se abrirá un frente y con dos acomodadores es más que suficiente.
- q) Cabo.- Se encarga de verificar el buen desempeño de los acomodadores. Con un cabo por turno matutino y vespertino será suficiente.
- r) Mecánico.- Realiza las labores de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria que opera en el relleno sanitario, así como el o los vehículos oficiales asignados al mismo. Será

indispensable contar con siete mecánicos para el turno matutino, únicamente.

- s) Operador de maquinaria.- Es función de la cantidad de máquinas que operan en el relleno sanitario. De la sección "Selección de maquinaria" se observa que habrá 10 tractores D-8, 5 volteos y 5 de varios, dando un total de 20; por lo tanto, deberá tenerse una plantilla de 20 operadores de maquinaria pesada por turno (matutino y vespertino).
- t) Brigadas de Topografía.- Lleva a cabo las mediciones requeridas para la nivelación de la celda diaria. Se requerirá de un topógrafo, un estaladero y un cadenero en un turno único.

Finalmente es importante mencionar, que para una buena administración del personal antes descrito, es muy importante equilibrar las cargas de trabajo en los niveles jerárquicos superiores, para evitar el descuido en las funciones encomendadas.

Proceder al diseño e implantación de los sistemas de control con que cuenta actualmente el relleno sanitario en la computadora, de tal forma que los reportes mensuales y consolidados que se llevan manualmente se obtengan automáticamente.

Aprovechar el equipo de cómputo con que cuenta para que sea el área de sistemas quien capture toda la información referente a las operaciones diarias del relleno y emita los reportes mensuales, acumulados y consolidados de cada una de las áreas, de tal forma que se proceda a su validación.

3. SUPERVISION Y CONTROL DE LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

3.1 Seguimiento de la planeación y diseño del proyecto ejecutivo del relleno sanitario

Los objetivos que se persiguen con este seguimiento, son los siguientes:

- Llevar a cabo las acciones técnicas para el control en la operación del Relleno Sanitario
- Establecer la coordinación con el personal técnico-operativo, para que el método de operación se lleve de manera eficiente
- Congruencia entre el diseño y la operación del relleno sanitario.
- Calcular los costos de operación del Relleno Sanitario

Las actividades a realizar, se agrupan en dos grandes rubros, uno que se refiere a los aspectos de Programación, otro que considera los aspectos de la Instrumentación de la Programación definida para la operación del Relleno Sanitario.

3.1.1 Programación

Con el propósito de definir adecuadamente los recursos necesarios para la operación del relleno sanitario y lograr un buen desarrollo del mismo, se requiere llevar a cabo actividades de gabinete en cuanto a:

- Ajuste de frentes de trabajo
- Programación de maquinaria
- Suministro de materiales

3.1.2 Instrumentación

A continuación se enlistan las actividades que intervienen directamente en la instrumentación o ejecución de los trabajos relacionados con la operación del Relleno Sanitario. Estas actividades se programan semanal y diariamente.

- Disposición de Desechos
- Empuje y Compactación de Desechos
- Aplicación de Cobertura
- Mantenimiento y Construcción de Vialidades
- Asignación diaria de Maquinaria
- Seguimiento Topográfico
- Cálculo de Rendimientos
- Actividades Extraordinarias y fuera de programa
- Control de pozos para captación de Biogás
- Reporte Gráfico
- Reporte Fotográfico

3.2 Actividades que integran la operación de un relleno sanitario.

Los principales elementos que se deben considerar y desarrollar para la supervisión y control de la Operación de un Relleno Sanitario, se describe a continuación.

3.2.1 Horario de Operación

El Horario de Operación de un Relleno Sanitario depende principalmente del sistema de recolección y aseo urbano, sin embargo, debe estar preparado para recibir residuos durante las 24 horas del día de los 365 días del año.

3.2.2 Control de Acceso

Para tener el control de ingreso de vehículos y personal autorizado al Relleno Sanitario, es necesario contar solamente con un acceso donde se colocará una caseta de vigilancia que alojará al personal encargado de verificar que el vehículo que ingrese al relleno sanitario, tenga autorización para ello.

3.2.3 Zona de Básculas

Inmediatamente después de ingresar al sitio, el vehículo pasará a la zona de básculas, donde el operador deberá hacer alto total para que el personal responsable de las básculas lleve a cabo el registro correspondiente anotando los siguientes datos:

- a) Origen del vehículo
- b) Hora de entrada
- c) Tipo de vehículo
- d) Tipo de Residuos (domiciliario, parques y jardines, comercial, escombros, tierra, etc.)
- e) Placas o Número Económico
- f) Peso al Ingreso
- g) Hora de Salida (Al salir del sitio)
- h) Peso a la Salida (Al salir del sitio)

El personal de las básculas, deberá tener la autoridad para detener cualquier vehículo que se sospeche lleve residuos no aceptables para ser depositados en el Relleno Sanitario, tales como, líquidos en tambos, residuos especiales y residuos industriales peligrosos.

Una vez efectuado el registro, los vehículos deberán dirigirse hacia la zona de tiro, siguiendo el señalamiento o las indicaciones del personal que pueda guiar.

3.2.4 Sistema de Señalamiento

El Relleno Sanitario deberá contar con un buen sistema de señalamientos viales, informativos, directivos, preventivos, y de seguridad y servicios que guíen al conductor.

3.2.5 Caminos internos

Dentro de la zona de tiro y dependiendo de la extensión del Relleno, se deberá contar con caminos bien definidos que conduzcan a la plataforma de tiro, esto evitará que los operadores puedan tirar los residuos en alguna zona intermedia fuera del frente de trabajo.

3.2.6 Selección de Maquinaria y Equipo

Para la selección de la Maquinaria pesada a utilizar en el manejo de los residuos depositados en los frentes de trabajo del relleno sanitario, así como el equipo de apoyo para la operación del mismo, se deberán revisar las necesidades cuantitativas y cualitativas para las acciones a seguir, identificando principalmente la cantidad de residuos a recibir, la superficie del Relleno y el diseño del frente de trabajo.

3.2.7 Tipo de Maquinaria y Equipo utilizado en Rellenos Sanitarios

a) Bulldozer sobre Orugas

Debido a su gran potencia y a su fácil contratación por la existencia abundante de estos equipos, además de su versatilidad, estas máquinas han sido usadas regularmente en la operación de Rellenos Sanitarios, realizando funciones de empuje, acomodo, nivelación, compactación y cobertura de los Residuos.

b) Compactadores especiales para rellenos Sanitarios

Son máquinas diseñadas para alcanzar una mayor compactación de los Residuos. Antes de

adquirir o rentar estos equipos, es necesario realizar una serie de pruebas técnicas para determinar su utilidad en el Relleno Sanitario.

c) Motoconformadora

Este equipo, tiene como función primordial el mantenimiento y construcción de caminos interiores, así como la nivelación de las plataformas de Depósitos de Desechos.

d) Cargadores Frontales

Sirve para la carga de materiales, tanto para la cobertura de los Residuos, como para el mantenimiento de caminos internos.

e) Vehículos de volteo

Son los encargados de transportar el material para la cobertura de Residuos y para el mantenimiento de los caminos internos.

f) Compactadores de Material de Cubierta

Estos compactadores pueden ser de rodillo liso y saliente radiales denominados "Pata de Cabra", se utilizan para efectuar la compactación del material de cobertura y de los caminos interiores.

g) Pipas

En temporada de estiaje, se utilizan para el riego de caminos, plataformas del frente de trabajo, y material de cobertura, tienen el objetivo de humedecer el material para una adecuada compactación en las plataformas del frente de trabajo y así como en los caminos de circulación, amén de disminuir la generación de polvos provocados por la constante circulación de vehículos.

h) Retroexcavadoras

Son útiles para efectuar excavaciones. En el Relleno Sanitario desempeñan tareas importantes como la construcción y mantenimiento de canales para el control y conducción de escurrimientos pluviales y lixiviados.

3.2.8 Acomodo y Descarga de Residuos

A toda hora, debe existir personal responsable en el frente de trabajo para controlar la descarga de desechos y acomodar los vehículos revisando que la unidad que ingrese al Relleno llegue al frente de trabajo.

4. CONTROLES REQUERIDOS PARA LA SUPERVISION CUANTITATIVA DEL RELLENO SANITARIO.

4.1 Control de Ingreso de Desechos

Con el objeto de llevar un control estadístico de la cantidad de Residuos que ingresan al Relleno Sanitario provenientes de las fuentes generadoras, se debe elaborar un informe mensual que concentre la cantidad de viajes realizados por los diferentes tipos de vehículos de recolección y de transferencia que apoyan al transporte.

La información concentrada en cédulas de campo se archiva y procesa en computadora, con el objeto de llevar una estadística durante la vida útil del Sitio.

En el informe se determina el número de viajes y tonelaje por lugar de origen que ingresan al sitio, así como los valores promedio de viaje y tonelaje de cada día de la semana y de los periodos de lunes a viernes y de lunes a sábado.

A continuación se enlistan los conceptos que intervienen en la estadística mensual del Sitio:

- a) Concentrado mensual por fuente generadora, por tipo de vehículo y tipo de desecho.
- b) Acumulado mensual por fuente generadora,
- c) Valores promedio de toneladas y viajes recibidos al mes
- d) Rendimiento por tipo de vehículo
- e) Concentrado mensual por fuente generadora
- f) Frecuencia de ingreso al sitio
- g) Gráficas de Acumulados de Toneladas y Viajes
- h) Distribución del Ingreso al Sitio
- i) Aportación por origen en Estaciones de Transferencia
- j) Resumen de Generación de Desechos Sólidos según origen

4.2 Verificación y Control de Maquinaria, Equipo y Materiales

Para la operación de los Rellenos Sanitarios, es necesaria la participación tanto de material humano, como de maquinaria equipo y material de cobertura. Todos estos elementos claramente definidos en cuanto a sus funciones y características de utilidad.

El contenido del trabajo es la verificación y control de maquinaria, equipo y materiales, se refiere al tipo, número tiempo (hs.) de la maquinaria y equipo utilizado para la operación del Relleno Sanitario, así como el volumen recibido y requerido del material para cobertura de Desechos.

Asimismo, la determinación del volumen de Desechos Sólidos que fueron captados y operados en el Sitio, rendimientos de maquinaria, actividades ejecutadas, horas efectivas de trabajo por maquinaria y el equipo utilizado y su comportamiento en el mes.

A continuación se enlistan los conceptos que intervienen en el control de Maquinaria, Equipo y Materiales:

- a) Volúmenes recibidos en el suministro de materiales durante el mes y volumen total por pedido
- b) Suministro de Combustible
- c) Resultados generales de la maquinaria y equipo que participó en el Relleno Sanitario
- d) Análisis de Eficiencia de Maquinaria y Equipo
- e) Reporte Diario de actividades y tiempos laborados por la maquinaria utilizada
- f) Reporte Diario de actividades y jornadas laboradas por pipas
- g) Reporte Diario de actividades y jornadas laboradas por vehículos de volteo.

5. CONTROL DE AFECTACIONES AMBIENTALES.

La operación de un relleno sanitario, puede generar una serie de impactantes ambientales mismos que deben ser controlados diariamente, como si fuera parte de la operación misma de dicho relleno. Entre los principales controles de impactantes ambientales, se pueden señalar los siguientes:

- Control de Fauna Nociva
- Control de olores y polvos
- Control de explosividad e incendios
- Control de ruido

5.1. Control de Fauna Nociva

Con el inadecuado manejo y disposición final de los Residuos Sólidos, existe el problema de la generación fauna nociva, la cual está constituida por roedores, insectos, aves y perros.

a) Roedores

Los roedores en ocasiones son transportados entre los residuos por los vehículos que llegan a depositar al Relleno, o bien, arriban de zonas cercanas en busca de alimento.

Cuando los residuos son descargados en las áreas de tiro los roedores buscan escondite dentro de los materiales depositados y la mayoría de las veces quedan sepultados al realizar la nivelación, compactación y cobertura, principalmente.

Es poco probable que escapen buscando en algún otro lado, sin embargo, si se presentara la proliferación, se deberá revisar el área cuidadosamente, sobre todo en las áreas saneadas, para encontrar sus madrigueras, implementando un programa de exterminio, considerando la información que sea necesaria para prevenir accidentes.

b) Insectos

La proliferación de mosca, es especialmente problemática en el verano, sin embargo, la buena operación del relleno y la cobertura diaria contribuye notablemente a la eliminación de ellas.

Si a pesar de esto persistiera, se deberán controlar con insecticidas por medio de atomización en espacios abiertos.

c) Aves

Algunas aves pueden constituir un problema en los sitios de Disposición Final, convirtiéndose en vectores infecciosos, tal es el caso de: zopilotes y gaviotas, que han encontrado una fuente de alimentación inagotable cuando no se cubren los residuos.

Para evitar este problema, es necesario tener el frente de trabajo lo más reducido posible y cumplir con la cobertura diaria.

d) Perros

El caso de presencia de perros, está íntimamente ligado a los sitios donde existe pepena, ya que estas personas acostumbran acompañarse por perros, esto si se trata de un Relleno Sanitario no se permite por lo que se eliminaría este problema.

5.2 Control de Lixiviado

Uno de los factores que requieren más atención durante la etapa de Diseño y Operación de un Relleno Sanitario, es el que se refiere a la generación de lixiviado, debido a sus posibles repercusiones sobre la calidad del agua subterránea en la zona de influencia.

El lixiviado se produce como resultado de la percolación de agua a través de los residuos sólidos,

es un líquido que contiene gran cantidad de sólidos suspendidos o en dilución. Cuando el agua de lluvia penetra la cobertura de un Relleno Sanitario, entra en contacto directo con los residuos reaccionando física, química y biológicamente.

Por lo anterior, es importante conocer los factores que intervienen en la generación de lixiviado, con el fin de minimizar su influencia y adaptar medidas de control adecuadas.

En términos generales dichos factores son:

La infiltración de agua por la precipitación pluvial en un Relleno Sanitario, ocurre durante periodos prolongados de lluvia ligera o situaciones de lluvia intensa en periodos cortos de tiempo.

Esta infiltración disminuye durante el periodo de operación, colocando la cobertura diaria de tierra sobre los residuos, en los espesores que se requieran, según el análisis del balance de agua que debe contener el proyecto ejecutivo.

Asimismo, se deberá contar con un sistema de drenajes pluviales externos e internos para impedir que el agua de lluvia de la periferia en la zona de tiro penetre al Relleno Sanitario.

Por otro lado, el Relleno Sanitario deberá contar con un sistema de Recolección con cárcamos para almacenar lixiviados con un sistema de extracción para su reciclamiento al propio relleno en épocas de sequía.

5.3 Control de Biogás

La materia orgánica biodegradable contenida en los residuos sólidos, se ve sujeta a descomposición microbiana en un Relleno Sanitario. Al principio, dicha descomposición ocurre bajo condiciones aerobias, debido a que una cierta cantidad de aire queda atrapado en el estrato de residuos, una vez que se coloca el material de cobertura.

No obstante, al agotarse el oxígeno del aire, comienza a desarrollarse un proceso de

descomposición más prolongado en condiciones de anaerobiosis.

Para controlar el biogás generado en el Relleno, se debe implementar un sistema de extracción que consisten en la perforación de pozos con una red de interconexión a un quemador, o bien para su aprovechamiento en la generación de energía la cual puede ser utilizada en el propio Relleno Sanitario.

5.4 Control de Olores y polvo

a) Olores

Los olores generados en los Sitios de Disposición Final son producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los Residuos Sólidos; se puede presentar por el grado de descomposición que los residuos traen consigo al momento de ser dispuestos o por la biodegradación que sufren en el sitio.

Esto se reducirá aplicando la oportuna capa de material de cubierta.

b) Polvos

El polvo y las partículas suspendidas son originadas por viento en el periodo de estiaje, esto ocasiona erosión y agrietamiento, principalmente en la capa de cobertura, en los caminos de circulación de vehículos y en el frente de trabajo por la operación del equipo.

Para evitar la generación de polvos, será necesario implementar un programa constante de riego a lo largo de la zona de operación y caminos, asimismo se controlará la velocidad de los vehículos al transitar dentro del Relleno Sanitario.

5.5 Control de Fuego y Explosiones

No se permitirá la quema de desechos ni de materiales dentro del Relleno Sanitario ni la disposición de sustancias inflamables que puedan ocasionar un incendio inesperado. El encargado del área de tiro deberá estar pendiente para detectar de inmediato cualquier inicio de incendio.

Con una buena operación del Relleno Sanitario, no debe haber este tipo de problemas, ya que se deberán rechazar por sistema, el ingreso de sustancias combustibles, además de que la cobertura oportuna de los residuos eliminan prácticamente toda posibilidad de incendio.

5.6 Control de Ruido

Para desarrollar la evaluación de los niveles de ruido, se lleva a cabo una serie de mediciones en distintos puntos del Relleno Sanitario y sus áreas aledañas, utilizando un sonómetro.

Uno de los objetivos de las áreas de amortiguamiento es la disminución del ruido hacia la periferia del Relleno Sanitario.

6. FORMATOS PARA EL CONTROL Y SUPERVISION DE LA OPERACION DEL RELLENO SANITARIO.

Los formatos indispensables para el control y supervisión de la operación del relleno sanitario, se indican a continuación:

- Reporte Diario de Vehículos

- Reporte Diario de Material de Cobertura

- Reporte Diario de Pipas

- Control Mensual de Vehiculos

- Control Mensual de Pipas

- Control Mensual de Material

- Reporte de Tiempo Efectivo de Descarga

- Reporte Diario de Tiempo Efectivo de Uso de la Maquinaria

- Reporte Diario de Mantenimiento de Vehículos

6.1-Reporte Diario de Vehículos

OBJETIVO: Determinar la cantidad de desechos sólidos que ingresan diariamente al Relleno Sanitario.

- 1.- FECHA
- 2.- HOJA
- 3.- TIPO DE VEHICULO
- 4.- NUMERO DE PLACAS
- 5.- PROCEDENCIA
- 6.- HORA
ENTRADA Y SALIDA:
- 7.- PESO
ENTRADA Y SALIDA:
- 8.- DESTINO
- 9.- ELABORO
- 10.- Vo. Bo.
- 11.- RECIBÍO

6.2 Reporte Diario de Material de Cobertura

OBJETIVO: Determinar el volumen de material de cobertura que ingresa diariamente al Relleno Sanitario.

- 1.- FECHA
- 2.- HOJA
- 3.- TIPO DE VEHICULO
- 4.- NUMERO DE PLACAS
- 5.- NUMERO DE FOLIO DEL VALE
- 6.- MATERIAL
- 7.- PROCEDENCIA
- 8.- UBICACION
- 9.- HORA
ENTRADA Y SALIDA
- 10.- DESTINO
- 11.- ELABORO
- 12.- Vo. Bo.
- 13.- RECIBIO

6.3- Reporte Diario Pipas

OBJETIVO: Registrar y controlar a las pipas que ingresen al Relleno Sanitario.

1.- FECHA

2.- HOJA

3.- NUMERO DE PIPA

4.- NUMERO DE FOLIO DEL VALE

5.- DESTINO

6.- HORA

ENTRADA Y SALIDA:

7.- ELABORO

8.- Vo. Bo.

9.- RECIBIO

6.4 Control Mensual de Vehículos

OBJETIVO: Determinar, mensualmente la cantidad de viajes que efectúan los vehículos de carga al Relleno Sanitario.

- 1.- OBRA
- 2.- VERIFICO
- 3.- MES
- 4.- PROVEEDOR
- 5.- PLACAS
- 6.- 1a. SEMANA
- 7.- 2a. SEMANA
- 8.- 3a. SEMANA
- 9.- 4a. SEMANA
- 10.- TOTAL DE VIAJES
- 11.- TOTAL
- 12.- ELABORO
- 13.- Vo. Bo. RESIDENTE ADMINISTRATIVO
- 14.- Vo. Bo. RESIDENTE D.D.F.
- 15.- CONFORMIDAD ARRENDATARIO

6.5 Control Mensual de Pipas

OBJETIVO: Determinar, mensualmente la cantidad de viajes que efectúan las pipas al Relleno Sanitario.

- 1.- OBRA
- 2.- VERIFICO
- 3.- MES
- 4.- PROVEEDOR
- 5.- PLACAS
- 6.- 1a. SEMANA
- 7.- 2a. SEMANA
- 8.- 3a. SEMANA
- 9.- 4a. SEMANA
- 10.- TOTAL DE VIAJES
- 11.- TOTAL
- 12.- ELABORO
- 13.- Vo. Bo. RESIDENTE ADMINISTRATIVO
- 14.- Vo. Bo. RESIDENTE D.D.F.
- 15.- CONFORMIDAD ARRENDATARIO

6.6 Control Mensual de Material

OBJETIVO: Determinar, mensualmente el volumen total de materiales de cobertura que ingresan al Relleno Sanitario.

- 1.- OBRA
- 2.- VERIFICO
- 3.- MES
- 4.- PROVEEDOR
- 5.- PLACAS
- 6.- 1a. SEMANA
TOTAL DE VIAJES
- 7.- VOLUMEN
- 8.- 2a. SEMANA
TOTAL DE VIAJES
- 9.- VOLUMEN
- 10.- 3a. SEMANA
TOTAL DE VIAJES
- 11.- VOLUMEN
- 12.- 4a. SEMANA
TOTAL DE VIAJES
- 13.- VOLUMEN
- 14.- TOTAL
- 15.- ELABORO
- 16.- Vo. Bo. RESIDENTE ADMINISTRATIVO
- 17.- REVISO
- 18.- Vo. Bo. RESIDENTE D.D.F.
- 19.- VERIFICO
- 20.- CONFORMIDAD ARRENDATARIO

6.7 Reporte de Tiempo Efectivo de Descarga

OBJETIVO: Determinar el tiempo real empleado por los vehículos con desechos sólidos y material de cobertura en la descarga de los mismos.

- 1.- FECHA
- 2.- HOJA
- 3.- TIPO DE VEHICULO
- 4.- NUMERO DE PLACAS
- 5.- TIPO DE MATERIAL
- 6.- DESTINO
- 7.- HORA
INICIO
TERMINO
PARO
DE
A
- 8.- MOTIVO DEL PARO
- 9.- ELABORO
- 10.- Vo. Bo.
- 11.- RECIBIO

6.8 Reporte de Tiempo Efectivo de uso de la Maquinaria

OBJETIVO: Determinar el tiempo real de uso de la maquinaria en la realización de las operaciones del relleno.

- 1.- FECHA
- 2.- HOJA
- 3.- TIPO DE MAQUINARIA
- 4.- NUMERO DE MAQUINARIA
- 5.- ZONA ASIGNADA
- 6.- ACTIVIDAD
- 7.- HORA
INICIO
TERMINO
PARO
DE
A
- 8.- MOTIVO DEL PARO
- 9.- NOMBRE Y FIRMA DEL OPERADOR
- 10.- ELABORO
- 11.- Vo. Bo.
- 12.- RECIBIO

6.9. Reporte Diario de Mantenimiento de Vehículos

OBJETIVO: Registrar y controlar el mantenimiento realizado a los vehículos del Relleno Sanitario.

- 1.- FECHA
- 2.- HOJA
- 3.- NUMERO DE PLACAS
- 4.- TIPO DE VEHICULO
- 5.- FECHA DE ENTRADA
- 6.- DIAGNOSTICO Y REPARACION
- 7.- REFACCIONES EMPLEADAS
- 8.- FECHA DE SALIDA
- 9.- ELABORO
- 10.- Vo. Bo.
- 11.- RECIBIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

ANALISIS DE COSTOS

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

1. CONCEPTOS BASICOS

1.1 Aspectos Generales

Existen varios criterios para evaluar los costos, entre ellos podemos mencionar el criterio contable, el financiamiento, el fiscal y el ingenieril. En este trabajo se considerará, solo el último de los criterios mencionados.

Si averiguamos con cierto cuidado, encontraremos que las municipalidades tienen un conocimiento muy limitado de los costos del servicio de aseo. La más de las veces solamente pueden proporcionar las nóminas del personal y si acaso los gastos de gasolina, o sea que si cobran una tarifa, esta generalmente no tiene ninguna relación con los costos. Un control efectivo de costos, tanto totales del servicio como unitarios por componente, es la única base sólida y objetiva que se tiene en la toma de decisiones y en la formulación de planes y programas.

Como ya se ha dicho, el costo en sí no es la única base para decidir por un cierto equipo de recolección o disposición final, sino que también se tienen que tomar en cuenta los factores tales como:

- Desempleo, para ver si se usan tecnologías con uso extensivo o intensivo de mano de obra.
- Salida de divisas, si el equipo extranjero, que afecta desfavorablemente la balanza de pago del país.
- Fabricación nacional, extranjera o integrada, para proteger la industria nacional dentro de límites razonables.
- Otros, como facilidades de financiamiento, tipo de interés, aspectos políticos, sociales,

ecológicos y de relaciones públicas.

Estos factores influyen mucho dentro del proceso de toma de decisiones, sobre todo en donde priva el "criterio nacional de costos" como son las agencias de gobierno. Cuando se trata de empresas privadas, generalmente priva el "criterio nacional de costos", el cual basa las decisiones en los costos en sí; tomando en cuenta poco o nada los otros factores, a menos que la política del gobierno los obligue a hacerlo.

A continuación se exponen los factores de costo efectivo que se deben tomar en consideración para una estimación real de los costos.

1.2 Elementos a Considerar para la Estimación de Costos

a) COSTO TOTAL

Generalmente se aplica la siguiente fórmula:

$$Ct = Cd + Ci + Im \dots\dots\dots(1)$$

$$Pr = Ct + Ut \dots\dots\dots(2)$$

en donde:

Ct: Costo total - Es el costo, en moneda, en que sale una operación o el servicio completo.

Cd: Costo directo (se desarrolla más adelante)

Ci: Costo indirecto (se desarrolla más adelante)

IM: Imprevistos - Se consideran como tales, aquellos que realmente no se pueden prever, como podrían ser aumentos de precio de algunos insumos, accidentes, condiciones climatológicas extraordinarias, etc. Generalmente se fija en un 10% de la suma de costos directos e indirectos, pero varía con las condiciones locales y con el grado de

cuidado que se haya puesto en el cálculo de esos costos.

Pr: Precio, que es el costo total, más la utilidad, cuando ésta exista, o sea que es el precio a que se vende el servicio al usuario. En el caso de los servicios municipales, este precio puede ser menor que el costo, ya sea porque el municipio toma la pérdida o porque hay un subsidio de algún tipo.

Ut: Utilidad, la que puede existir o no, según el organismo sea público o privado y la cual, como ya se dijo, puede ser negativa, o sea una pérdida.

b) COSTO UNITARIO

Este es el resultado de dividir los costos totales de una operación entre unidades medibles de servicio, por ejemplo:

$$\text{recolección} \quad \text{Cu} = \frac{\text{Ct}}{\text{Tr}}$$

en donde:

Cu: Costo unitario de recolección. Por ejemplo, \$/ton, \$/casa hab. x mes

Ct: Costo total del servicio de recolección en un cierto tiempo (diario, semanal, mensual, anual, etc.)

Tr: Toneladas o casas recolectadas en el mismo lapso.

En el caso de la disposición final y otras operaciones, el tratamiento sería similar. En cambio en el caso del barrido de calles, el denominador en toneladas no es común por lo que habría que usar kilómetros, hectáreas u otras apropiadas.

c) COSTOS INDIRECTOS

Existen varios factores de costos indirectos entre los cuales podemos citar:

- Costo del proyecto
- Administración central
- Administración local

Para reflejar el costo del proyecto en los costos anuales o unitarios, sería necesario dividirlo entre el número de años que dura ese proyecto o entre las toneladas que se recolectarán a lo largo de toda la vida útil.

Se entiende por administración central a aquellos organismos, que, como en el caso de los servicios públicos municipales, proporcionan algún tipo de apoyo al departamento de aseo, como servicios de: pagaduría, asesoría legal, recepción predial, etc.

También deben tomarse en cuenta los funcionarios superiores que indirectamente dedican un cierto porcentaje de su tiempo a aseo.

En el caso de las empresas privadas, la administración central podrá ser una oficina central que maneje empresas filiales en varias ciudades, o bien en una misma ciudad, que por lo grande, tendrá oficinas de campo encargadas de las operaciones directas, las cuales serían coordinadas por una oficina central.

Entre los factores que deben considerarse en los costos, están:

- Renta de locales de oficina, bodegas, cobertizos, etc.
- Personal; técnico, administrativo, supervisión.
- Asesorías técnicas, administrativas, legales, relaciones públicas, etc.
- Servicios médicos
- Fianzas, seguros

-Indemnizaciones, transportes, etc.

Es muy común cuando se tiene experiencia, que el costo indirecto se tome como un porcentaje de los costos directos. En alguno de los casos se han observado costos indirectos del orden del 10 al 15% y en otros, mucho menores, por el poco desarrollo institucional y por el carácter totalmente empírico del servicio.

d) COSTOS DIRECTOS

Se denomina así al gasto que se aplica directa y específicamente a una operación del servicio prestado. Existen tres puntos fundamentales a considerar, siendo éstos los materiales, la mano de obra y el equipo. En nuestro caso el primero casi no se toma en cuenta sino en casos específicos como podría ser la importación al relleno sanitario de material de cubierta y otros necesarios para la obra. En estos últimos casos es cosa de comparar los costos de explotación directa por el departamento de aseo, contra el costo de material puesto en obra por un contratista.

Costo de Mano de Obra

Es un factor bastante difícil de evaluar y se debe ser cuidadoso en el análisis. En esta evaluación intervienen factores como habilidad, rendimiento, tiempos muertos independientes del personal, su distribución, clima del lugar, peligrosidad, etc.

Se deben incluir:

El salario. Es la parte básica de los ingresos del personal y su monto depende fundamentalmente de:

- Calificación - Esto es que el trabajador de un departamento de aseo puede ser desde un profesional hasta un obrero no calificado, pasando por el personal técnico medio, auxiliares administrativos, supervisores, tractoristas, choferes, etc.

- Ciudad o región. Como es sabido, de ciudad a ciudad y de región a región, los salarios normales varían aún para un mismo cargo.
- Eficiencia. Eso generalmente no se reconoce fácilmente en las municipalidades. Pero cuando pueda establecerse un sistema que garantice que a mayor eficiencia, mayor salario, mayor será el espíritu de grupo y de rendimiento del trabajador.

El salario en Latinoamérica, aún para los obreros, se fija generalmente en base mensual y no horaria como en los Estados Unidos de Norteamérica y en otros países. Es decir que generalmente cuando se habla de un salario por día se sobrentiende que se pagarán igual los días sexto y séptimo de la semana, y los días feriados. Si se quiere calcular en xxxx a costos horarios o diarios efectivos, se tendría que dividir un salario base mensual entre el número de días u horas trabajadas en un mes.

Las prestaciones son complemento del salario que la empresa o municipalidad se obliga a proporcionar al trabajador, ya sea en efectivo, o en servicios. Lo anterior puede ser por:

- Concesión voluntaria de la empresa o municipalidad.
- Conquista laboral de los trabajadores.
- Legislación existente en materia laboral, que obliga al patrón a conceder esa prestación. Esta puede ser nacional, regional o local.

Entre las prestaciones más comunes, encontramos:

- De 52 a 104 días de descanso al año, según se trabaje seis o siete días a la semana.
- De 6 a 30 días de descanso obligatorio por vacaciones.
- De 6 a 10 días de feriados nacionales.
- De 3 a 10 días de derecho a faltas injustificadas con aviso.
- De 15 días a un mes de salario base como prima de fin de año.
- Cerca de 10% del salario real del trabajador que paga el patrón como prima del seguro social en algunos países.

Comúnmente el servicio no se presta los domingos, y en algunos casos tampoco los sábados pero si en este último caso llegara a prestarse el servicio, se requerirá contratar personal rotativo, o pagar horas extras en cuyo caso habrá que aumentar un porcentaje que podría calcularse según el ejemplo siguiente:

Descanso obligatorio por año	8 días
Un mes de aguinaldo de fin de año	30 días
Faltas a que se xxxxxxxx	10 días
Vacaciones pagadas	20 días
Total	68 días

o sea:

$$\frac{68}{365} \times 100 = 18.6\%$$

Si a lo anterior agregamos un 10% por concepto de seguro social y otros, en números redondos alcanzaremos un factor de prestaciones del 30%. Sin embargo, este deberá ser calculado en cada región o ciudad de acuerdo con las condiciones de contratación, las costumbres y la reglamentación laboral.

La jornada de trabajo es generalmente de 40 a 45 horas por semana. La experiencia indica que un hombre desarrolla un esfuerzo físico grande en su trabajo, como en los servicios de aseo, comienza la jornada con un 60% de su máxima capacidad, la cual alcanza al cabo de cinco horas. De ahí comienza una declinación pronunciada tal, que a las siete horas ha trabajado nuevamente al 60% y a las ocho horas ha llegado a un 50% de la productividad máxima. Si la jornada se prolonga más allá, a las 12 horas probablemente haya bajado su eficiencia a un 20%. De ahí que se puede afirmar que el pago de jornadas extraordinarias involucra una paga del doble de lo que se paga en horario normal, y el trabajo es mínimo. En cambio las ventajas del uso de horas extraordinarias son necesitar menos personal y por lo tanto, habrá menos problemas y gastos extraordinarios indirectos.

Los incentivos que normalmente se aplican en sistemas de aseo son de tiempo, es decir se le proporciona a cada cuadrilla una tarea por cumplir y una vez cumplida ésta a satisfacción del supervisor en cuanto a cantidad y calidad del servicio, se les permite irse a su casa, aún cuando no hayan terminado su jornada de ocho horas.

Existen también incentivos de tipo económico, o de tipo moral, que siempre son convenientes de usar para elevar el espíritu de trabajo personal.

Equipo Es tan importante para el servicio, como la mano de obra. La tendencia general es hacia la mecanización en la recolección y el relleno sanitario, no totalmente así en el barrido. No deben, por supuesto, descartarse sin análisis, los vehículos de tracción animal, sobre todo en pequeñas localidades, o el uso de la operación manual de los rellenos, aún en comunidades medianas.

Los factores de costo del equipo pueden dividirse de diferentes maneras, una común es la siguiente:

Costos equipo	Cargos Fijos	Transporte Armado y desarmado Amortización
	Cargos de operación o consumo	Instalación Consumos Reparaciones

Los equipos de aseo más comunes en el medio latinoamericano son el tractor y el camión compactador, o de volteo con adaptaciones. Al describir los conceptos de costos del equipo se irán aplicando a los casos anteriores.

Transporte. Se aplica sobre todo el equipo comprado en el extranjero y llevado al país por vías marítima. Generalmente los costos de transporte en estos casos varían de un 10 a un 25% del costo del equipo. A lo anterior deberá cargarse el transporte terrestre, los gastos

aduanales y los impuestos, si existieran.

Armado y desarmado. Con el tipo de equipo es necesario desarmar algunas partes estorbosas, para su transporte, y una vez llegado a su destino, hay que volver a armar. Es necesario proveer ese costo en un presupuesto.

Amortización. Se incluyen aquí la depreciación del equipo, los intereses del capital y otros, como almacenamiento, seguros, placas, impuestos, etc., que se pueden incluir aquí lo en gastos administrativos indirectos.

Depreciación. Es una función del costo de la máquina y su vida útil. Generalmente para cálculo de presupuestos, la función se toma como lineal, ya que las funciones reales presentan curvas de muy difícil manejo:

$$D = \frac{C_i - V_r - E_q}{V_u}$$

en donde:

D : Depreciación del equipo, medida generalmente en pesos por año u otra unidad de tiempo cualquiera.

C_i: Costo inicial.

V_r: Valor de rescate al fin de su vida útil.

E_q: Equipo de consumo que trae incluido el equipo en el costo inicial y que sin embargo tiene una vida útil menor que la del equipo. Como ejemplo típico de lo anterior, están las llantas de los vehículos recolectados.

V_u: Vida útil estimada generalmente en horas. Sobre este particular se encuentra una gran diferencia entre diseñadores de rellenos, sobre todo en Latinoamérica, donde la deficiencia de capitales de inversión por parte de las municipalidades, hace que el equipo tienda a usarse un prolongado número de años, mucho más allá, incluso de lo que la teoría de costos fija como vida económica.

En camiones se espera una duración de 5 a 8 años según las condiciones de trabajo que tengan. Cuando se habla de años, se está hablando de 2,400 horas de trabajo. Los tractores pueden resistir quizá un poco más se se les hacen "reconstrucciones" cada vez que termina su vida útil, pero como receta de cocina, puede decirse que la vida útil después de cada reconstrucción es menor en 20% que el período anterior, mientras que el valor de una reconstrucción se mantiene o incluso se incrementa.

El único modo de fijar la vida útil en el comienzo de una operación, si no hay experiencia local, es basándose en los datos del fabricante. Después, debe llevarse un control detallado de cada máquina para determinar con precisión la vida útil.

Intereses. Para facilidad de cálculo, se usan las fórmulas del Interés Medio Anual (IMA) sobre los saldos insolutos:

$$\text{IMA} = \frac{n + 1}{2n} \quad (i) (c)$$

en donde:

- n: Número de años del crédito o de la vida útil de la maquinaria si se compra al contado, siempre y cuando lo primero no sea mayor.
- i: Interés del crédito, el cual puede variar enormemente si se considera el tipo de interés privado, internacional, o préstamo blando.
- c: Capital prestado o costo de equipo.

Seguros y otros. Se incluyen aquí los impuestos, solo cuando es una empresa privada o autónoma con utilidades, placas de circulación, seguros contra accidentes y otros. Para seguros contra accidentes, podría decirse que este concepto podría ascender a un 6% del valor del vehículo, o sea un 3% ó 4% si lo distribuimos linealmente en la vida útil del equipo.

Con respecto a los costos por operación y consumo, se tendrán los siguientes conceptos:

Repaciones. Se dividen estas en correctivas y preventivas y mientras más cuidado se ponga en estas últimas, menor mantenimiento correctivo se necesitará. Este rubro es muy variable, se toma generalmente como una función de la depreciación.

$$C_m = K \times D$$

en donde:

C_m: Costo de mantenimiento, expresado normalmente en \$/año.

D: Depreciación, expresada generalmente en forma anual.

K: Porcentaje, que depende de la máquina fundamentalmente. Existen aquí también diferentes recomendaciones. Algunos técnicos proponen el uso de los porcentajes propuestos por los fabricantes, que van desde un 20% para equipo sencillo, hasta un 100% o más para equipo sofisticado.

Para camiones, algunos técnicos latinoamericanos aconsejan desde un 20%. Experiencias del autor en México, indicaban factores de un 35% para equipo de 1 a 5 años y hasta de un 60% para unidades de 6 a 10 años. Con respecto a los tractores, también se encuentran diferencias que van desde un 20% propuesto por algunos técnicos, hasta un 90%, aconsejado por otros. Para efectos de presupuesto, es común usar valores del 50%.

Las diferencias anteriores entre la práctica estadounidense y la latinoamericana, probablemente tenga su origen en la diferencia de costos de la mano de obra en la reparación de una pieza de equipo.

Combustibles. Existen las siguientes fórmulas para el cálculo de los combustibles.

$$V_g = 0.23 \times HP \times ftp \dots\dots\dots (1)$$

$$V_d = 0.16 \times HP \times ftp \dots\dots\dots (2)$$

en donde:

Vg: Volúmen de gasolina en lt/hr.

Vd: Volúmen de diesel en lt/hrs.

HP: Potencia nominal del motor del equipo.

ftp: Factor de tiempo y de potencia, que toma en cuenta el tiempo, dentro del turno normal de labores en que el tractor no está funcionando y también que casi nunca utiliza el 100% de la potencia nominal.

En camiones, este factor varía de un 10 a un 15%. En tractores es más variable y sus límites van de 40% a un 70% según las condiciones de trabajo en cuanto a requerimientos de potencia.

Lubricantes y filtros. Se deben calcular con detalle, según las especificaciones del fabricante, cada cuántas horas tienen que cambiarse los diferentes tipos de aceites y sus filtros respectivos, el filtro de aire, el de diesel y otros. De este modo se puede calcular el costo con precisión. Cuando ya se tiene experiencia en caso particular, se acostumbra ponerlo como un porcentaje del costo del combustible, el cual puede ser de un 10 a un 40%, según los costos locales, y el tipo de máquina. Los camiones de basura se acercan al límite inferior mientras que los tractores casi siempre tienen gastos mayores.

Llantas. En los camiones recolectores, la vida de las llantas varía de 1,500 a 2,500 horas, según el pavimento de la ciudad y las condiciones de acceso al relleno. Para tractores, los fabricantes estiman en 4,000 horas, la vida de las llantas, y en 10,000 horas la de las orugas.

En cuanto al costo de instalación del equipo estacionario como básculas, molinos, bandas, etc., sus costos se cargan generalmente al costo directo, dividiendo el costo de instalación entre la vida útil de la máquina de que se trate.

2. DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE UN COSTO HORARIO

a) Información Básica

Vida útil del equipo (VUE)	=	10,000 Hrs.
Valor de adquisición (VA)	=	\$ 230'000,000.0
Valor de rescate (VR)	=	\$ 34'500,000.0

b) Cargos Fijos

- Cargo por Depreciación

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{VA} - \text{VR}}{\text{VUE}} = \frac{230'000,000 - 34'500,000}{10,000} = 19,950 \text{ Per./Hr.}$$

- Cargo Financiero

$$\begin{aligned} \text{Tasa de interés (I)} &= \text{CPP (Costo porcentual promedio)} \\ &= 18 \% \text{ (anualizado)} \end{aligned}$$

Inversión Promedio

$$\text{Durante la vida útil del equipo} = \frac{\text{VA} + \text{VR}}{2}$$

$$\text{Horas de trabajo anuales (HTA)} = 2,000 \text{ Has.}$$

$$\text{Cargo Financiero} = \frac{230'000,000 + 34'500,000}{2} \cdot \frac{(0.18)}{2,000}$$

Cargo Financiero = 11,902.2 Pesos/Hora

- Cargo por Seguros

Seguros (S) - Se considera una prima del 1% de la inversión promedio

$$S = \frac{V_a + V_{12}}{2} \cdot \frac{(0.01)}{2,000}$$

$$S = 661.2 \frac{\text{Pesos}}{\text{Hora}}$$

- Cargo por Mantenimiento

- Usualmente se estima como un porcentaje del valor de la depreciación del equipo.

- Su valor oscila entre 40% - 200 % de la depreciación

- * Los dos primeros años de operación 40 %
- * Los siguientes dos años sube al 100-150 %
- * Posteriormente entre el 200-300 %

Cargo por mantenimiento (primer año) = 0.4 x 19,950 = \$ 7,980.0

- Cargo por Almacenaje

Se calculan también como un porcentaje de la depreciación, en este caso se toma en 5 %.

Costo almacenaje = 0.05 x 19,950 = 997.5 Pesos/Hora

- c) Cargos Variables por Combustibles y Lubricantes

- Cargo por Combustibles

Se calculan en función de la potencia de la maquinaria y equivale a 0.2 litros por-HP y por hora. Como no se trabaja en forma continua, se toma un factor de servicio del 70 %.

$$\text{Costo combustible} = 0.2 \times \text{HP} \times 0.7 \times \text{Precio/Litro}$$

- Cargo por Lubricantes (aceite, filtros, grasas)

Tiene dos componentes:

Consumo proporcional a la potencia del motor
(costo lubricante)₁ = 0.003 x HP X Precio/Litro

Consumo por cambio de aceite

$$(\text{Costo lubricantes})_2 = \left(\frac{\text{Capac. carter}}{\text{Horas}} \right) \times \text{Prec.}$$

$$\text{Costo total lubricante} = C_1 + C_2$$

d) Cargos Variables por Mano de Obra

Ejemplo:

Salario 399,900.0 (Salario mínimo mensual)

Tiempo extra

Ayuda Transporte	50,000.00
Total mensual	449,900.0
ISSSTE (11 %)	43,989.0
FOVISSSTE (5 %)	19,995.0

Impuesto sobre nomina (1 %)	3,999.0	
Fondo de retiro (2 %)	7,998.0	
Impuesto estatal (2 %)	7,998.0	Nuevo León
	<hr/>	
Costo Total mensual	533,879.0	(Salario integrado)

$$\frac{\text{Costo Total}}{\text{Salario}} = 1.34 \text{ Factor de salario integrado}$$

3. DETERMINACIÓN EMPÍRICA DE LOS COSTOS EN LOS SERVICIOS DE ASEO URBANO

a) Determinación empírica del Costo de Recolección

De la experiencia

Generación per-capita = 0.9 Kg/Hab/Día (D.F.)

1 casa tiene alrededor de = 2.2 Hab.

1 mes = 30 Días

Costo de la recolección = 40,000 - 60,000 Pesos/Ton.

$$\text{Basura/Casa/Mes} = \frac{30 \times 0.9 \times 5.5}{1,000} = 0.1 \frac{\text{Ton.}}{\text{Casa} \times \text{Mes}}$$

$$\text{Costo/Casa/Mes} = 0.1 \times 50,000 = 5,000 \frac{\text{Peso}}{\text{Casa} \times \text{Mes}}$$

b) Determinación empírica del costo de Transferencia

Generación por Familiares/Mes = 0.1 Ton/Mes

Costo promedio = 12,000 Pesos/Ton.

Costo Familia/Mes = 12,000 x 0.1 = 1,200 Pesos/Mes

c) Determinación Empírica del Costo de Disposición Final

Generación Familia/Mes = 0.1 Ton/Mes

Costo Promedio = 15,000 Pesos/Ton

Costo Familia/Mes = $0.1 \times 15,000 = 1,500$ Pesos/Mes

4. DETERMINACION DE TARIFAS EN LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO

1. Se determinan los ingresos esperados por el otorgamiento del servicio.

$$I = C(1 + M)$$

Donde:

I = Ingreso por la recolección

C = Costos totales mensuales

M = Margen de utilidades

2. Con los ingresos y el número de predios o la generación de residuos sólidos se determinan las tarifas (T):

$$T = \frac{I}{G}$$

T = Tarifa por el servicio de recolección en Pesos/Precio o Pesos/Ton. o Pesos/Tambo.

I = Ingresos mensuales en peso

G = Número de predios o la generación en toneladas o tambos

**PROYECTO PILOTO DE RESIDUOS SOLIDOS
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**

CASO BASE

MILLONES DE PESOS PRECIOS CONSTANTES 1992

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
GENERACION DE RESIDUOS **										
- HOSPITALARIOS PELIGROSOS (TON)	32,850	33,507	34,177	34,824	40,979	44,667	48,587	53,069	57,846	63,052
- HOSPITALARIOS NO PELIGROSOS (TON)	32,850	33,507	34,177	34,824	40,979	44,667	48,587	53,069	57,846	63,052
- CLINICOS PELIGROSOS (TON)	10,950	11,169	11,392	12,475	13,660	14,889	16,229	17,690	19,282	21,017
TOTAL (TON)	76,650	78,183	79,747	81,323	95,618	104,224	113,604	123,828	134,973	147,121
TARIFAS (PESOS KG) **										
- HOSPITALARIOS PELIGROSOS (\$ KG)	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338	1,338
- HOSPITALARIOS NO PELIGROSOS (\$/KG)	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667
- CLINICOS PELIGROSOS (\$/KG)	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390
INGRESOS POR EL SERVICIO RECOLECCION/DISP FINAL	81,085	82,706	81,085	82,706	81,085	82,706	81,085	82,706	81,085	82,706
COSTOS										
COSTOS UNITARIOS **										
- RESIDUOS HOSPITALARIOS PELIGROSOS PELIGROSOS (\$/KG)	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
- RESIDUOS HOSPITALARIOS PELIGROSOS NO PELIGROSOS (\$/KG)	724	724	724	724	724	724	724	724	724	724
- RESIDUOS CLINICOS PELIGROSOS (\$/KG)	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119
COSTO TOTAL OPERACION	71,518	72,949	74,408	81,476	89,216	97,246	105,998	115,538	125,936	217,271
DEPRECIACION **	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332
INTERESES	3,563	3,563	3,360	3,124	2,850	2,533	2,165	1,737	1,242	667
TOTAL COSTOS	76,414	77,844	79,100	85,932	93,399	101,111	109,495	118,607	128,510	139,269
UTILIDAD DE OPERACION	4,671	4,863	5,261	6,443	7,752	9,143	10,682	12,386	14,272	16,363
INVERSION 29,395	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMORTIZACIONES DE CAPITAL	0	1,271	1,475	1,711	1,984	2,302	2,670	3,097	3,953	4,163
DEPRECIACION	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332	1,332
FLUJO NETO EFECTIVO (29,395)	6,003	4,923	5,118	6,064	7,099	8,173	9,344	10,620	12,011	13,527
FLUJO ACUMULADO	(23,392)	(18,469)	(13,350)	(7,286)	(187)	7,987	17,331	27,951	39,962	53,490
RENTABILIDAD										
VALOR PRESENTE NETO 1992-2001 ***		11,392								
TASA INTERNA DE RETORNO (%) 1992-2001										20.1
TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (AÑOS)						6.0				

* SUJETO A NEGOCIACION

** INFORMACION PROPORCIONADA POR EL DEPARTAMENTO DEL D.F.

*** TASA DE DESCUENTO 12%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

DESARROLLO INSTITUCIONAL

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

TIPOS DE ORGANISMOS OPERADORES

Para la prestación de los servicios que implica el control de los residuos sólidos, se requiere necesariamente de la existencia de un organismo operador, el cual puede estar estructurado de acuerdo a una vasta gama de alternativas que van desde la más simple y común, representada por la administración municipal con características rurales, hasta aquellas grandes y sofisticadas estructuras que se dan en las grandes áreas metropolitanas, en donde es más factible, la diversificación de varios esquemas administrativos, por lo complejo de los problemas a resolver por los recursos que demanda.

Los modos más frecuentes de prestar los servicios públicos en los municipios del País, son los siguientes:

- Prestación directa por el Ayuntamiento o bien a través de un organismo municipal "reforzado".
- Empresa pública descentralizada (estatal y/o municipal).
- Empresa intermunicipal.
- Empresa mixta.
- Empresa (s) privada (s) (mediante concesiones o contratos específicos).

Prestación Directa del Ayuntamiento

Dentro de este régimen los responsables de servicios quedan bajo otros órganos administrativos, en una situación de dependencia tal que entre estos organismos existe un vínculo que, partiendo del órgano situado en el más alto grado de ese orden, los vaya ligando hasta el órgano de ínfima categoría.

La relación operativa que liga a los diversos órganos en la situación antes mencionada, se denomina relación jerárquica. Mediante dicha relación, se explica como se mantiene la unidad del poder administrativo, a pesar de la diversidad de los órganos que lo forman.

Por consiguiente, se establece que en la prestación directa de los servicios públicos, prevalece la concentración del poder de decisión, que consiste en la existencia de un número reducido de personas o secciones, con competencia para dictar resoluciones. Los demás órganos simplemente realizan los actos materiales necesarios para auxiliar a aquellas autoridades, poniendo los asuntos que son de su competencia en estado de resolución.

Además, la concentración del poder de decisión en los municipios, llega a abarcar hasta el aspecto técnico que presenta la atención de los asuntos administrativos. Esto se logra mediante las órdenes e instrucciones que los superiores pueden dirigir a los inferiores, y en los cuales se fijan las bases para el estudio y la preparación de los asuntos que requieren una competencia técnica especial.

En la mayoría de las ciudades de este País, el servicio de limpia pública lo maneja el H. Ayuntamiento (organismo operador), a través del departamento de aseo público municipal o de obras públicas (departamento de limpia).

A través de un análisis realizado sobre leyes orgánicas municipales de la República Mexicana, se determinó lo siguiente:

- No se encuentran bien definidas las características de los servicios públicos municipales.
- No se encuentran definidas con precisión las facultades y obligaciones que en materia de prestación de servicios, corresponden al Municipio.
- No hay precisión de las facultades de los órganos de planeación, administrativa, operación y control de los servicios que presta el municipio.

Además, el artículo 115 constitucional, limita a los ayuntamientos al permitir que los estados continúen normando los servicios públicos municipales a través de leyes expedidas por las legislaturas locales.

Como consecuencia, surge la necesidad de reformular la estructura institucional, en tal condición, la alternativa a considerar para la prestación del servicio, será reforzando el propio organismo dentro de la estructura municipal actual; creando con ello un organismo municipal reforzado. Esto es, realizando los respectivos ajustes en todos aquellos aspectos que así lo requieran para dejarlo en condiciones propicias para proporcionar y cubrir satisfactoriamente la demanda del servicio.

Este reforzamiento implica la revisión de sistemas operativos y estructuras legales, organizacionales y recursos humanos calificados de acuerdo a las necesidades a desarrollar. Así mismo, sobre los recursos materiales disponibles y necesarios en instalaciones y áreas requeridas en las diversas etapas del servicio y equipos de operación.

Una vez determinados la estructura y recursos necesarios para su operación en las condiciones que se requieren, habría que proporcionarle todo el apoyo legal y económico para su educación, si las características del municipio y aspectos laborales lo permitan. En caso de considerarse que no es posible por alguna circunstancia especial, podría pensarse en alguna otra alternativa.

a) VENTAJAS:

- Permite disponer del equipo a todas horas del día.
- Facilidad para ampliar los servicios a otras áreas y/o aumentar frecuencias.
- Dificilmente se interrumpe el servicio por huelgas generadas por el sindicato o por cambio de autoridades municipales.
- Posibilidad de obtener ayuda (técnica y económica) de organismos nacionales e internacionales.
- Posibilidad de complementación integral con otros servicios públicos.

b) DESVENTAJAS:

- Concentración inmediata de personal, sin previa comprobación de actitud laboral.
- Choferes y personal que manejan bienes y equipo, pocas veces están afianzados, por lo que el ayuntamiento cubre los gastos, generalmente originados por accidentes y pérdidas de herramientas y equipo.
- Problemas de personal por faltas injustificadas.
- Altas erogaciones iniciales (enganches) para la compra de equipo y unidades.
- Sobre explotación de equipo mecánico, por carecer de unidades de reserva.
- Alto costo de mantenimiento y conservación de unidades y equipo.
- Desmantelamiento de unidades, especialmente a fines de trienio, por carecer, en la mayoría de los casos de funcionarios honestos y responsables de los bienes municipales.
- Cuando los funcionarios son capacitados técnica y administrativamente, éstos son removidos de su cargo a finales del trienio por las autoridades entrantes.
- Las discontinuidades frecuentes en las administraciones comunales por cambios políticos, pueden ocasionar variaciones en los planes y/o mejoramiento en el nivel de servicios.
- Dependencia del servicio de aseo, en cuanto a la asignación presupuestaria, transferencia de recursos financieros y frecuentes reducciones del presupuesto acordado.
- Exceso de burocracia y lentitud administrativa en la gestión de compra de equipos, repuestos y elementos, por parte del organismo municipal a nivel central, encargado de tales trámites.
- Demoras en las reparaciones y en el mantenimiento de los equipos, que son realizados por otras divisiones municipales (talleres), con los consiguientes inconvenientes para el normal desarrollo del servicio y la reducción de la vida útil de la flota.
- Por los sistemas de compra imperantes, muchas veces se adquieren equipos y elementos inadecuados o de menos calidad y/o rendimiento, basado en el criterios del "menor costo".
- Dificultades para formar y mantener un buen plantel de personal capacitado (técnico, supervisión, administrativo, mantenimiento y operación), ya sea por motivos económicos (baja remuneración) o por cambios y/o presiones políticas. Ello puede traducirse en una

menor eficiencia y un mayor costo.

Organismos Municipales Reforzados

a) VENTAJAS:

- Aprovechamiento de instalaciones y equipos existentes.
- Posibilidad de mejorar los servicios proporcionados por el organismo que le corresponde sin modificar la legislación municipal.
- Mayores posibilidades de aceptación y participación por parte de los usuarios del servicio.
- Posibilidad de crear un derecho como cuota por la prestación de los servicios.
- Facilidad para concesionar parte o la totalidad de las fases del servicio, a uno o varios concesionarios.

b) DESVENTAJAS:

- Dificultad en separar y canalizar en forma exclusiva al servicio sus recursos financieros.
- Dificultad en obtener mayor aportación estatal para el servicio.
- Dificultad en modificar o crear una estructura organizativa y tabuladores distintos a los existentes en el municipio.
- Mayor dificultad para implantar nuevos sistemas y cambiar la mentalidad del servicio.
- Mayor dificultad en la continuidad de planes y programas a mediano y largo plazo, debido a lo corto de los periodos del gobierno municipal (tres años).
- Inconformidad de la población al establecimiento de cuotas debido a la imagen negativa existente, por el mal servicio recibido.

Empresa Pública Descentralizada

La complejidad y magnitud de los servicios a prestar, pueden aunque no limitativamente, ser base fundamental para considerar en segunda instancia, la posibilidad y más aún, la necesidad de crear

y propiciar la creación de un órgano operador ajeno a la tutela directa del municipio, como empresas descentralizadas y hasta concesionar parte de los servicios o la totalidad de los mismos a una o varias empresas privadas, ya que la prestación de los servicios públicos municipales deberá ser realizada por los ayuntamientos, pero podrán concesionarse a personas físicas o morales, que cumplan efectivamente el servicio.

Descentralizar es transferir legalmente facultades del poder central a instituciones creadas por el mismo estado, para que estas manejen su autonomía orgánica con relativa independencia necesaria.

El objetivo de la empresa descentralizada es la de desprender un servicio público de la administración central, con el fin de ponerlo en manos de individuos con preparación técnica que garanticen su eficaz funcionamiento.

La forma de crear una empresa descentralizada, es la de dotar de patrimonio propio a un organismo, con el objeto de que éste sirva como base a la autonomía e independencia de la futura empresa prestadora del servicio público. Pero al mismo tiempo, como se trata de la realización de las atribuciones del estado, éste no puede prescindir del ejercicio de ciertas facultades con respecto al de la organización que se crea.

La empresa descentralizada cuenta con los siguientes elementos esenciales:

1. La existencia de un servicio público de orden técnico.
2. Un estatuto legal para los funcionarios encargados de la prestación de dicho servicio.
3. Participación de los funcionarios técnicos en la dirección del servicio.
4. Control del gobierno, ejercitado por medio de la revisión de la legalidad de los actos realizados por el servicio descentralizado, y
5. Responsabilidad personal y efectiva de los funcionarios.

Y las ventajas que presenta este tipo de empresa, son las siguientes:

- Entregar el manejo de un servicio público a quienes tienen la preparación técnica necesaria, es procurar la eficaz satisfacción de las necesidades colectivas cuya atención corresponde al estado.
- Dar cierta autonomía al servicio público, a la vez descarga al poder del cumplimiento de serias obligaciones, permitiendo que los mismos interesados intervengan en su manejo.
- Crear un fondo especial para el órgano descentralizado, independizándolo del patrimonio general del estado, es facilitar y atraer libertades de los particulares, pues saben que éste irá a servir para el desarrollo del servicio descentralizado y a no confundirse con la masa general de los fondos públicos.
- Como el órgano descentralizado puede llegar a sostenerse con sus propios recursos, es decir puede industrializarse, existe una ventaja evidente para el ayuntamiento y para los contribuyentes, porque no será necesario el impuesto como fuente indispensable para sostener dicho servicio.

La empresa descentralizada es creada por medio de un decreto expedido a petición de las autoridades municipales, por la legislatura del estado de que se trate, en donde se establece un régimen apropiado para la prestación de un servicio, asignándole una personalidad jurídica, un patrimonio propio y un régimen financiero adecuado a su finalidad. El servicio se maneja en forma autónoma y el ayuntamiento sólo se reserva determinadas facultades respecto a los órganos superiores del servicio, así como el poder de vigilancia ó fiscalización que mantenga la regularidad del servicio.

Dentro de este concepto, la empresa descentralizada es una forma de organización administrativa mediante la cual el poder legislativo del estado crea el régimen jurídico de una persona de derecho público, con una competencia limitada y especializada para atender diversas actividades de interés general, por medio de procedimientos técnicos.

Sin embargo, el ayuntamiento en sus relaciones con el organismo descentralizado procura

asegurar los elementos necesarios para mantener la unidad, vigilancia y control de ellos. Pero esta relación no destruye la unidad del municipio y los vínculos necesarios de control del poder central y le permite a la empresa descentralizada un manejo autónomo, responsable y técnico.

Las características jurídico-administrativas que deben cubrir los derechos de creación y organismos descentralizados son:

1. Por medio de un decreto que expide el poder legislativo, se crea una personalidad jurídica de derechos públicos a la que se le encomienda fines de interés general.
2. La personalidad jurídica es indispensable para individualizar y fijar la competencia limitada del órgano.
3. El decreto debe regular la estructura y funcionamiento de la entidad desconcentrada, precisando sus fines, denominación, patrimonio, órganos, relaciones con el personal, relaciones con los usuarios del servicio y demás actividades propias de su organización.
4. El régimen puede ser en unos casos exclusivamente de derecho público y en otros mixto, es decir, se acepta la aplicación del derecho privado, en ciertos aspectos de sus relaciones, principalmente mercantiles, cuando se trata de una empresa que realiza actividades comerciales. Aún su forma de organización puede adoptar el régimen de una sociedad mercantil, principalmente la sociedad anónima, pero su régimen general es de derecho público.
5. El decreto debe señalar cuales son las relaciones o vínculos entre la institución y el poder central, porque con él se precisa la verdadera naturaleza del órgano desconcentrado.

Para alcanzar la categoría de órgano desconcentrado, se deben satisfacer algunas otras condiciones:

- a) Señalar con precisión los fines y facultades que le corresponden de acuerdo con el orden

jurídico imperante.

- b) Seleccionar cuidadosamente el servicio público de orden técnico o actividad administrativa que se le encomiende.
 - c) Precisar las condiciones del personal técnico especializado, que tendrá a su cargo la dirección y manejo del servicio.
 - d) Romper los vínculos de jerarquía, dependencia, o relación directa con el poder central, el cual respeta su autonomía técnica para alcanzar los fines que el decreto propone, con las limitadas intervenciones oficiales necesarias para mantener la unidad de la política financiera del ayuntamiento.
 - e) Las facultades de control y vigilancia que se reserva el poder, necesarias para la revisión de los actos del organismo en cuestión.
 - f) La aplicación de la ley de responsabilidades.
6. No son aplicables los principios de derecho privado a las instituciones descentralizadas, pues se crea un estricto régimen de derecho público al afectar el estado sus bienes con propósitos de interés general.
7. Las relaciones de un organismo descentralizado con el público, puede en determinadas ocasiones, regirse por el derecho privado. Es al decreto al que le corresponde fijar estas situaciones.
8. Al liquidar éstas instituciones descentralizadas, los bienes vuelven al patrimonio general del ayuntamiento, en virtud de que no han perdido su carácter de bienes del estado.
9. En la realidad de las instituciones descentralizadas vigentes, hay notables diferencias, dependiendo de la propia naturaleza del servicio atendido.

En muchos casos, la administración de la empresa descentralizada se lleva por medio de procedimientos análogos a los de la empresa privada.

a) VENTAJAS:

- Facilidad para lograr objetivos debido a la participación vía consejo de administración de representantes estatales, municipales y secretarías de estado involucradas.
- Facilidad de autodesarrollo al crearse con personalidad jurídica propia y actuar con mayor autonomía.
- Facilidad para continuar con planes y programas de mediano y largo plazo.
- Facilidad para crear una estructura organizativa e implantar y/o adecuar sistemas acordes con las necesidades.
- Facilidad de establecer cuotas por la prestación del servicio, de tal modo que su operación resulte autofinanciable.
- Facilidad de canalizar sus recursos exclusivamente a las necesidades del servicio.
- Facilidad para obtener créditos externos para inversión y operación.
- Facilidad para concesionar parte o la totalidad de los servicios en sus distintas fases a uno o varios concesionarios.
- Personal profesional a cargo del servicio de limpia.
- El ayuntamiento no es responsable de la contratación del personal base.
- La administración del personal corre por cuenta de la empresa.
- El ayuntamiento no requiere de erogaciones fuertes con el fin de adquirir unidades y equipo, en virtud de que es obligación de la empresa realizar esta actividad.
- El mantenimiento y la reposición del equipo y unidades, corre por cuenta de la empresa.
- Los gastos de cobranza los realiza la empresa (cuando la ley lo permite).
- Además de que el servicio es autofinanciable, debe generar ingresos al ayuntamiento.
- El ayuntamiento fija políticas y supervisa la prestación del servicio de limpia.
- En la disolución de la empresa, las unidades y el equipo pasan a poder del ayuntamiento.

b) DESVENTAJAS:

- Posible inconformidad de la población por el establecimiento de cuotas por un servicio tradicional a cargo del municipio.

- Para la empresa de economía mixta, es difícil conseguir accionistas que se asocien con el estado para administrar el servicio de limpia.
- Los gastos para la creación de la empresa están cubiertos por el ayuntamiento en cuestión.
 - En el caso de que la empresa no disponga de la autonomía necesaria, la misma puede asemejarse al funcionamiento de la municipalidad, no justificando por lo tanto su existencia.

Empresa Intermunicipal

Esta es otra forma de prestación de servicios públicos, en la que intervienen dos o más municipios que reúnen sus recursos con el fin de prestar un servicio a la comunidad asentada dentro de sus ámbitos territoriales.

La empresa intermunicipal es una forma de organización administrativa mediante la cual el poder legislativo del estado crea el régimen jurídico de una persona de derecho público con una competencia limitada, especializada y dentro de un ámbito geográfico determinado para atender diversas actividades de interés general, por medio de procedimientos técnicos.

La empresa intermunicipal es también un organismo descentralizado, dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, creado con la finalidad de atender un servicio público de interés común.

La creación de esta empresa se encuentra fundamentada principalmente en el artículo 115 constitucional y en las leyes orgánicas municipales de los estados respectivos, en las que se faculta a las autoridades del ayuntamiento para celebrar convenios con otros municipios de la entidad federativa, a fin de proporcionar un servicio requerido por los habitantes de la región.

Dos ejemplos de este concepto son los siguientes:

Artículo 115 constitucional, fracción III.- Los municipios de un mismo estado, previo acuerdo

entre sus ayuntamientos y con sujeción a la Ley podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos que les correspondan.

Ley orgánica municipal del Estado de México (1973). Artículo 42.- Son facultades y obligaciones de los ayuntamientos:

- XV.- Celebrar los convenios de colaboración con otros municipios de la entidad; con el estado o particulares y remitirlos en su caso a la legislatura local para su aprobación a través del ejecutivo.

En este caso, la legislación permite que las autoridades municipales convengan con otras autoridades con el fin de compartir los gastos para la prestación del servicio público solicitado por la comunidad.

A través de éstos convenios, los municipios involucrados procuran los elementos necesarios para mantener la unidad, vigilancia y control de la empresa intermunicipal, permitiendo el manejo autónomo y técnico de servicio público.

Los conceptos que deben comprender los estatutos legales de la empresa intermunicipal son iguales a los que rigen a los organismos descentralizados.

a) VENTAJAS:

- Los gastos para la creación de la empresa están cubiertos por dos o más ayuntamientos.
- Personal profesional a cargo del servicio de limpia.
- Los ayuntamiento no son responsables de la contratación del personal de base.
- La administración del personal corre por cuenta de la empresa.
- Ofrece una mejor utilización del equipo y unidades y como consecuencia, optimiza el servicio.
- Los gastos de cobranza los realiza la empresa intermunicipal (cuando la ley lo permite).
- Genera utilidades a los ayuntamientos por concepto de cobro del derecho de limpia.

El servicio es autofinanciable.

- Los ayuntamientos fijan políticas y supervisan la prestación del servicio de limpia.
- En la disolución de la empresa, los bienes se reparten entre los ayuntamientos que la crearon.
- El convenio intermunicipal a través de sus cláusulas puede posibilitar la continuidad de los planes y servicios ante las fluctuaciones y variaciones derivadas por cambios políticos frecuentes.

b) DESVENTAJAS:

- La vigencia de la empresa caduca al terminar el trienio del gobierno que la fundó, sin embargo, es susceptible de revocarse.
- Problemas financieros e inconvenientes ocasionados al servicio cuando las municipalidades intervinientes no pueden aportar sus fondos en los plazos preestablecidos.

Empresa de Economía Mixta

En la empresa de economía mixta, el estado asocia capitales con los inversionistas privados con el fin de prestar un servicio bajo normas de derecho privado con la intervención del poder público.

Empresa(s) Privada(s) Concesionada(s)

En la concesión del servicio público, la administración establece un derecho a favor de un particular para que maneje un servicio por un plazo determinado y bajo condiciones precisas, de naturaleza contractual y reglamentaria. La instalación y explotación del servicio se regula principalmente por el interés público del servicio y accesoriamente por el interés del concesionario.

La concesión constituye un buen medio para que los ayuntamientos puedan satisfacer de forma

adecuada, las necesidades de servicios públicos de la población, sobre todo cuando éstos enfrentan alguna de las siguientes situaciones:

- a) Insuficiente capacidad administrativa y económica para prestar el servicio.
- b) Incapacidad técnica para prestar de manera adecuada el servicio.
- c) Carencia de una organización lo suficientemente amplia como para prestar todos los servicios.

Toda concesión debe estar sujeta a las normas que dictan las leyes orgánicas municipales, el bando municipal y en su caso, los reglamentos respectivos, así como la aprobación de la legislatura local.

La tendencia actual de las grandes ciudades, muestra un avance del sector privado en el campo de los servicios de aseo urbano, llegando en algunos casos al total de la prestación y en otros a una coexistencia de los sistemas con variables porcentajes del servicio municipal y privado. Este cambio, puede explicarse como la resultante de la falta de una respuesta adecuada del servicio municipal frente a los mayores requerimientos de la comunidad, a los aumentos en las cantidades producidas y las variaciones registradas en la composición y complejidad de los residuos a recolectar.

a) VENTAJAS:

- Personal profesional a cargo del servicio de limpia.
- Contar con personalidad jurídica, patrimonio y presupuesto propio.
- Facilidad para crear una estructura organizativa e implantar sistemas acordes a las necesidades del servicio.
- Facilidad para obtener créditos externos para inversión y operación.
- Eliminación de problemas laborales para el municipio al ser personal dependiente de otro patrón.

- El ayuntamiento no es responsable de la contratación del personal de base.
- La administración del personal corre a cuenta del concesionario.
- La adquisición, mantenimiento y reposición de unidades y equipo corre a cargo del concesionario.
- Las unidades y equipo deben estar en óptimas condiciones y ser los adecuados para el centro de población (explícito en el contrato de concesión).
- El servicio de limpia debe ser prestado de manera obligatoria por el concesionario, con base a los lineamientos establecidos en el contrato de concesión.
- Los gastos de cobranza corren a cargo del concesionario cuando se encuentra estipulado en el contrato.
- La prestación de este servicio puede generar utilidades al ayuntamiento.
- El ayuntamiento únicamente supervisa el cumplimiento del contrato por parte del concesionario.
- Mayor agilidad en las operaciones por haber una menor burocracia.
- Medios adecuados para desarrollar una política de incentivos al personal y para producir cambios o remociones con la fluidez necesaria.
- Mayor protección ante interferencias políticas.

b) DESVENTAJAS:

- Suspensión definitiva del servicio al concluir el periodo del gobierno concesionario.
- Posible suspensión del servicio originado por diferencias entre concesionario y concesionario, y por concesionario y sindicato.
- Altos costos consecuentes cuotas elevadas, por la prestación del servicio razón de su objetivo de lucro.
- Dificultad de ejercer control de los servicios concesionados y en la vigilancia del cumplimiento del clausulado contractual.
- Posibilidad de interrupciones del servicio motivados por incumplimiento y posible búsqueda de concesionarios sustitutos.
- Pueden presentarse resistencias de origen político y/o gremial al cambio del sistema de prestación, con las consiguientes repercusiones en la opinión pública.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

IMPACTO AMBIENTAL

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPAC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO. D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

EL PROCEDIMIENTO DE IMPACTO AMBIENTAL, UNA HERRAMIENTA PARA PLANIFICAR EL DESARROLLO NACIONAL.

INTRODUCCION

El procedimiento de impacto ambiental es el camino a seguir para llevar a la consecución de un estudio o manifestación de impacto ambiental que permita soportar la toma de decisiones respecto a la autorización o no del proyecto en cuestión.

LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL (MIA)

Se elabora previamente a la ejecución del proyecto y se define como el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

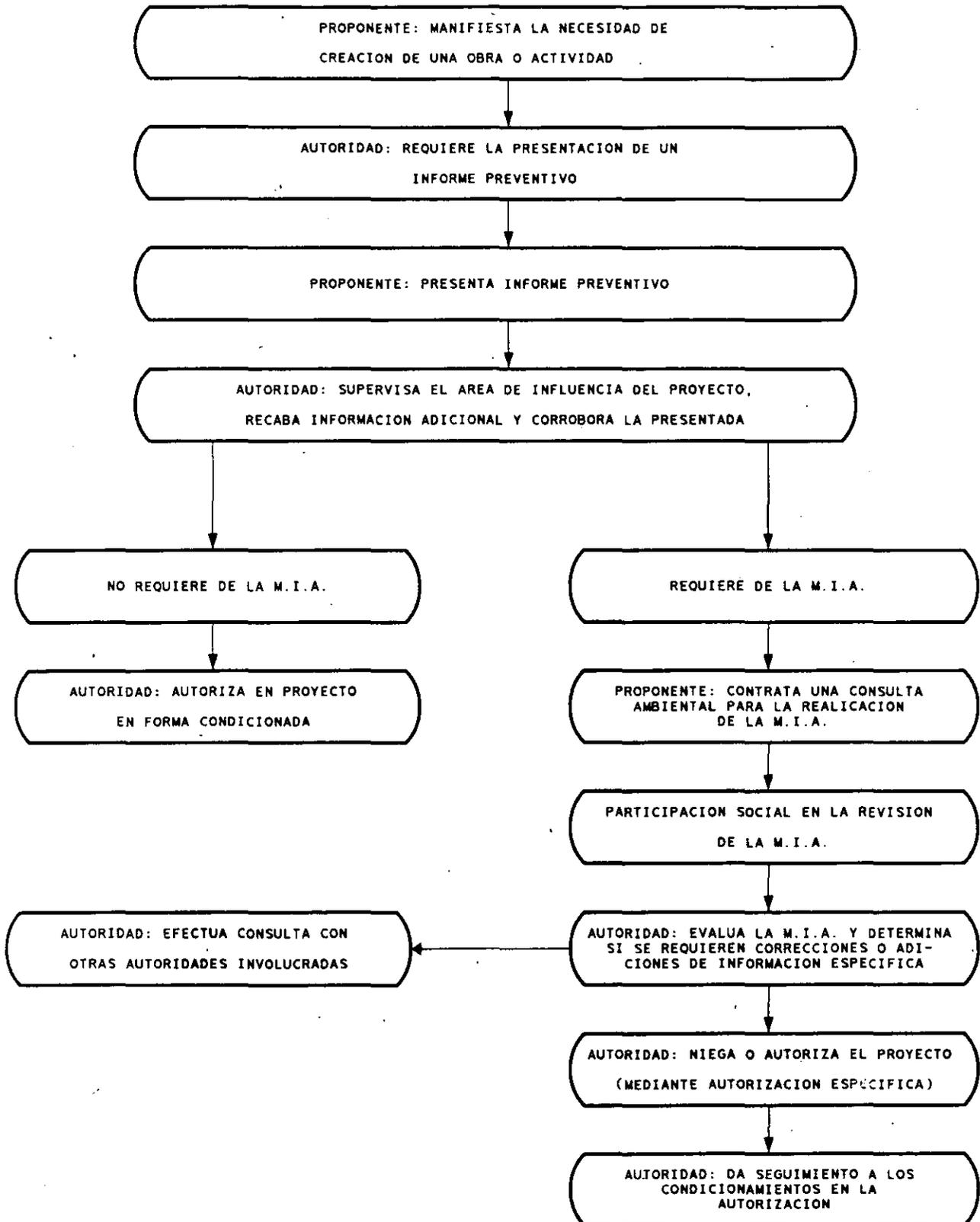
AMBITO LEGAL

El procedimiento de impacto ambiental como figura jurídica, es incluido en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) el 28 de Enero de 1988. La cual hace mención sobre la reglamentación de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la Preservación y Restauración del Equilibrio Ecológico, así como a la Protección al Ambiente, en el Territorio Nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su Soberanía y Jurisdicción.

DEL PROCEDIMIENTO DE IMPACTO AMBIENTAL

Definamos ¿qué es el procedimiento de impacto ambiental?. Es una serie ordenada de pasos que habrán de seguir tanto las autoridades de gobierno como los responsables de la ejecución de una obra o actividad y consultores privados (que contratan estos últimos), la cual se describe en el siguiente cuadro.

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE IMPACTO AMBIENTAL



Las Manifestaciones de Impacto Ambiental, pueden ser de 4 diferentes grados de profundidad.

- Informe Preventivo
- Modalidad General
- Modalidad Intermedia
- Modalidad Específica

Estos niveles de profundidad dependen de:

1. Las características de apoyo, su magnitud, extensión, volúmenes de obra y de operación, procesos, materias primas, insumos a utilizar, riesgo de procesos, etc.
2. Ubicación del proyecto (características del Medio Físico, Biótico, Socioeconómico).

Los estudios de Impacto Ambiental se componen básicamente de:

- a) La descripción del proyecto, describiendo:
 1. La Etapa de Planificación
 2. La Etapa de Construcción
 3. La Etapa de Operación
 4. La Etapa de Mantenimiento
 5. Los Proyectos Futuros y Complementarios
 6. La Etapa de abandono.
- b) La descripción del Medio
 1. Físico
 2. Biótico
 3. Socioeconómico
 4. Otros factores (Culturales, Políticos, Económicos).

- c) Las regulaciones de uso de suelo y la compatibilidad del proyecto con su entorno.
- d) La identificación y cuantificación de Impactos Adversos y Benéficos.
- e) Las medidas de:
 - Mitigación
 - Compensación
- f) Los efectos
 - Inevitables
 - Irreversibles
 - Acumulados
 - Indirectos
 - Residuales
- g) El escenario ambiental modificado.
- h) Las conclusiones y recomendaciones.

METODOLOGIA DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental son herramientas que ayudan a la identificación, medida, interpretación, y/o comunicación de los diferentes impactos ambientales que se asocian a un proyecto a actividad que se vaya a realizar en un cierto espacio-tiempo. Su implementación tiene como finalidad principal la previsión de las posibles afectaciones negativas que puedan surgir en las diferentes fases de un proyecto y la evaluación de las diferentes alternativas del mismo.

Entre las metodologías que más comúnmente se utilizan en esta fase del proceso en esta fase del proceso de E.I.A. se pueden señalar las listas de chequeo, matrices y redes; estas metodologías deben considerar cuatro aspectos básicos:

- Que incluyan todos los aspectos "clave" del ambiente y del proyecto o actividad en cuestión.
- Que sirvan como guías para la búsqueda-generación de información básica del ambiente y del proyecto.
- Que puedan servir para la evaluación de alternativas sobre una base común.
- Que se puedan utilizar en la evaluación de las medidas de mitigación en términos de costo-efectividad, de los diferentes impactos negativos detectados.

Listas de chequeo.- Se pueden utilizar listados de los factores ambientales locales que puedan ser afectados por el proyecto, los cuales por medio de un signo convencional se pueden resaltar, otro tipo de lista puede incluir un cuestionario el cual se llena con las respuestas de la población adyacente, y una variante más de factores ambientales con información relativa a la evaluación medida y predicción de los impactos.

Matrices de Interacción.- Este tipo de matrices muestran generalmente en un eje horizontal, las actividades-acciones del proyecto y en un eje vertical los factores ambientales implicados en la evaluación. La matriz utiliza para identificar impactos al observarse de manera sistemática, las interacciones entre las actividades del proyecto - elementos del medio; si se infiere que componente(s) del medio enlistado, se coloca una marca en el respectivo cuadro de intersección con la cual se va a identificar al impacto.

Después de la identificación del impacto (se puede usar una línea diagonal en el cuadro correspondiente), se puede describir la interacción en términos de magnitud e importancia, entendiéndose la primera en un sentido de extensión o escala y la segunda en términos del efecto (ecológico) en los elementos del medio.

Impactos en las diversas fases del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación, etc.). La matriz producida finalmente puede contener a manera de resumen a los diferentes impactos identificados, y a algunas de sus características-categorías nominales tales como impactos: benéficos o adversos; reversibles o irreversibles; reparables o irreparables de corto, mediano o largo plazo; temporales o continuos; locales, regionales o globales; directos o indirectos; sumatorios, sinérgicos o antagónicos, etc. Estos juicios de valor o características se deben establecer con el trabajo de un equipo multidisciplinario en interdisciplina.

Redes.- Se consideran como variantes de las matrices de interacción anteriormente señaladas, mediante estas se intenta integrar las causas y consecuencias de los impactos al identificar y manejar interrelaciones entre acciones causales y factores del ambiente alterados.

Los análisis por medio de redes en la E.I.A., son particularmente útiles para identificar impactos secundarios, terciarios y de orden superior que pueden surgir a partir de un impacto inicial.

Para intentar hacer una evaluación lo más objetiva posible es necesario considerar:

1. El estudio detallado de las características del medio y su equilibrio dinámico antes de la presión ejercida por el proyecto (estadio cero).
2. El estudio de la evolución de las características ambientales con la supuesta implementación del proyecto.
3. El estudio del "eventual" equilibrio tras la operación del proyecto.

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

La elaboración de matrices de impacto ambiental es una técnica desarrollada por Leopold y cuya función es identificar los impactos que podría ocasionar la implementación de una obra o actividad.

Las técnicas de análisis son varias y ésta se presenta como ejemplo a ser utilizado por el proponente: su ejecución no es obligatoria ya que, como se ha mencionado para la identificación de impactos en la cual se deja abierta la posibilidad de utilizar la metodología que más se apege a las características del proyecto.

El primer paso para la elaboración de la matriz consiste en identificar las interacciones existentes, para lo cual se deberán tomar en cuenta todas las acciones necesarias para el desarrollo del proyecto, así como los factores ambientales que puedan resultar afectados para cada una de las acciones previstas.

Su formación se lleva a cabo colocando en columnas (forma vertical) las actividades previstas en las diferentes áreas que puedan sufrir efectos ambientales. Esto puede hacerse sobre un papel cuadriculado de manera que se facilite la intersección de las actividades con las áreas, e identificar en el cuadro respectivo el posible impacto ambiental.

Las alteraciones sobre el medio ambiental pueden ser positiva o negativa y varían en cuanto a la magnitud del mismo. Por lo tanto, en la elaboración de la matriz es importante evaluar qué impacto es más importante que otro; la evaluación de este tipo se lleva a cabo usando técnicas numéricas en donde se aplica una escala de 1 a 10, representando este último la magnitud mayor y el 1 la menor; así como criterios ponderativos en donde se asignan categorías como: significativo, poco significativo, considerable, etc. e incluso el desconocimiento del efecto.

Con el fin de que el proponente elabore la matriz de impacto ambiental a continuación se enlistan una serie de acciones y áreas que podrían verse afectadas, sin que ello implique que se deberán aplicar a todas las acciones mencionadas. Es importante que se elabore la misma, considerando las características propias de cada proyecto, ya que incluso puede darse el caso que el presente listado no incluya efectos peculiares inherentes al proyecto en cuestión.

COLUMNA VERTICAL

ETAPA DE SELECCION DEL SITIO

- Prueba de suelo
- Pruebas geológicas
- Pruebas geofísicas
- Pruebas topográficas

ETAPA DE PREPARACION DEL SITIO

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| - Deslindes | - Desmontes |
| - Limpieza | - Quema |
| - Excavaciones/dragado | - Nivelaciones/relleno |
| - Demolición | - Desección |
| - Despiedre | - Uso de explosivos |
| - Colocación de escolleras y diques | - Obras sobre corrientes |
| - Campamentos provisionales | - Caminos de acceso |
| - Maquinaria y equipo | - Servicios |
| - Almacenamiento | - Puentes provisionales |
| - Emisiones de humos y polvo | - Residuos sólidos |
| - Residuos líquidos | - Ruidos |
| - Recursos humanos | - Otros |

ETAPA DE CONSTRUCCION

- | | |
|------------------------------|--|
| - Infraestructura | - Servicios |
| - Bancos de material | - Emplazamientos industriales y de edificios |
| - Líneas de transmisión | - Barreras incluyendo vallados |
| - Canales, revestimientos de | - Modificaciones al drenaje |
| - Escolleras y diques | - Cruce de corrientes |

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| - Estructuras en altamar | - Estructuras en altamar |
| - Estructuras industriales | - Túneles y estructuras subterráneas |
| - Recursos humanos | - Bodega de almacenamiento |
| - Requerimiento de energía | - Operación de maquinaria y equipo |
| - Residuos sólidos | - Requerimiento de agua |
| - Ruidos | - Residuos líquidos |
| - Destino final de infraestructura | - Emisiones de humos y polvos |
| | - Rehabilitación |

ETAPA DE OPERACION

- | | |
|---|--|
| - Dragado de mantenimiento | - Mantenimiento de estructura y equipo |
| - Requerimiento de energía | - Requerimiento de agua |
| - Utilización de recursos naturales del área | - Operación de maquinaria y equipo |
| - Equipo de transportación | - Recursos humanos |
| - Desplazamientos del personal | - Infraestructura |
| - Servicios | - Almacenamiento |
| - Manejo y disposición final de residuos líquidos | - Manejo y disposición final de residuos sólidos |
| - Emisiones a la atmósfera | - Fallas de operación |
| - Fugas y derrames | - Explosiones accidentales |
| - Creación de zonas verdes | |

ACTIVIDADES CONSECUENTES AL PROYECTO

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| - Comunicaciones y transportes | - Infraestructura |
| - Urbanización | - Desarrollo industrial |
| - Desarrollo tecnológico | - Empleos y recursos humanos |
| - Reforestación | |

COLUMNA HORIZONTAL

MEDIO NATURAL

AGUA

SUPERFICIAL

- Alteración del lecho
- Flujo
- Características gravimétricas
- Calidad del agua

SUBTERRANEA

- Flujo
- Calidad del agua
- Interacción con la superficie

MARINAS

- Variaciones superficiales
- Calidad del agua
- Variaciones en la batimetría

SUELO

- Características geológicas
- Características topográficas
- Calidad del suelo
- Uso potencial
- Características geomorfológicas
- Asentamientos y compactación
- Uso actual
- Area inundable

ATMOSFERA

- Microclima
- Calidad del aire

PAISAJE

- Cualidades estéticas
- Valor ecológico
- Valor cultural
- Atractivo turístico
- Valor histórico

FLORA TERRESTRE

- Estrato herbáceo
- Estrato arbóreo
- Especies de interés ecológico
- Estrato arbustivo
- Asociaciones vegetales
- Especies de interés comercial

FAUNA TERRESTRE

- Invertebrados
- Aves
- Especies de interés ecológico
- Reptiles
- Mamíferos
- Especies de interés comercial

FAUNA ACUÁTICA

- Zooplancton
- Peces
- Reptiles
- Mamíferos
- Especies de interés comercial
- Invertebrados
- Anfibios
- Aves
- Especies de interés ecológico

FACTORES SOCIOECONOMICOS

- Tenencia de la tierra
- Empleo y recursos humanos
- Salud pública
- Economía regional
- Infraestructura y servicios públicos
- Educación

- Costumbres y calidad de vida
- Areas de interés científico, cultural o patrimonial
- Pérdida de valores culturales.
- Centros recreativos
- Migración poblacional
- Reubicación poblacional

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

EL MONITOREO AMBIENTAL COMO MECANISMO
PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS
SOLIDOS MUNICIAPLES

Asociación Mexicana para el Control
de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.
(AMCRESPEC)

PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D.F.

8 - 13 Noviembre, 1993.

INTRODUCCION

Un tema de creciente importancia, es el monitoreo ambiental, el cual se refiere al grupo de actividades que proporcionan información ambiental química, física, geológica, biológica y otras requeridas por los especialistas en este ramo.

Debido a que se ha adquirido mayor conciencia de la importancia del monitoreo ambiental a lo largo del tiempo de vida de un proyecto, se ha enfatizado la planeación e implantación de programas de monitoreo.

Los componentes incluidos en la amplia definición del monitoreo ambiental abarcan: planeación de recolección de información ambiental que cumpla con los objetivos específicos y con las necesidades de información ambiental; el diseño de sistemas y estudios de monitoreo; la selección de sitios de muestreo; recolección y manejo de muestras; análisis de laboratorio; el almacenamiento y reporte de los datos; el asegurarse de la calidad de los datos; así como el análisis, interpretación y el poner la información al alcance de aquellos que toman las decisiones.

DEFINICIONES

Existen varias definiciones de monitoreo. Una de las más ampliamente aceptadas corresponde a la reunión intergubernamental de 1971, preparatorio de la conferencia de Estocolmo de 1972. En esa reunión se definió el monitoreo como "un sistema continuo de información, de mediciones y de evaluaciones para propósitos definidos". El hecho más importante a notar bajo esta definición, es que el monitoreo debe llevarse a cabo para "propósitos definidos". Estos propósitos deben ser vistos dentro del contexto de la administración ambiental.

Existe con frecuencia cierta confusión en cuanto a la diferencia entre monitoreo y vigilancia. En ciertos casos, la vigilancia se toma como el monitoreo llevado a cabo para observar tendencias, más que como apoyo de objetivo administrativo específico. sin embargo, en estudios epidemiológicos, la vigilancia ambiental o de salud, tiene un significado mucho más específico.

Harvey (1981) llevó a cabo un análisis extenso de la terminología usada en relación a monitoreo, ha demostrado que los términos monitoreo y vigilancia pueden significar cosas bastante distintas para diferentes usuarios. El uso más común aparenta ser amplio, abarcando tanto el monitoreo descriptivo, orientado a problemas, como el monitoreo reglamentario.

OBJETIVOS DEL MONITOREO

Los principales objetivos que persigue un sistema de monitoreo ambiental, (Marcus, 1979):

1. Advertir a los organismos involucrados en la operación de una determinada instalación, sobre los impactantes ambientales fuera de normas, así como sobre las tendencias de su comportamiento en el tiempo.
2. Proporcionar un sistema de información inmediata, cuando un determinado impactante ambiental se acerca a su nivel crítico.
3. Proporcionar información para determinar la localización, nivel y tiempo en que se presentan los impactos de una actividad. Las medidas de control involucran una planificación inicial y, la posible instrumentación de reglamentos y medidas, para asegurar su cumplimiento.

NIVELES DE MONITOREO

Se pueden cubrir extensiones geográficas diferentes dependiendo de la naturaleza del problema en cuestión y de la jurisdicción, estos niveles pueden ser los siguientes:

- Locales: Se extienden entre 0 y 100 Kilómetros como la contaminación del aire.
- Regionales: Se extiende entre 100 y 1,000 Kilómetros, como la contaminación de ríos.
- Continentales: Se extiende entre 1,000 a 10,000 Kilómetros como la contaminación del mar.
- Globales: Se extienden más de 10,000 Kilómetros como el calentamiento de la

atmósfera por la acumulación de monóxido de carbono y otros gases.

CLASES DE MONITOREO

Varias clases de monitoreo ambiental y de la salud se han estado poniendo en práctica entre ellas se mencionan las siguientes:

- Monitoreo de identificación
- Monitoreo de asociación
- Monitoreo de trayectoria
- Monitoreo de exposición
 - * de alimentos
 - * al agua potable
 - * a la contaminación del aire
 - * de la piel
 - * de objetivos (órgano blanco).

TIPOS DE MONITOREO

Dentro de los tipos de monitoreo se incluyen los vínculos a las fuentes de contaminación del ambiente físico y del natural.

- Monitoreo de fuentes de contaminación
 - * Monitoreo de emisión
 - * Monitoreo de proceso
- Monitoreo biológico
- Monitoreo Organismos bioaculadores

IMPORTANCIA DEL MONITOREO AMBIENTAL EN LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO

La utilización intensiva de la infraestructura requerida para la prestación de los Servicios de Aseo Urbano en cualquier localidad, implica la posibilidad de generar ciertos impactantes ambientales; los cuales pueden afectar tanto al medio ambiente como a la salud pública. Por tal motivo, se hace necesario efectuar un seguimiento ambiental de las operaciones que se realizan en dicha infraestructura, con el fin de identificar y evaluar la emisión de dichos impactantes hacia el entorno urbano.

Es decir que para operar adecuadamente estas instalaciones, es necesario establecer una serie de dispositivos para la medición y control de los impactantes ambientales, con el fin de mantenerlos dentro de ciertos niveles que permitan efectuar en forma segura y sin riesgos, la operación de las diferentes instalaciones requeridas para la prestación de los Servicios de Aseo Urbano.

Lo anterior es posible lograrlo mediante la instrumentación de Programas de Monitoreo Ambiental, con los cuales se pueda realizar la medición sistematizada de ciertos parámetros específicos, de suma importancia ambientalmente hablando.

Estos programas, deben incluir sobremanera las siguientes acciones:

- Identificación de impactantes ambientales, generados en los sistemas de aseo urbano.
- Evaluación de los riesgos potenciales derivados de la operación de dichos sistemas.
- Establecimiento de acciones mitigantes que impidan que dichos impactantes, afecten al ambiente y/o a la salud pública.

Dentro de los Programas de Monitoreo Ambiental es fundamental determinar claramente los parámetros a evaluar, de acuerdo a las características particulares de las instalaciones, así como dar prioridad a aquellos que presenten un mayor riesgo de afectación al ambiente y a la salud pública.

El equipo, materiales utilizados y técnicas empleadas durante el monitoreo, son aspectos que no deben de ser descuidados, ya que de esto dependerá en gran medida, el obtener resultados, válidos para realizar el análisis de las condiciones ambientales de la instalación; y con ello, poder implementar las acciones necesarias que conduzcan a un buen control de los impactantes.

PRINCIPALES IMPACTANTES AMBIENTALES GENERADOS EN INSTALACIONES EMPLEADAS PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Los principales impactantes ambientales, que pueden ser generados por la operación de las instalaciones destinadas a llevar a cabo la prestación de los Servicios de Aseo Urbano, se enlistan y describen a continuación:

- Ruido
- Olores
- Aerotransportables (polvos, partículas y microorganismos)
- Gases No-combustionados
- Desperdicios y Basura
- Desechos Líquidos
- Biogás
- Lixiviados

Asimismo, la operación misma de una instalación de este tipo, puede propiciar cuando no se hace adecuadamente, que se presenten los siguientes inconvenientes:

- Desarrollo de fauna nociva
- Incremento de tráfico vehicular
- Propiciar las afectaciones visuales
- Generar eventualidades ambientales

Estos inconvenientes pueden no solamente incrementar la generación de impactantes, sino

también propiciar problemas de queja pública e inquietud poblacional, lo cual puede dar por resultado, el cierre temporal o permanente de la instalación.

Por otro lado, dentro de las mediciones de los programas de monitoreo ambiental, deberá de considerarse la medición de radiactividad en los residuos, así como la medición de asentamientos y registro de movimiento de taludes; amén de registrar los parámetros meteorológicos más comunes.

Descripción de los Impactantes Ambientales.

La descripción de cada uno de los impactantes antes listados, se presenta a continuación:

- a) Ruido. Las principales fuentes generadoras de ruido, lo constituyen tanto los vehículos recolectores como los de transferencia. De acuerdo con mediciones que se han realizado en diferentes instalaciones, se ha determinado que el ruido generado por los diferentes dispositivos electromecánicos con que están equipados dichos vehículos, es el sonido que a mayor distancia puede ser escuchado. Por lo anterior, casi todas las instalaciones deben ser construidas con muros cerrados; y cuando ésta lo permita, deberán contar con techumbre (cerradas), para tratar de disminuir hacia el exterior los niveles de ruido generados por el funcionamiento de los vehículos antes mencionados; lo cual es la mejor manera de atenuar este impactante, ya que incluso los niveles de ruido pueden disminuir por debajo de los registrados en las vías vehiculares que circundan a la instalación. Lo anterior puede resultar contraproducente para el personal que labora en la instalación, ya que en lugares cerrados, el ruido se concentra a tal grado, que puede rebasar las normas establecidas para ambientes laborales; por lo que en estos casos, se recomienda suministrar a los empleados equipo para contrarrestar este impactante.

- b) Olores. Cuando en un ambiente cerrado llega a almacenarse basura por más de 24 hrs., o bien cuando la basura que llega a la instalación está en proceso de putrefacción, los olores sobre todo en sitios cerrados, llegan a ser molestos, incómodos e inaguantables; pudiendo

generar entre la población asentada en la vecindad de la instalación, una inquietud tal que se llegue a objetar su operación. Para minimizar este impactante, se aplican prácticas sencillas de limpieza, como son: el barrido diario de las instalaciones cerradas, así como la limpieza de pisos, paredes y equipos empleados cotidianamente.

- c) Aerotransportables. Como aerotransportables se pueden considerar tanto a los polvos y partículas, como a los microorganismos que se hallan en los residuos sólidos. La generación de este tipo de impactantes, se da justamente en el momento de la descarga de los residuos sólidos por los vehículos que los transportan. Considerando el caso particular de una estación de transferencia o de una instalación de tratamiento, se puede decir que estas instalaciones sustituyen en cierta forma a un relleno sanitario, por lo que en ocasiones es de esperarse una afluencia de vehículos y un tonelaje de basura semejantes a los que se registran en un sitio de disposición final. Por tal razón, si la instalación es de carga indirecta, se pueden alcanzar niveles de aerotransportables en los patios de maniobras, semejantes a los registrados en el frente de trabajo de un relleno sanitario. Estos niveles de aerotransportables, normalmente son mucho más bajos en instalaciones con sistemas de descarga directa. No obstante, si la instalación es abierta, la afectación ambiental al entorno que la circunda, causada por este tipo de impactantes, puede ser significativa.

Con base en lo anterior, se establece que el control de los aerotransportables en una instalación de tratamiento, es importante para evitar el deterioro ambiental que pueden causar, principalmente en su entorno inmediato. Este control, es vital cuando la instalación es cerrada, ya que además del impacto antes mencionado, los altos niveles de aerotransportables que se generan en los patios de maniobras, puede afectar severamente la salud de los trabajadores de dicha instalación.

Ahora bien, con base en lo antes indicado las medidas para el control de polvos y otros aerotransportables, incluyen una serie de dispositivos como los que a continuación se describen:

- Cabinas con aire acondicionado para los cargadores frontales que se utilizan en las instalaciones cerradas y abiertas.
- Sistemas colectores de polvos en instalaciones cerradas, que incluyen tanto extractores como filtros de aire.
- Sistemas de aspersión de agua en las tolvas de descarga, para precipitar los polvos que se generan en el momento de realizar la descarga de los residuos sólidos, en instalaciones cerradas.
- Dispositivos personales, para los empleados tanto de instalaciones cerradas como abiertas, con el fin de disminuir la inhalación de polvos que pueden contener bacterias, virus y microorganismos.

Además de todo lo anterior, se debe observar diariamente, la aplicación de una serie de normas tendientes a mantener siempre aseadas las instalaciones.

- d) Gases No-Combustionados. En el inciso anterior, se comentó que a una planta de tratamiento de residuos sólidos pueden arribar un número de vehículos recolectores, semejante al que llegaría a un relleno sanitario, por lo que las concentraciones de emisiones de gases no combustionados que se pueden registrar en una instalación de este tipo, pueden ser incluso mayores a los que se presenten en el relleno sanitario; debido a que en el frente de trabajo se da una dilución de los gases en la atmósfera, mientras que en la estación de transferencia, sobre todo si es cerrada, lejos de diluirse se concentran.
- e) Desperdicios y Basura. La propia operación de la instalación, sobre todo en algunos puntos críticos donde se hace la descarga de los residuos sólidos, puede generar desperdicios y basura que pueden generar a su vez, ratas y otros vectores dañinos a la salud pública. Este impactante puede considerarse como de poca importancia.
- f) Desechos Líquidos. Las diferentes actividades que se den en instalaciones cerradas, generan desechos líquidos (aguas negras), los cuales deben ser colectados y tratados convenientemente, para evitar generar algún impacto hacia el ambiente y la salud pública.

Es recomendable para disminuir el volumen de aguas negras a tratar, coleccionar las aguas pluviales con un sistema separado que evite el mezclarlas con las aguas negras, para después propiciar su infiltración al subsuelo. Asimismo, se recomienda utilizar agua tratada en los sistemas de aspersión para polvos, que deben instalarse en las tolvas de descarga. Este tipo de impactantes, no son de gran consideración.

- g) Biogás. El biogás es una mezcla de varios gases que son los productos finales de la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos por vía anaerobia.

Los elementos principales contenidos en el biogás son metano (CH_4), bióxido de carbono (CO_2) y ácido sulfhídrico (H_2S).

El biogás aparece ocasionalmente en la superficie con bajo contenido de CO_2 y un alto porcentaje de metano, así como oxígeno y nitrógeno; esto se debe a que el CO_2 es más pesado que el aire por lo cual tiende a quedarse en la parte baja del relleno, mientras que el metano por ser más ligero que el aire, tiende a buscar la superficie mezclándose con el O_2 y el N_2 del aire que se halla en los intersticios del suelo. El metano con el O_2 del aire, puede formar mezclas explosivas cuando se halla entre el 5 y el 15% en volumen.

Para el control del biogás, se deberá contar con instalaciones que permitan coleccionarlo y conducirlo a una instalación de quemado o aprovechamiento. Asimismo, se deberá contar con la infraestructura de monitoreo para detectar cuando ha migrado fuera de la vecindad del sitio donde se generó.

- h) Lixiviados. Los lixiviados se originan debido al paso del agua de lluvia a través de las capas de residuos sólidos que normalmente se encuentran en proceso de descomposición anaerobia. Es por ello que en la composición de los lixiviados, se encuentran elementos tanto en suspensión como en dilución, como lo son entre otros; sólidos en todas sus formas, sales, componentes orgánicos y en ocasiones metales pesados. La principal característica de los lixiviados es que presentan una alta carga orgánica como DBO y DQO, así como elevadas

concentraciones de cationes en forma soluble.

El método más adecuado para el control de los lixiviados es mediante su extracción controlada y recirculación dentro del propio relleno sanitario, con el fin de aprovechar los procesos de digestión que se llevan a cabo dentro de dicho relleno, ya que finalmente no es más que un gran reactor anaerobio.

Descripción de las afectaciones por una mala operación de la instalación.

Los inconvenientes propiciados por una mala operación de la instalación se describen a continuación:

- a) Desarrollo de fauna nociva. Cuando en una instalación, no se realizan en forma adecuada los programas de limpieza fundamentales para mantenerla aseada, es posible que pueda haber proliferación de una serie de vectores dañinos al ser humano como son: moscas, mosquitos, ratas y cucarachas entre otros. Es por ello que para evitar la presencia de estos vectores conocidos como fauna nociva, se deben mantener permanentemente aseadas las áreas y equipo de la instalación, así como realizar fumigaciones periódicas cada 30 días por lo menos.
- b) Incremento de tráfico vehicular. La ubicación y operación de una instalación, puede acarrear un incremento importante en el tráfico vehicular, no sólo en las vialidades inmediatas, sino en general en una zona que puede alcanzar en ocasiones una superficie importante. Por lo anterior, es importante considerar dentro de la planeación de una instalación de este tipo, no sólo las obras viales requeridas para evitar encolamientos y congestionamientos, como son los carriles de desaceleración, los distribuidores vehiculares, los puentes peatonales y los semáforos intermitentes; sino también las adecuaciones geométricas y los señalamientos verticales y horizontales, requeridos en el área de influencia vehicular de la instalación.
- c) Propiciar las afectaciones visuales. Una instalación construida sin considerar el paisaje de

la zona y el contexto urbano de la región por servir, puede traer como consecuencia, una afectación de la estética que sin ser impacto significativo, puede derivar en problemas de queja pública y la inquietud social, por la afectación al bienestar de la población circundante. Es recomendable por tanto, considerar para la instalación, un diseño arquitectónico acorde al paisaje y contexto urbano-ambiental de la zona donde se construirá la instalación.

d) Generar eventualidades ambientales. Una instalación que recibe residuos sólidos, que pueden contener materiales que en combinación con otros o bajo ciertas condiciones climatológicas, pueden generar explosiones o incendios entre otras eventualidades ambientales, debe contar con un sistema aleatorio de verificación vehicular, así como un área para el chequeo de la carga de los vehículos recolectores, amén del sistema contra incendios y equipo de respiración autónoma. Asimismo, en cualquier instalación donde se lleve a cabo algún manejo de residuos sólidos, esta expuesta a que se presenten contingencias que pueden derivar en eventualidades ambientales, de entre las cuales las de mayor significancia se enlistan a continuación:

- Descompostura de algún vehículo recolector o de transferencia, en cualquier parte de la instalación.
- Volcadura de algún vehículo recolector o de transferencia en cualquier punto de la instalación.
- Falla en el suministro de alguno de los servicios (agua, electricidad, drenaje, tratamiento de residuos líquidos).
- Falla en los sistemas de control de contaminantes.
- Sobrecarga en el volumen de desechos sólidos, que supere la capacidad de manejo de la instalación.
- Problemas de vialidad en los alrededores de la instalación.
- Aparición de algún residuo que requiere de algún manejo especial.
- Accidentes laborales.

Descripción de los Parámetros Complementarios asociados a los programas de monitoreo ambiental.

Los parámetros complementarios mencionados anteriormente, que deben ser considerados dentro de los programas de monitoreo ambiental, se describen a continuación:

- a) Radiactividad. Debido a que no existen rutas de recolección específicas por tipos de fuentes generadoras, normalmente los residuos sólidos generados en domicilios son recolectados conjuntamente con otro tipo de residuos que pueden presentar ciertos niveles de radiactividad, pudiendo poner en riesgo la salud del personal que interviene en la prestación de los servicios de aseo urbano.

Cuando se presenten en los vehículos recolectores niveles de radiactividad que rebasen los límites permisibles, se impedirá su acceso a las instalaciones.

- b) Asentamientos y Movimientos de Taludes. En los sitios de disposición final es importante llevar un registro de los deslizamientos que pueden presentar algunos taludes, así como de los asentamientos del propio relleno sanitario; ambos efectos por la estabilización de la basura en condiciones anaerobias.

En especial el registro del deslizamiento de los taludes debe seguirse con mucho detalle, ya que el no hacerlo, evita que se puedan predecir fuertes deslizamientos que no solamente afecten las instalaciones del relleno, sino que pueden cobrar vidas humanas.

- c) Parámetros Meteorológicos. Entre los principales parámetros meteorológicos que deben ser considerados dentro de las mediciones de los programas de monitoreo ambiental, podemos citar los siguientes:

- Temperatura ambiental
- Humedad relativa

- Precipitación pluvial
- Evaporación
- Dirección y velocidad de viento.

CRITERIOS RECTORES PARA LA INSTRUMENTACION DE PROGRAMAS DE MONITOREO AMBIENTAL

Criterios rectores para el monitoreo de instalaciones de tratamiento de residuos sólidos.

- Construir un puerto de muestreo para la medición de emisiones a la atmósfera.
- Ubicar plataforma para llevar a cabo la medición de aerotransportables de acuerdo con la normatividad.
- Seleccionar de acuerdo con la distribución de la instalación, los puntos de muestreo de impactantes tales como aguas residuales, residuos sólidos, ruido, etc.
- Establecer un programa de monitoreo para efectuar las mediciones necesarias cuando menos cada 3 meses.

Criterios rectores para el monitoreo de sitios de disposición final de residuos sólidos.

- Construir desde el mismo arranque del relleno sanitario, la infraestructura necesaria para la extracción de "biogás" y "lixiviados", evitando al máximo construirla al término de las diferentes etapas del relleno.
- Equipar el relleno sanitario con pozos de monitoreo de "biogás", con piezómetros de monitoreo de "lixiviados" cuando sea posible y con pozos de monitoreo de acuíferos cuando sea necesario.

- Llevar a cabo por lo menos trimestralmente, un programa de monitoreo que incluya tanto las instalaciones de extracción como las de monitoreo del sitio; determinando principalmente flujo, presión, explosividad y composición de biogás; así como flujo y composición de lixiviados. Además es importante llevar a cabo mediciones eventuales de algunos otros impactantes, como son ruido ambiental, partículas viables y totales, microorganismos en el ambiente, temperatura en pozos de monitoreo y parámetros meteorológicos.
- Establecer un control cartográfico para contar con un banco de información histórica, que nos permita ubicar sin ningún problema, los depósitos de basura por la fecha en que fue confinada dentro de las celdas del relleno.

PARAMETROS A DETERMINAR DENTRO DE LOS PROGRAMAS DE MONITOREO AMBIENTAL

Parámetros a determinar en las instalaciones para el tratamiento de residuos sólidos

IMPACTANTES	PARAMETROS A DETERMINAR
AEROTRANSPORTABLES	PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES. MICROORGANISMOS EN EL AIRE.
RESIDUOS AMBIENTALES	RUIDO.
RESIDUOS SOLIDOS	COMPOSICION FISICA, PESO VOLUMETRICO, RADIOACTIVIDAD. PODER CALORIFICO, HUMEDAD, CENIZAS, RELACION C/N, ETC.
AGUAS RESIDUALES	PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BIOLÓGICOS TALES COMO : pH, CONDUCTIVIDAD, DBO, DQO, DUREZA, ETC.
EMISIONES AL AMBIENTE	- PARTICULAS SOLIDAS TOTALES. - METALES PESADOS. - GASES DE EMISION, NO ₂ , SO ₂ - HCl, DIOXINAS, ETC. - EFICIENCIA DE COMBUSTIBILIDAD.

OTROS PARAMETROS RELACIONADOS CON EL MONITOREO AMBIENTAL:

- TEMPERATURA
- HUMEDAD RELATIVA
- PRESION ATMOSFERICA
- PRECIPITACION
- VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO

Parámetros a determinar en sitios de disposición final de residuos sólidos

IMPACTANTES	PARAMETRSO QUE SE DETERMINAN	AMBITO DE IMPACTO
BIOGAS	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , N ₂ , EXPLOSIVIDAD, TOXIXIDAD, TEMPERATURA Y FLUJO	ATMOSFERA
LIXIVIADOS	METALES PESADOS COMPUESTOS ORGANICOS OXIGENO DISUELTO pH, CONDUCTIVIDAD MICROORGANISMOS	ACUIFERO
AEROTRANSPORTABLES	PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES, MICROORGANISMOS	ATMOSFERA
RESIDUOS SOLIDOS	COMPOSICION FISICA, PESO VOLUME- TRICO, RADIOACTIVIDAD. PODER CALORIFICO, HUMEDAD, CENIZAS, RELACION C/N, ETC.	ENTORNO
RUIDO	INTENSIDAD DE RUIDO	ENTORNO

OTROS PARAMETROS RELACIONADOS CON EL MONITOREO AMBIENTAL:

- TEMPERATURA
- HUMEDAD RELATIVA
- PRESION ATMOSFERICA
- PRECIPITACION
- VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO

EQUIPOS EMPLEADOS EN LOS PROGRAMAS DE MONITOREO AMBIENTAL

Los principales equipos empleados en los programas de monitoreo ambiental, así como los parámetros que pueden ser determinados con dichos equipos se presentan a continuación:

IMPACTANTE	PARAMETRO	EQUIPO EMPLEADO
Biogás	Composición (CH ₄ , CO ₂ , N ₂ , O ₂)	Cromatógrafo de Gases
	Explosividad, Toxicidad	Detector de gases
	Temperatura	Termómetro de mercurio
	Flujo	
Partículas en Aire	Partículas Suspendidas Totales	Muestreador de Alto Volumen (Hi-Vol)
	Microorganismos en Aire	Muestreador Andersen
Ruido Ambiental	Ruido	Sonómetro
Radiación	Radiactividad (como Actividad)	Contador Geiger
Lixiviados	Metales Pesados	Espectrofotómetro
	Conductividad	Conductímetro
	pH	Potenciómetro
	Oxígeno disuelto	Oxímetro
Gases No-Combustionados	Hidrocarburos, NO _x , CO _x , etc.	Cromatógrafo de Gases

Otros equipos empleados en el monitoreo, son entre otros, los empleados para realizar mediciones en zonas de difícil acceso ó ambientes contaminados. Este tipo de equipos se emplean, generalmente, en situaciones de emergencia y son los siguientes:

EQUIPO	PARAMETROS A DETERMINAR	APLICACION
Equipo de Respiración Autónoma	(*)	Ambientes donde se detecta presencia de elementos tóxicos ó deficiencia de oxígeno.
Cromatógrafo de gases portátil	Composición de biogás Compuestos orgánicos	Zonas de difícil acceso, como cavernas o grutas.
Explosímetro	Explosividad Toxicidad Oxígeno	Para determinar ambientes con deficiencia de oxígeno o con altos niveles de explosividad.
Termocupla	Temperatura	Determinación de temperaturas altas en suelo o residuos.
Teodolito	Asentamientos y Movimientos de taludes	Sitios de disposición final.
Extractor	(*)	Ambientes con deficiencia de oxígeno o con elevados niveles de explosividad.
Estación Meteorológica	Precipitación Pluvial Evaporación Dirección y Velocidad del Viento	Determinación de parámetros meteorológicos.

(*) Aunque no determinan ningún parámetro, se consideran indispensables, sobre todo en caso de emergencia.



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

CURSOS ABIERTOS

**TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES
Del 7 al 11 de noviembre de 1994**

SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE ORGANICOS

EXPOSITOR: ING. JORGE SANCHEZ GOMEZ

TEMA : SISTEMAS DE
APROVECHAMIENTO DE
ORGANICOS.

ANEXOS

JORGE SANCHEZ GOMEZ
EXPOSITOR.

**Table 2 Total amounts of nutrients
in compost (dry weight basis).**

Nutrients	Admissible Levels (minimum)
N	0.6%
P ₂ O ₅	0.5%
K ₂ O	0.3%
CaO	2.0%
CaCO ₃	3.0%
MgO	0.3%

Table 1 Compost characteristics according to the grade of marketable product.

Sieve Size	Maximum Inerts (% dry wt)		Maximum Moisture		Biodegrad. Org. Matter (Minimum) % dry wt			
	mm.	Glass	Plastic	%	A	B		
Grade		A	B	A	B	A-B	A	B
Very fine	8	1	0.1	0.4	0.2	30	20	30
Fine	16	2	1	0.8	0.4	35	25	35
Medium	24	4	2	1.6	0.8	40	30	40
Coarse	40	6	3	3.5	1.6	50	35	45

Values listed under columns A represent today's situation; Those of columns B represent target values at which to aim for the development of the process and product.

Table 3 Limiting values for heavy metals in relation to concentration in compost.

	Maximum in Compost (mg/Kg dry wt)			Maximum Load Year ³		Maximum in Soil ³	
	standard collection ¹		separate collec. ²	Kg/ha		mg/Kg R	dry wt M
	R	M		R	M		
Zn	1000	1500	240	25.0	30.0	150	300
Pb	750	1000	160	10.0	15.0	50	100
Cu	300	500	40	10.0	12.0	50	100
Cr	150	200	30	10.0	—	50	—
Ni	50	100	10	2.0	3.0	30	50
As	—	—	—	0.35	—	20	—
Hg	5	5	0.5	0.40	—	2	—
Cd	5	5	1	0.10	0.15	1	3

Annual addition and content in agricultural soils to which compost is applied. R and M values refer, respectively, to recommended and mandatory limits.

¹Flemish Public Waste Company (VAM) limits for compost use in Agriculture: requested maximum levels relative to use on food crops (R in this case) or on ornamentals (M).

²Results of separate collection of degradable organic fraction of MSW in de Bilt, Netherlands (VAM).

³Proposal for the EEC Council Directive (25-5-1984) for the use of sludge in agriculture.

rosos resultantes da fase anaeróbia. O brasileiro E. J. Kiehl²⁰, em 1979, estudando o composto do lixo, também propôs uma versão mais dinâmica do sistema Indore. O trabalho de Kiehl é, com certeza, mais indicado para os nossos dias, pois o composto é preparado com auxílio de equipamentos comuns nas fazendas e propriedades de pequeno e médio porte. Kiehl, inclusive, recomenda utilizar todo e qualquer tipo de resíduo orgânico, como cana de milho, soqueira de arroz, capim de corte, cafezais, bananais, além de resíduos de origem animal, como o esterco de gado, porcos e aves. O modelo de Kiehl, além de prático e higiênico, concorre em custos com os demais sistemas dinâmicos existentes.

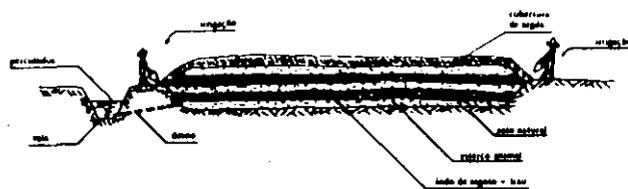


Figura 19 Sistema Indore.

4.5.3 Sistema Beccari

Desenvolvido por Giovanni Beccari, em 1922, Florença, Itália, trata-se de um processo biologicamente misto. Os resíduos são confinados primeiro em células fechadas, onde, por ação das bactérias anaeróbias, a matéria orgânica é decomposta. Em seguida, um fluxo contínuo de ar é introduzido no meio, modificando suas características biológicas, pois, com a presença do ar, os microrganismos aeróbios são favorecidos e passam a dominar o processo. O tempo de processamento depende de diversos fatores, como a temperatura, umidade, pH, teor de matéria orgânica, relação carbono/nitrogênio, potencial de oxidação-redução

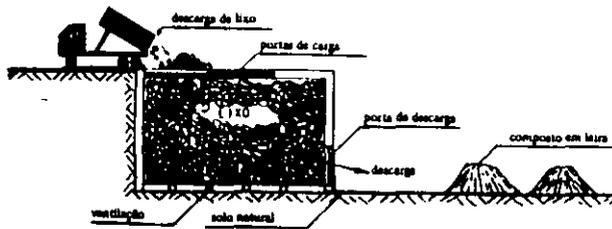


Figura 20 Sistema Beccari (perfil da célula).

etc. Uma afirmação efetiva sobre o tempo de digestão é difícil. Em termos de prática operacional, varia de 40 a 180 dias. A figura 20 mostra alguns detalhes do sistema em questão.

4.5.4 Sistema Fermascreen

Desenvolvido na Inglaterra, em Epson, consiste no preparo inicial do lixo por meio de moedores de martelos; em seguida, os resíduos triturados são dispostos em tambores hexagonais de parede dupla, onde três de seus lados são providos internamente de peneiras. À medida que os tambores são acionados os resíduos passam através da malha favorecendo a aeração e a separação gradual do material miúdo e graúdo. Com o constante revolvimento dos tambores, a digestão se processa de forma acelerada (três a cinco dias). Algumas vezes, água é introduzida na massa para estabelecer a umidade ótima do processo. Maiores detalhes deste processo são mostrados na figura 21.

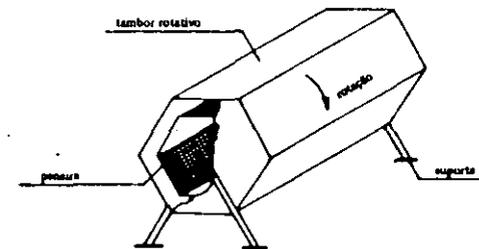


Figura 21 Detalhes dos tambores do sistema Fermascreen.

4.5.5 Sistema CETESB

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB²¹, em agosto de 1977, durante o Seminário Regional Sobre Coleta e Destinação do Lixo promovido pela Prefeitura de Ribeirão Preto, propôs um processo simplificado de tratamento de lixo, destinado a atender pequenas cidades, com a utilização simultânea da técnica de aterro sanitário e compostagem.

A figura 22 mostra de forma simplificada o sistema. Como se observa, o método envolve cinco fases: descarga do lixo pelos veículos coletores; manejo e alimentação; peneiramento; formação de leiras e aterramento dos rejeitos.

Os resíduos são inicialmente dispostos no local de descarga onde um trator de esteiras, munido de pá carregadeira, alimenta uma moega dosadora. Na moega dois operários se encarregam de descartar os resíduos

tivo para queimar os rejeitos. Também foi modificado o sistema de preparação da polpa, substituído por um classificador rotativo. Assim, com estas alterações, o sistema passou a ser um processo de digestão a seco, sem a mistura de água enriquecida ou lodo de esgoto. O pesquisador conseguiu, ainda, transformar o sistema em um processo integral de destino final, sem gerar rejeitos, pois conforme mostra a figura 30, os rejeitos são incinerados e a cinza resultante é diretamente introduzida no digestor, servindo como um estabilizador do pH da massa em fermentação.

Este novo processo, diferindo do sistema original de sete fases, apresenta onze fases distintas:

- 1) Descarga do lixo na fossa metálica
- 2) Triagem manual
- 3) Seleção eletromagnética
- 4) Prensagem dos metais ferrosos
- 5) Trituração primária
- 6) Classificação automática do material orgânico e inorgânico
- 7) Separação de vidros e materiais pesados
- 8) Refinação final – trituração secundária
- 9) Digestão aeróbia a seco
- 10) Maturação em pátio
- 11) Incineração dos rejeitos

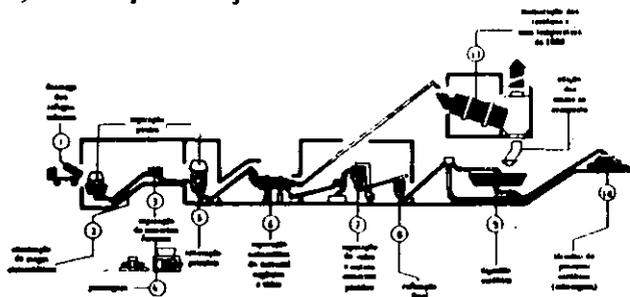


Figura 30 Sistema de compostagem de lixo domiciliar – Fairfield-Hardy-Di Bartolomeis. *Implantação suatimento, Manaus produziõne composta, Milão, 1975.*

Das modificações propostas por Di Bartolomeis no sistema original pode-se comentar:

6) *Classificação automática do material orgânico e inorgânico.* Função que substitui a preparação da polpa. O classificador consiste de um cilindro horizontal, metálico, medindo 12 m de comprimento por 3,5 m

de diâmetro, provido internamente de uma peneira e pás fixas que servem para distribuir a massa. Os resíduos leves seguem por uma esteira secundária até o forno rotativo. Os materiais pesados e miúdos seguem por outra esteira até o ciclone de separação de vidros e inertes.

7) *Separação de vidros e materiais pesados.* É realizada por meio de um ciclone, onde os materiais pesados caem por gravidade e os leves são arrastados pela ação da corrente de vento proporcionada por um soprador de ar anexado a ele. Os materiais pesados arrastam também determinada quantidade de matéria orgânica formando o chamado adubo de segunda, também utilizado na agricultura. O material orgânico vai para o digestor por meio de uma esteira transportadora helicoidal metálica.

9) *Digestão aeróbia a seco.* Esta foi uma das grandes vantagens introduzidas por Di Bartolomeis, pois a digestão a seco dispensa o uso de secadores, além de reduzir o tempo médio de digestão e o cheiro desagradável que ela produz por via úmida.

10) *Incineração dos rejeitos.* Com esta operação, o balanço operacional do sistema inicial foi completamente modificado, conforme mostra a tabela 22.

Tabela 22 Balanço operacional do sistema Fairfield-Hardy-Di Bartolomeis.

Material reciclado do lixo	% (em peso)
Composto orgânico + cinza	55,91
Metal ferroso	3,11
Plástico fino e grosso	1,19
Vidro, terra e inertes	2,46
Metais não-ferrosos	0,01
Produtos volatilizados	37,32

Di Bartolomeis, com suas modificações, tornou o sistema realmente eficiente do ponto de vista sanitário e ecológico.

4.5.13 Sistema Fairfield-Hardy-Lima

Em 1979 L. M. Q. Lima³⁰ propôs, na cidade de Manaus, uma modificação do sistema Fairfield-Hardy-Di Bartolomeis, visando eliminar os problemas que este apresenta quanto à incineração dos rejeitos. Com apenas um ano de funcionamento, o forno de incineração dos rejeitos apresentou sérios problemas que levaram à sua desativação. Tentando fazer funcionar o forno, Lima verificou que o problema estava no poder calorífico do lixo de Manaus. Iniciou-se uma série de estudos para

7) *Compostagem em leiras*. O material orgânico é levado para uma estação de compostagem onde se decompõe em leiras. Revolvimentos periódicos da massa em fermentação favorecem a digestão e aceleram o processo.

O sistema digerido pela Comlurb apresenta-se hoje de forma eficiente devido às sensíveis modificações introduzidas por seus pesquisadores. Segundo afirma J. H. R. P. Monteiro²⁴, as modificações efetuadas pelo grupo de pesquisa permitiram uma eficiência em torno de 97%, ou seja, apenas 3% do lixo bruto que entra no sistema não tem aproveitamento econômico. Este dado torna o sistema um dos mais eficientes do mundo.

4.5.10 Sistema Dano

O sistema Dano²⁷ é um dos processos de compostagem mais utilizados no mundo. No Brasil existem sete usinas instaladas, perfazendo um total de 21 unidades de bioestabilização que tratam, aproximadamente, 39 milhões de kg por mês de lixo. (Dano do Brasil S. A. Indústria e Comércio²⁴).

O sistema compreende, basicamente, seis funções principais: recepção, triagem manual, seleção eletromagnética, bioestabilização, peneiramento e cura do composto em pátio, conforme descrição a seguir:

1) *Recepção*. Os resíduos são diretamente dispostos na fossa, que é provida de um chão móvel que bascula os resíduos em uma esteira transportadora, alimentando o sistema.

2) *Triagem manual*. A triagem é realizada de modo semelhante ao sistema Comlurb em esteiras apropriadas.

3) *Seleção eletromagnética*. Os metais ferrosos são reciclados através de um eletroímã tipo Over-Band, disposto sobre a correia de triagem.

4) *Bioestabilização*. Esta é a parte mais importante do sistema, onde os resíduos orgânicos são fermentados para formar o composto. O bioestabilizador é um cilindro metálico rotativo, medindo de 25 a 30 m de comprimento e 3,5 m de diâmetro. O cilindro gira continuamente, fazendo com que o lixo seja triturado por abrasão. O tempo de retenção da massa no bioestabilizador varia de 2 a 3 dias. Neste período, a temperatura, umidade e pH do meio são controlados. Para que a decomposição se realize de forma aeróbia, introduz-se ar na massa. Em épocas de estiagem costuma-se adicionar água para manter a integridade do processo. As condições especiais inerentes ao sistema o tornam eficiente e bastante ágil em relação aos outros sistemas.

5) *Peneiramento*. Após a fermentação no bioestabilizador os resíduos são peneirados e as partículas inertes, como vidros, pedras e cascalhos, são removidas e destinadas ao aterro.

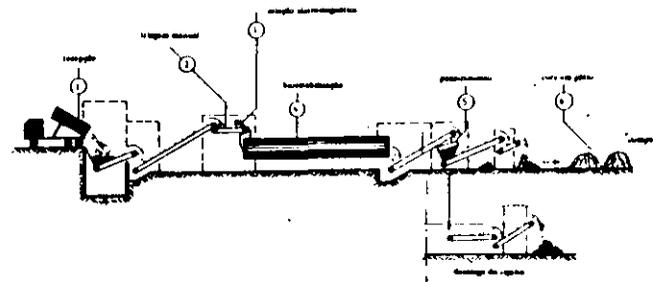


Figura 27 Sistema Dano.

6) *Cura do composto em pátio*. O composto, livre dos inertes, é posto em pátio para maturação, onde permanece pelo período de 60 a 120 dias.

A vantagem do sistema Dano está no tempo gasto na bioestabilização ou fermentação da matéria orgânica, que é relativamente curto se comparado com outros sistemas similares. Outro ponto de importância neste sistema é a possibilidade de ampliação da capacidade de processamento, pois o mesmo é construído em linhas distintas, podendo ser ampliado sem qualquer impedimento ou paralisação.

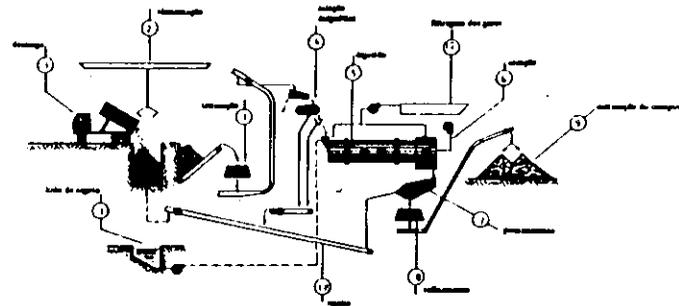


Figura 28 Sistema Dano modificado.

As desvantagens estão relacionadas aos custos de implantação e manutenção. Além disso, prendem-se às implicações com a comercialização de reciclados, pois as receitas das vendas do composto e outros produtos triados não chegam a cobrir os custos de manutenção. Isso se for considerado tão somente o resultado operacional do sistema, pois quando os benefícios diretos e indiretos (saneamento do meio, redução dos problemas ambientais causados pela disposição inadequada de lixo, retorno da matéria orgânica ao solo como um produto condicionador etc.) são considerados, o sistema passa a ser altamente vantajoso.

Outra desvantagem do processo deve-se à produção de rejeito que chega a ser superior a 35% do total de lixo que entra no sistema. O rejeito, quando em volumes elevados, pode constituir-se num sério problema pois tem baixa densidade, além de envolver soluções adicionais de custos elevados.

A figura 28 mostra uma modificação interessante do sistema, usando-se lodo de esgoto simultaneamente com lixo.

4.5.11 Sistema Fairfield-Hardy

Desenvolvido nos EUA, por Fairfield & Hardy^{28,29}, na década de 60, o sistema encerra sete fases:

1) *Recepção*. Os resíduos são diretamente dispostos em um silo metálico provido de uma esteira dosadora que alimenta o sistema.

2) *Triagem manual*. Plásticos, garrafas, latas, colchões, madeiras etc., são separados manualmente em uma esteira apropriada para esta operação. Os catadores ficam posicionados na lateral da esteira sobre uma plataforma ajustável.

3) *Seleção eletromagnética*. Os metais ferrosos não reciclados na triagem manual são automaticamente separados por um eletroímã tipo over-band disposto sobre a extremidade da esteira de triagem. Os metais são lavados e a seguir prensados e estocados.

4) *Preparação de polpa*. Os resíduos orgânicos livres de partes inertes são homogeneizados e misturados com lodo de esgoto ou água enriquecida com nutrientes, formando-se uma polpa apropriada à fermentação.

5) *Digestão*. É a parte mais importante deste sistema; realiza-se em um digestor vertical que consiste de um cilindro de concreto armado com 40 m de diâmetro e 2 m de altura, provido de um braço mecânico giratório; este possui aeradores que revolvem a massa continuamente. Durante a fermentação, a temperatura, a umidade e o pH da massa são continuamente controlados, e o processo é realizado no estágio termofílico (60 °C), pois as bactérias aeróbias são as responsáveis pela digestão. A aeração da massa é mantida em 10% pela introdução de ar através de compressores. O tempo gasto para a digestão varia de 5 a 8 dias, dependendo da velocidade de aeração e do enriquecimento da massa. A figura 29 mostra maiores detalhes deste sistema.

6) *Estocagem e armazenamento*. O composto, depois de digerido, vai para um silo de estocagem e de lá para o pátio de cura, onde permanece por mais 60 a 120 dias até atingir a maturação.

7) *Peletização*. Uma das formas de reduzir os custos com transporte do composto proposta pelos autores foi a peletização do mesmo, conforme mostrou a figura 29.

Como resultado operacional deste sistema podem-se obter diversos

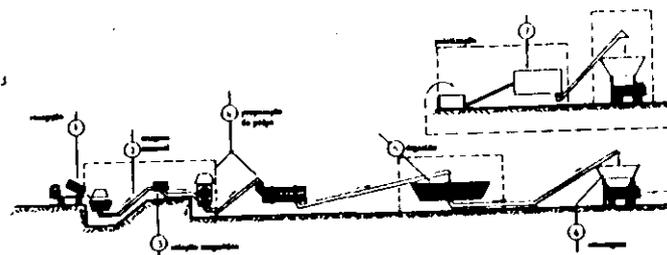


Figura 29 Sistema Fairfield-Hardy.

produtos: plásticos finos e grossos, papel e papelão, metais ferrosos, metais não-ferrosos, vidros, trapos, madeiras, compostos orgânicos e rejeito. Um balanço deste sistema é mostrado por L. M. Q. Lima³⁰ na tabela seguinte:

Tabela 21 Balanço operacional do sistema Fairfield-Hardy.

Material reciclado do lixo	% (em peso)
Composto orgânico	49,33
Metal ferroso	3,11
Plástico fino e grosso	1,19
Vidro, terra e inerte	2,46
Metais não-ferrosos	0,01
Rejeito	43,90

A tabela 21 mostra que o modelo em questão recicla 56,10% do lixo processado e rejeita 43,90%. Este rejeito é normalmente encaminhado aos aterros, e sua disposição resulta em custos elevados por seu baixo peso específico que é de 120 kg/m³. Desse modo, o rejeito se constitui em uma desvantagem deste sistema e, dependendo do volume de lixo tratado, pode se constituir num ponto de estrangulamento.

Várias tentativas foram feitas ao longo destes anos no sentido de solucionar o problema do rejeito; algumas delas chegam a eliminar quase que totalmente o problema, conforme pode-se verificar nos trabalhos de Di Bartolomeis³¹ e de L. M. Q. Lima³⁰, mostrados nos itens que se seguem.

4.5.12 Sistema Fairfield-Hardy-Di Bartolomeis

Em 1969, Di Bartolomeis, em Milão, na Itália, propôs uma modificação no sistema original Fairfield-Hardy, introduzindo um forno rota-

te moída é transferida para o pátio de fermentação e cura por meio de um sistema móvel de transportadores horizontais que facilita a distribuição da massa no pátio.

No pátio de fermentação, os resíduos são continuamente revolidos por um equipamento especialmente construído para esta finalidade, *revolvedor de leiras*, que consiste de uma unidade móvel dotada de uma pá, um guindaste e uma esteira transportadora que desenvolve três velocidades. O tempo gasto na compostagem varia de 6 a 8 meses, sendo este um dos fatores limitantes do processo. O composto é integralmente vendido aos agricultores.

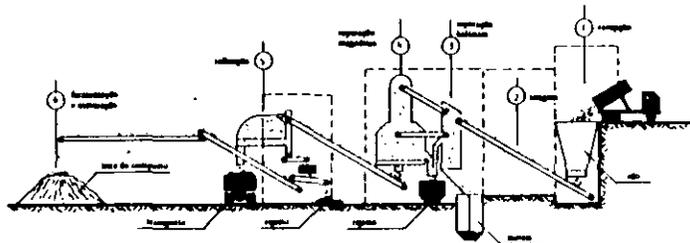


Figura 25 Sistema Arnhem.

4.5.9 Sistema Comlurb

Em 1977 foi instalado no Rio de Janeiro pela Comlurb – Companhia Municipal de Limpeza Urbana, um sistema de tratamento de lixo visando sua industrialização na forma de reciclados. O processo encerra sete fases principais: descarga e recepção dos resíduos; estocagem e alimentação; triagem manual e embalagem dos produtos reciclados; trituração; seleção eletromagnética dos metais ferrosos; desestanhão dos metais e compostagem em leiras. A figura 26 mostra mais detalhadamente o sistema a seguir descrito:

1) *Descarga e recepção dos resíduos.* Os resíduos são descarregados diretamente na fossa de recepção após a pesagem e identificação do veículo e operadores.

2) *Estocagem e alimentação.* Os resíduos são estocados em dois silos com capacidade para receber 270 m³ cada um. Os silos são providos de sistema de nebulização de água misturada com desodorizante para amenizar os odores. Também contam com sistemas de drenagem para escoamento dos líquidos oriundos do próprio lixo ou de limpeza eventual. O sistema de alimentação consiste de uma ponte rolante dotada de uma caçamba tipo pólipo e de uma esteira metálica dosadora. A caçamba

tipo pólipo retira o lixo dos silos e o deposita na tremonha de recepção. O tempo gasto para realizar um ciclo é de 2 minutos. A esteira de alimentação tem velocidade variável, permitindo ajuste na triagem e recebimento do lixo.

3) *Triagem manual e embalagem dos produtos reciclados.* A esteira de alimentação deposita os resíduos diretamente na esteira de triagem, que tem doze postos de catação que consistem de plataformas de alturas reguláveis, onde os operários realizam a separação dos produtos. Os quatro primeiros postos são providos de esteiras que transportam papel, papelão e plásticos, até a prensa e áreas de estocagem. Na prensa, estes produtos são enfardados em blocos de 1 x 0,5 x 0,65 m, pesando de 180 a 210 kg os plásticos, e 150 a 200 kg os papéis e papelões. Os outros seis postos são destinados à triagem de vidros (claros e escuros), couros, trapos, metais não-ferrosos e outros produtos prejudiciais ao moinho, como pneus, colchões, arames, produtos cerâmicos etc. Estes produtos reciclados são dispostos em containers e, a seguir, transportados para os locais de estocagem e comercialização.

4) *Trituração.* Os resíduos livres de inertes são triturados em um moinho de martelos tipo Gondart, com capacidade para moer 20 t de lixo bruto por hora. Este moinho é provido de uma chaminé balística, que permite o descarte dos materiais não moídos.

5) *Seleção eletromagnética dos metais ferrosos.* A separação dos metais ferrosos é realizada por dois equipamentos: eletroímã tipo Over-Band e uma polia eletromagnética.

6) *Desestanhão dos metais.* Depois de separados os metais são submetidos à incineração no forno rotativo. O forno opera a 300 °C e tem capacidade para incinerar 9 m³ por vez.

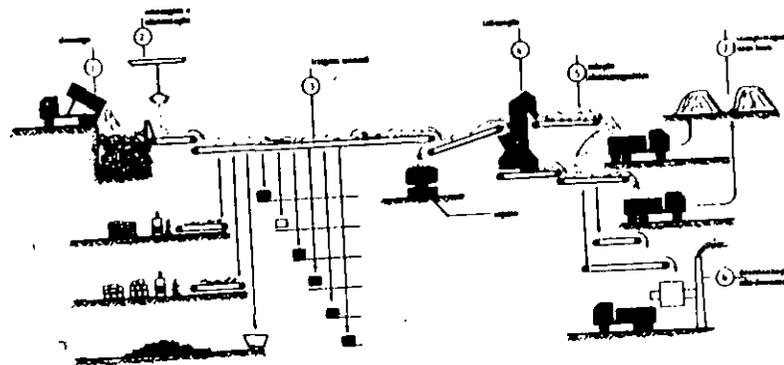


Figura 26 Sistema Comlurb - Usina do Rio de Janeiro.

2) *Trituração primária.* A esteira transportadora leva os resíduos até um grupo de dois trituradores de martelos que refinam a massa formando uma polpa apropriada à digestão.

3) *Seleção eletromagnética.* Após a trituração a massa é transportada verticalmente por uma correia especial, transportadora de caneca, até um tanque de estocagem de polpa. Antes da descarga, porém, um eletroímã, disposto sobre a esteira, retira todos os componentes metálicos que são prensados e vendidos.

4) *Homogeneização ou preparação da polpa.* A massa finamente moída e livre de partes metálicas é introduzida no tanque, misturada com lodo de esgoto ou outros líquidos ricos em nutrientes, até formar uma polpa homogênea e de fácil digestão. O tanque de preparo da polpa é provido de pás acionadas por motores elétricos. Há também no tanque um sistema de tubulação que serve para irrigar a massa. O tempo gasto no preparo da massa varia de 4 a 6 horas, dependendo da velocidade do sistema de homogeneização.

5) *Digestão ou fermentação.* Do tanque de homogeneização a massa é transportada por esteiras verticais até o digestor, que consiste de oito compartimentos, onde a polpa é gradualmente disposta em camadas. Por intermédio de um raspador, a massa é transferida de um compartimento a outro. Durante o processo de digestão, que ocorre no percurso da polpa no interior do digestor, a temperatura, o pH, a umidade e outros fatores são continuamente controlados por aparelhos dispostos em cada compartimento. No digestor costuma-se também adicionar nutrientes na forma solúvel para ativar a flora bacteriana. A temperatura é mantida, termostaticamente, por resistências elétricas, no estágio termofílico. S. Varro²² verificou que determinados grupos de bactérias digerem mais rapidamente a massa quando a temperatura do meio fica próxima de 55 °C. Desse modo, em seu processo, procurou estimular o desenvolvimento destes microrganismos, primeiro reduzindo a dimensão da partícula, depois ativando os mecanismos naturais com a ação de calor. Varro estudou também o efeito da umidade e do pH no preparo do composto. A umidade final foi estabelecida em torno de 50% e o pH entre 5,6 e 7,5. O período de retenção da massa no digestor varia de 48 a 60 horas. No sistema instalado em Nova Iorque pela Ecology, Inc., cada plataforma do digestor mede 54 m de comprimento por 3,6 m de largura e os resíduos percorrem 432 m de plataforma, do início até o final do processo.

6) *Peneiramento.* Após a digestão, o composto é peneirado em peneiras vibratórias onde os vidros, pedras e outras escórias são removidos integralmente.

7) *Secagem.* O composto, livre das partículas inorgânicas, é subme-

tido a secagem, mantendo-se um teor de umidade não inferior a 12%.

8) *Acondicionamento e uso do composto.* O produto final do sistema Varro pode ser enfardado, peletizado ou granulado, dependendo do fim a que se destina. A planta instalada pela Ecology, Inc. utiliza o composto como enchimento de paredes pré-fabricadas e no preparo de tijolos e blocos para construção civil. Vários estabelecimentos residenciais e industriais foram construídos com tijolo de lixo.

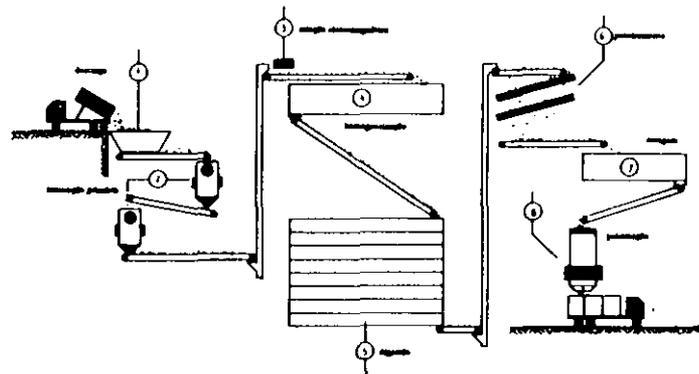


Figura 24 Sistema Varro.

4.5.8 Sistema Arnhem

No ano de 1961, em Arnhem, os holandeses instalaram um sistema simplificado para tratamento de lixo²³. Este processo consiste de: recepção, triagem manual, separação balística de substâncias pesadas, separação eletromagnética de metais ferrosos, refinação e fermentação e maturação em leiras. Como mostra a figura 25, os resíduos são, inicialmente, dispostos na fossa metálica provida de um extrator de esteiras que transfere toda a massa para duas esteiras paralelas, apropriadas à triagem manual, onde plásticos, vidros, madeiras etc., são removidos manualmente. Os remanescentes são submetidos a um sistema de separação balística de arremesso, onde os componentes miúdos pesados são gradualmente separados. Estes são, em seguida, levados para áreas de aterro sanitário. A massa restante, livre de vidros, pedras, madeiras e plásticos passa por um eletroímã rotativo que recolhe os metais ferrosos; estes são prensados e comercializados no próprio estabelecimento. O material restante é submetido a trituração primária por um sistema especial de raspadores denominados *Dorr-Oliver*, onde os resíduos são fragmentados em pequenas partículas (0,1 a 5,0 cm). A massa finamen-

volumosos, como colchões, caixas de madeira, pneus, troncos etc. O material restante é continuamente empurrado para dentro da peneira. Na peneira, os resíduos finos atravessam a malha e se acumulam logo abaixo, enquanto os graúdos e volumosos são descartados na extremidade oposta ao carregamento.

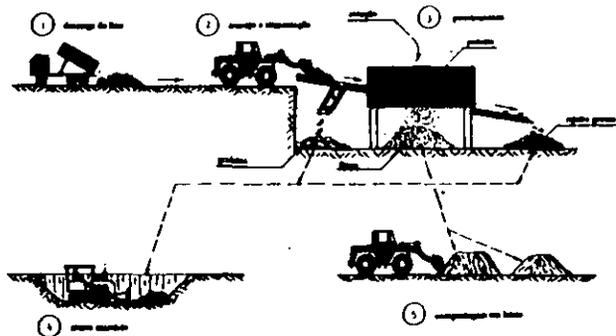


Figura 22 Sistema CETESB.

Quando a quantidade de finos for suficientemente grande, o trator os remove para a área de maturação, onde são formadas pilhas com 3 a 4 m de largura por 1,5 a 1,8 m de altura, por comprimento indeterminado. Como descrito no sistema proposto por Kiehl em 4.5.17, o lixo enleirado é periodicamente revirado e decomposto formando o adubo orgânico. O tempo de compostagem é o mesmo do processo de Kiehl.

Os rejeitos volumosos e os materiais não-biodegradáveis previamente triados são destinados ao aterro sanitário.

4.5.6 Sistema Carel-Fouché-Languépin

Desenvolvido na França, na década de 50, consiste de cinco fases distintas: recepção, trituração, peneiramento, digestão e maturação ou cura em pátio. Este sistema é característico dos modelos mais complexos, destinados às cidades de maior porte com capacidade para tratar acima de 80 t de lixo por dia.

Como pode ser observado na figura 23, o lixo é disposto inicialmente na fossa de recepção, revestida com argamassa de cimento e areia (traço 1:2). A fossa tem ainda um sistema de drenagem de líquidos e uma escada de acesso para eventuais inspeções. O lixo é removido da fossa por uma caçamba tipo pólipio que alimenta uma tremonha provida de esteira transportadora metálica. À medida que o lixo é disposto na tremonha, a esteira é acionada alimentando o moinho. No moinho os resí-

duos são triturados pela ação dos martelos resultando em pequenas partículas (1 a 7 cm). Como no lixo existem materiais não-biodegradáveis como plásticos, vidros, latas etc., os remanescentes da trituração são submetidos a peneiramento, que consiste de um tambor rotativo contendo internamente uma peneira que separa os componentes miúdos pesados dos graúdos leves. Os componentes leves como papéis, papéões, madeiras, latas etc. são transferidos para aterro ou reciclados manualmente e os componentes finos são levados ao digestor para formar o composto.

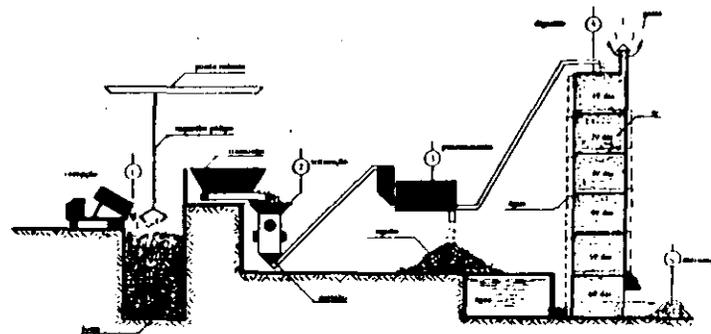


Figura 23 Sistema Carel-Fouché-Languépin.

O digestor deste processo consiste de uma torre de fermentação, formada de seis plataformas distintas. A cada dia os resíduos em fermentação são lançados na plataforma (célula) inferior, onde uma massa de ar é continuamente introduzida por entre os resíduos acelerando a digestão. Em cada célula, quando necessário, também se adiciona água à massa para manter a umidade ideal. Ao final do sexto dia o composto digerido está pronto e segue para o pátio de maturação.

4.5.7 Sistema Varro

Desenvolvido por Stephen Varro, em Massachusetts, no ano de 1970. O sistema é similar ao descrito no item 4.5.6, porém com significativas modificações tanto no mecanismo de transporte interno como na forma de armazenamento. A figura 24 mostra mais detalhes sobre o sistema.

Diferindo do sistema Carel-Fouché-Languépin, este processo encerra oito fases distintas, a saber:

1) *Descarga e recepção do lixo.* Os resíduos são descarregados diretamente em fossa metálica ou de concreto provida de uma esteira transportadora que alimenta o sistema.



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

CURSOS ABIERTOS

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

**IMPACTO AMBIENTAL DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

ING. VICTOR JAVIER GUTIERREZ AVDOY

La evaluación del impacto ambiental como instrumento de planeación tiene su primer antecedente en la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, la cual aunque no contenía el mecanismo preventivo del impacto ambiental, contemplaba algo semejante en materia de protección a los suelos. Efectivamente, el artículo 28º de este ordenamiento prescribía que:

La utilización y explotación de los suelos para fines urbanos, industriales, agropecuarios, recreativos y otros, deberán realizarse con sujeción a las leyes y reglamentos existentes y a los que al efecto dicte el Ejecutivo federal....., las obras e instalaciones necesarias para llevar a cabo dicha utilización y explotación, deberán ser sometidas a la aprobación de la Secretaría de Salubridad y Asistencia por conducto de las dependencias a las que se refiere esta Ley, a fin de evitar la contaminación, erosión, degradación o destrucción de los suelos.

Posteriormente, en la Ley de Obras Públicas de diciembre de 1980, se señala en su artículo XIII

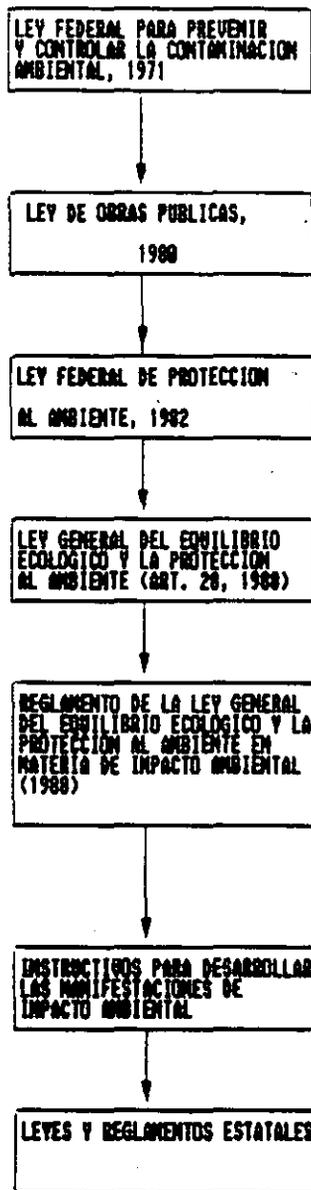
En la planeación de la obra pública, las dependencias y entidades deberán prever los efectos y consecuencias sobre las condiciones ambientales. Cuando éstas pudieran afectarse, los proyectos deberán incluir lo necesario para que preserven, restauren o mejoren las condiciones ambientales y los procesos ecológicos. Para estos efectos deberán intervenir las dependencias del Ejecutivo federal con atribuciones en la materia.

Bajo este esquema, únicamente los proyectos que las dependencias federales desarrollarán estaban sujetos a presentar su manifestación de impacto ambiental, siempre y cuando la autoridad (Unidad de Análisis de Obra Pública e Impacto Ambiental de la Subsecretaría de mejoramiento del Ambiente) considerará necesaria su presentación.

Posteriormente, en el año de 1982 entró en vigor la Ley Federal de Protección al Ambiente cuyo artículo 7º establece

Los proyectos de obras públicas o de particulares, que puedan producir contaminación o deterioro ambiental, que excedan los límites mínimos previsibles marcados en los reglamentos y normas respectivas, deberán

EVOLUCION DEL PROCEDIMIENTO DE IMPACTO AMBIENTAL EN MEXICO



presentarse a la Secretaría de Salubridad y Asistencia, para que ésta los revise y pueda resolver sobre su aprobación, modificación o rechazo, con base en la información relativa a una manifestación de impacto ambiental, consistente en las medidas técnicas preventivas y correctivas para minimizar los daños ambientales durante su ejecución o funcionamiento.

A pesar de que con este articulado se sentaron las bases para cualquier obra, pública o privada, para su ejecución debería de presentar su manifestación de impacto ambiental, no se disponía de la instrumentación adecuada y suficiente para normar su correcta aplicación, tanto para los promoventes como para los prestadores de este servicio, así como para la misma autoridad. Cabe señalar que a finales de 1982, fue creada la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), en donde recayó la responsabilidad de evaluar las manifestaciones de impacto ambiental, a través de la Dirección General del Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, la cual a consecuencia de la reestructuración que el sector público tuvo en el año de 1985 se convirtió en la Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica (actualmente, la Dirección General de Normatividad Ambiental del Instituto Nacional de Ecología, es la entidad responsable de dictaminar acerca de las manifestaciones de impacto ambiental).

Con la entrada en vigor de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1 de marzo de 1988) se establece la concurrencia de la Federación, estados y municipios en la evaluación de las diversas obras de desarrollo y se definen los instrumentos legales como reglamentos y normas que apoyan la evaluación del impacto ambiental.

En su artículo 28 se establece que

la realización de obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señaladas en los reglamentos y las normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación, para proteger el ambiente, deberán sujetarse a la autorización previa del Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría o de las entidades federativas o municipios, conforme a las competencias que señala esta Ley.

Con fecha 7 de junio de 1988 fue publicado en el Diario oficial de la Federación el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al

Ambiente en materia de Impacto Ambiental, el cual establece los mecanismos y procedimientos administrativos conforme a las cuales deberá de llevarse a cabo una evaluación de impacto ambiental. En su capítulo II se describe el procedimiento de evaluación del impacto ambiental, dentro del cual se establece que las manifestaciones de impacto ambiental se podrán presentar en cualquiera de las siguientes modalidades: informe preventivo, general, intermedia o específica. La modalidad estará en función de las características de la obra o actividad, de su magnitud o las condiciones del sitio donde pretenda desarrollarse.

Así mismo, se definen de manera general la información mínima que deberá contener cada modalidad y la necesidad de presentar un estudio de riesgo cuando las obras a desarrollar sean consideradas como altamente riesgosas.

La descripción a detalle de lo que se requiere al momento de realizar un estudio de impacto ambiental se presenta en los instructivos que para cada modalidad emitió la SEDUE (hoy SEDESOL).

Dentro del Programa Nacional para la Protección al Medio Ambiente 1990-1994 se señala que

Para reducir el deterioro causado por diversas obras, debe considerarse el impacto ambiental en el diseño y desarrollo de los proyectos. Para tal fin se extenderá la aplicación de los estudios de impacto ambiental a todos los proyectos públicos y privados. Se promoverá que los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal expidan las disposiciones jurídicas en la materia. Al mismo tiempo, se diseñarán mecanismos de coordinación con las entidades federales y estatales encargadas de asignar los recursos financieros, para facilitar el cumplimiento de las condiciones autorizadas, atendiendo a los resultados de la evaluación de impacto ambiental.

Es así, que con la entrada en vigor de la LGEEPA y lo señalado en el Programa Nacional de Protección al Medio Ambiente, los estados de la república han elaborado sus leyes en materia ambiental, donde se incluye el impacto ambiental como instrumento de la política ecológica e inclusive algunos, como es el caso del Estado de México ya tienen su reglamento respectivo en la materia.

Cabe señalar que las actividades de disposición final de residuos sólidos municipales no se encuentran contempladas dentro del área de responsabilidad del gobierno federal, siendo competencia de los gobiernos estatales y municipales. A manera de ejemplo se menciona el Reglamento de Ley de Protección al Ambiente del Estado de México en materia de Impacto Ambiental, que señala en su artículo 6º, las obras o actividades que para su autorización deberán sujetarse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental, entre los que se encuentran la instalación y operación de estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y sitios para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Con este marco jurídico-administrativo se dispone en la actualidad con los elementos suficientes para hacer de la evaluación del impacto ambiental una herramienta valiosa en la planeación y desarrollo de proyectos que puedan causar desequilibrios ecológicos o afectar la salud de los habitantes de una región dada.

II. IMPACTO AMBIENTAL DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

El procedimiento de evaluación del impacto ambiental se muestra en la siguiente figura:

Los procedimientos de elaboración de estudios de impacto ambiental, involucran la integración y análisis de información tanto de las características de la obra como del medio natural y socioeconómico de la región donde se pretende desarrollar un determinado proyecto .

A la fecha no existe una metodología específica para la identificación y evaluación de impacto ambientales que pueda ser aplicada a cualquier proyecto de desarrollo. La amplia gama de técnicas y métodos utilizados (desarrollados en su gran mayoría en otros países), involucran desde las más simples, en donde se identifican únicamente los impactos sin evaluarlos; y las más complejas, que permiten evaluar la magnitud e importancia de los impactos a través de la aplicación de diversos criterios de ponderación. Es importante señalar que en las metodologías normalmente empleadas, siempre se presenta cierta dosis de subjetividad al momento de la asignación de los valores que permiten cuantificar los impactos. Por esta razón la autoridad permite el uso o la combinación de dos

LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

ARTICULO 11º. -LAS PERSONAS FÍSICAS O MORALES QUE PRETENDAN REALIZAR OBRAS O ACTIVIDADES QUE PUDIERAN CAUSAR UNA ALTERACIÓN SIGNIFICATIVA EN EL AMBIENTE Y QUE ESTÉN SEÑALADAS EN EL REGLAMENTO RESPECTIVO; ESTÁN OBLIGADAS A LA PRESENTACIÓN DE UNA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SUJETAS AL PROCEDIMIENTO PREVIO A LA REALIZACIÓN DE DICHAS OBRAS O ACTIVIDADES.

REGLAMENTO DE LEY DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO EN MATERIA DE IMPACTO Y RIESGO AMBIENTAL.

ARTÍCULO 6º.- ...SON OBRAS Y ACTIVIDADES QUE PARA SU AUTORIZACIÓN DEBERÁN SUJETARSE AL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y EN SU CASO, AL DE RIESGO AMBIENTAL LAS SIGUIENTES:

I. ESTABLECIMIENTO, OPERACIÓN Y AMPLIACIÓN DE INDUSTRIAS DE COMPETENCIA ESTATAL;

II.

VI. INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CENTROS DE CONFINAMIENTO O DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS E INDUSTRIALES DE COMPETENCIA DEL ESTADO:

VII. INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA, PLANTAS DE TRATAMIENTO Y SITIOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.

**LEY DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN DEL AMBIENTE
DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR**

ARTICULO 20°.- LA REALIZACIÓN DE OBRAS, ACTIVIDADES PÚBLICAS O PRIVADAS QUE PUEDAN CAUSAR IMPACTO AL AMBIENTE AL REBASAR LOS LÍMITES Y CONDICIONES SEÑALADAS EN LAS DISPOSICIONES TÉCNICAS ECOLÓGICAS AMBIENTALES APLICABLES, DEBERÁN SUJETARSE A LA AUTORIZACIÓN PREVIA DEL EJECUTIVO ESTATAL, CON LA INTERVENCIÓN DE LOS MUNICIPIOS CORRESPONDIENTES, ASÍ COMO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS QUE LES IMPONGAN, UNA VEZ EVALUADO EL IMPACTO AMBIENTAL QUE PUDIERA OCASIONAR SIN PERJUICIO DE OTRAS AUTORIZACIONES QUE CORRESPONDA OTORGAR A LAS AUTORIDADES DE COMPETENCIA FEDERAL.

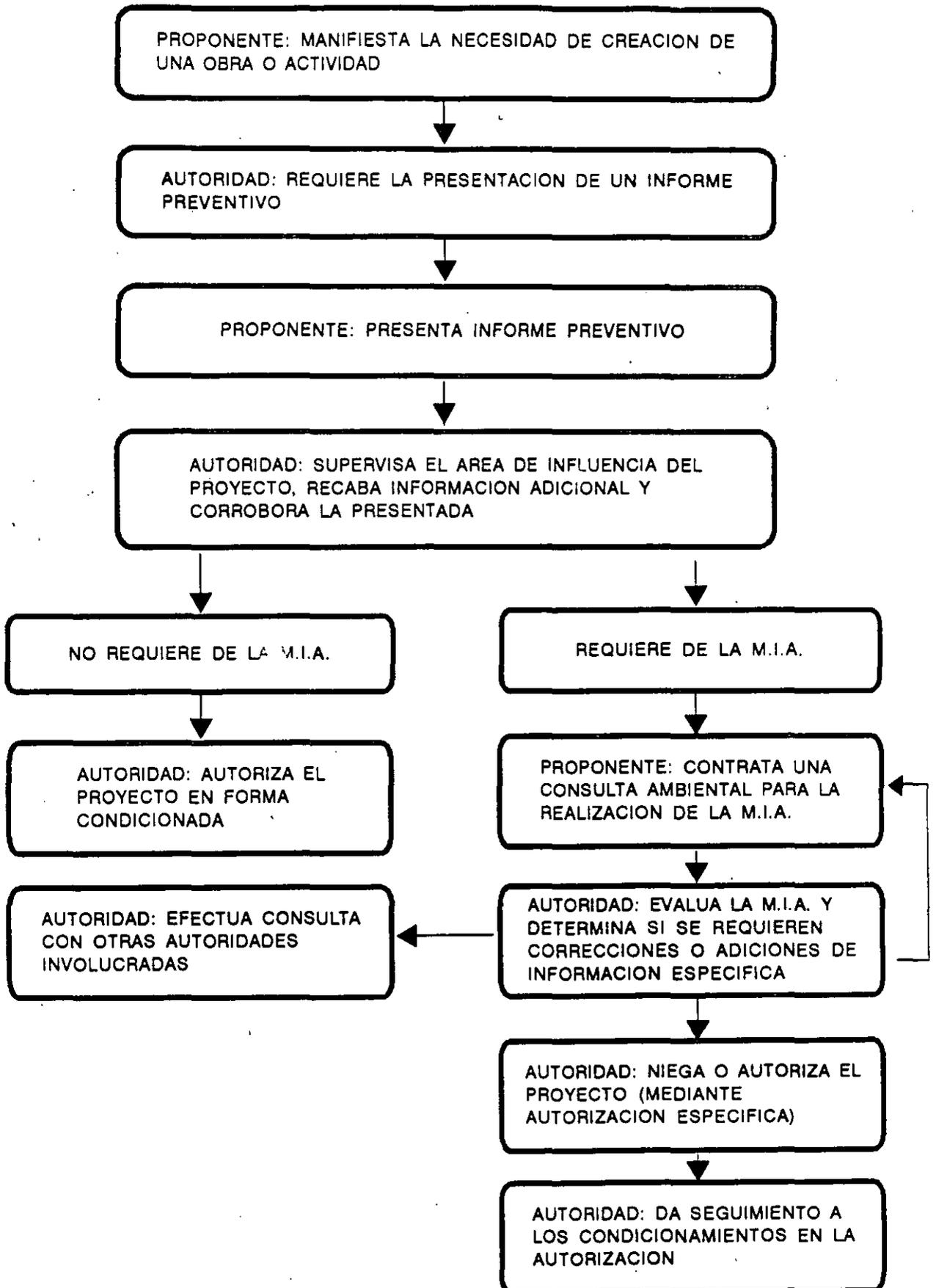
ARTICULO 21°.- CORRESPONDERÁ A LA SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS DEL ESTADO EN COORDINACIÓN CON LOS GOBIERNOS DE LOS MUNICIPIOS CORRESPONDIENTES EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO ANTERIOR DE ESTA LEY, PARTICULARMENTE TRATÁNDOSE DE LAS SIGUIENTES MATERIAS:

I.- OBRAS PÚBLICA ESTATAL

II.-

VI. INSTALACIÓN DE TRATAMIENTO, CONFINAMIENTO O ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE IMPACTO AMBIENTAL



METODOLOGIAS DE IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

LISTAS DE REVISION: Es el método más simple y consiste en la utilización de listas de referencia existentes

METODOS MATRICIALES SIMPLES: Consisten en relacionar por un lado, las acciones del proyecto que pueden causar alteraciones y, por otr, los componentes del medio físico y social, en su forma más simple, este método solo identifica impactos, aunque pueden modificarse para la aplicación de criterios de valoración.

SUPERPOSICION DE MAPAS: Se aplican principalmente a estudios de ordenamiento territorial y consiste en superponer sobre un mapa del área de estudio, transparencia coloradeadas que indican el grado de impacto para varios factores.

METODOS MATRICIALES COMPLEJOS: Son matrices causa-efecto, en las que se establecen criterios de valoración de impactos. Las más conocidas son las de Leopold y las de Grandes Presas

METODO DE BATELLE-COLUMBUS: Fue desarrollado para su aplicación en proyectos hidroeléctricos.

REDES DE INTERACCION: Este método considera que el ambiente es un sistema complejo, donde una acción ocasiona uno ó más cambios en las condiciones ambientales, los que a su vez producirán subsecuentes cambios hasta llegar a efectos finales.

TABLA 1. IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

IMPACTOS	ETAPAS	
	PREPARACION DEL SITIO.	CLAUSURA Y POSCLAUSURA
	CONSTRUCCION Y OPERACION	
IMPACTOS EN EL AIRE		
- Alteración de la calidad del aire	=====	=====
- Microclima	=====	=====
IMPACTOS EN EL SUELO		
- Eliminación de la capa del suelo	=====	
- Erosión	=====	
- Calidad del suelo	=====	=====
- Uso del suelo	=====	=====
IMPACTOS EN EL AGUA		
- Alteración en la infiltración natural	=====	=====
- Alteración en la calidad del agua	=====	=====
- Alteración en la recarga del acuífero	=====	=====
- Drenaje superficial	=====	=====
IMPACTOS EN EL PAISAJE		
- Modificación al paisaje natural	=====	=====
IMPACTOS EN LA BIOTA		
- Flora	=====	=====
- Fauna	=====	=====
IMPACTOS SOCIALES Y ECONOMICOS		
- Creación de empleo	=====	=====
- Infraestructura y servicios	=====	=====
- Economía local	=====	=====
- Calidad de vida	=====	=====
- Salud	=====	=====
- valor del suelo	=====	=====
OTROS IMPACTOS		
- Impactos en la vialidad	=====	
- Impactos por la emisión de ruido	=====	
- Impactos por generación de malos olores	=====	

NOTA: ===== ETAPA DONDE SE PRESENTA EL IMPACTO

Método de Matriz de Cribado

Evaluación de Impactos en la Etapa de Operación

FACTORES AMBIENTALES	ACTIVIDADES													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
ATMOSFERA														
- Calidad del aire	a	a		a	a	a					b	a		
- Microclima	b	b			b						b			
- Ruido	a	a				a		b						
- Olores	a	a		a	a	a	a	b			b			
AGUA														
- Calidad del agua	B	B	B	B							a			
- Descargas líquidas	pa	pa	pa	pa										
SUELO														
- Uso del suelo								B/A*				B		
- Calidad del suelo								a						
- Compactación y asentamiento	a	a			a	a	a	a						
- Estabilidad	a	a			a	a	a	a						
- Generación de residuos									a	a	a	a		
FLORA														
- Forestación												B		
- Formación de hábitat												B		
FAUNA														
- Fauna nociva												B		
- Fauna migratoria												a		
ECOSISTEMA Y PAISAJE														
- Modificación del paisaje	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	

FACTORES AMBIENTALES	ACTIVIDADES													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
FACTORES SOCIALES Y ECONOMICOS														
- Empleo	b	b	b		b	b	b	b	b	b	b	b		
- Mano de obra	b	b	b		b	b	b	b	b	b	b	b		
- Demanda de servicios	a	a	a		a	a	a	a	a	a	a			A
- Salud pública	B	B	B		B	B	B	B	B	B	B			
- Infraestructura vial													A	
- Economía local	b	b	b		b	b	b	b	b	b	b			
- Economía regional	b	b	b		b	b	b	b	b	b	b			
- Calidad de vida	B	B	B		B	B	B	B	B	B	B	B		

- | | | | |
|-----|-----------------------------|----|--|
| 1. | Mezclado | A | Impacto adverso significativo |
| 2. | Sedimentación | a | Impacto adverso poco significativo |
| 3. | Cloración | B | Impacto positivo altamente significativo |
| 4. | Descarga agua tratada | b | Impacto positivo poco significativo |
| 5. | Espesamiento de lodos | pa | Impacto potencial adverso |
| 6. | Estabilización | | |
| 7. | Deshidratación lodos | | |
| 8. | Disposición final de lodos | | |
| 9. | Mantenimiento | | |
| 10. | Suministro de insumos | | |
| 11. | Actividades administrativas | | |
| 12. | Mantenimiento de área verde | | |
| 13. | Movimiento vehicular | | |
| 14. | Demanda de energía | | |

Método de Matriz de Cribado

Evaluación de Impactos en la Etapa de Preparación del Sitio y Construcción

FACTORES AMBIENTALES	ACTIVIDADES							
	TRAZO Y NIVELACION	CONSTRUCCION DE CAMINOS DE ACCESO	EXCAVACION	CIMENTACION	EDIFICACION	EQUIPAMIENTO	OBRAS DE APOYO	AREA VERDE
Atmósfera								
- Calidad del aire	a	a	a	a	a	a		a
- Microclima				a				
- Ruido	a	a	a		a	a		
- Visibilidad								
Agua								
- Características del drenaje	a	a	a					
- Calidad del agua		a	a					a
- Flujo de agua subterránea			a					
- Consumo				a	a			a
- Descargas líquidas							a	
SUELO								
- Uso de suelo								b
- Calidad del suelo	a	a	a	a				B
- Erosión								B
- Geomorfología	A	A	A					
- Compactación y asentamiento	a	a		a	a			
- Estabilidad								
- Explotación de bancos de material		a		a	a			A
- Generación de residuos			a	a	a	a	a	a
FLORA								
- Pérdida de vegetación	a	a						
- Reforestación								B
- Formación de hábitat								B

FACTORES AMBIENTALES	ACTIVIDADES							
	TRAZO Y NIVELACION	CONSTRUCION DE CAMINOS DE ACCESO	EXCAVACION	CIMENTACION	EDIFICACION	EQUIPAMIENTO	OBRAS DE APOYO	AREA VERDE
FAUNA - Migración - Afectación a la fauna - Formación de hábitat	a	a						b
ECOSISTEMA Y PAISAJE - Modificación del relieve - Modificación del paisaje	a	a	a	a	a	a	a	a
FACTORES SOCIALES Y ECONOMICOS - Empleo - Mano de obra - Demanda de servicios - Cambio de patrón de vida - Salud pública - Infraestructura vial - Demanda de vivienda - Migración - Economía local - Economía regional - Calidad de vida	b b a	b b A b B a	b b A b B a	B B A b B B	B B a b B B	B B a b B B	b b b	b b a b

Nota.

A Impacto adverso significativo
 pa Impacto potencial adverso

a Impacto adverso poco significativo
 b Impacto positivo poco significativo

B Impacto positivo altamente significativo

IMPACTOS AMBIENTALES

ECOLOGIA 240

Especies y poblaciones

Terrestres

- (14) Pastizales y praderas
- (14) Cosechas
- (14) Vegetación natural
- (14) Especies dañinas
- (14) Aves de caza continentales

Acuáticas

- (14) Pesquerías comerciales
- (14) Vegetación natural
- (14) Especies dañinas
- (14) Pesca deportiva
- (14) Aves acuáticas

140

Habitats y comunidades

Terrestres

- (12) Cadenas alimentarias
- (12) Usos del suelo
- (12) Especies raras y en peligro
- (14) Diversidad de especies

Acuáticas

- (12) Cadenas alimentarias
- (12) Especies raras y en peligro
- (12) Características fluviales
- (14) Diversidad de especies

100

Ecosistemas

Sólo descriptivo

CONTAMINACION AMBIENTAL 402

Contaminación del agua

- (20) Pérdidas en las cuencas hidrográficas
- (25) DBO
- (31) Oxígeno disuelto
- (18) Coliformes fecales
- (22) Carbono inorgánico
- (25) Nitrógeno inorgánico
- (28) Fosfato inorgánico
- (16) Plaguicidas
- (18) pH
- (28) Variaciones de flujo de la corriente
- (28) Temperatura
- (25) Sólidos disueltos totales
- (14) Sustancias tóxicas
- (20) Turbiedad

318

Contaminación atmosférica

- (5) Monóxido de carbono
- (5) Hidrocarburos
- (10) Oxidos de nitrógeno
- (12) Partículas sólidas
- (5) Oxidantes fotoquímicos
- (10) Oxidos de azufre
- (5) Otros

52

Contaminación del suelo

- (14) Uso del suelo
- (14) Erosión

28

Contaminación por ruido

- (4) Ruido

ESTETICOS 153

Suelos

- (6) Estructura geológica
- (16) Relieve y características topográficas
- (10) Extensión y alineaciones

32

Aire

- (3) Olor y visibilidad
- (2) Sonidos

5

Agua

- (10) Presencia de agua
- (16) Interfase suelo y agua
- (6) Olor y materias flotantes
- (10) Area de la superficie de agua
- (10) Márgenes arboladas y geológicas

52

Biota

- (5) Animales domésticos
- (5) Animales salvajes
- (9) Diversidad de tipos de vegetación
- (5) Variedad dentro de los tipos de vegetación

24

Objetos artesanales

- (10) Objetos artesanales

10

Composición

- (15) Efectos de composición
- (15) Elementos singulares

30

INTERES HUMANO 205

Valores educacionales y científicos

- (13) Arqueológico
- (13) Ecológico
- (11) Geológico
- (11) Hidrológico

48

Valores históricos

- (11) Arquitectura y estilos
- (11) Acontecimientos
- (11) Personajes
- (11) Religiones y culturas
- (11) Frontera del Oeste

55

Culturas

- (14) Indios
- (7) Otros grupos étnicos
- (7) Grupos religiosos

28

Sensaciones

- (11) Admiración
- (11) Aislamiento/Soledad
- (4) Misterio
- (11) Integración con la naturaleza

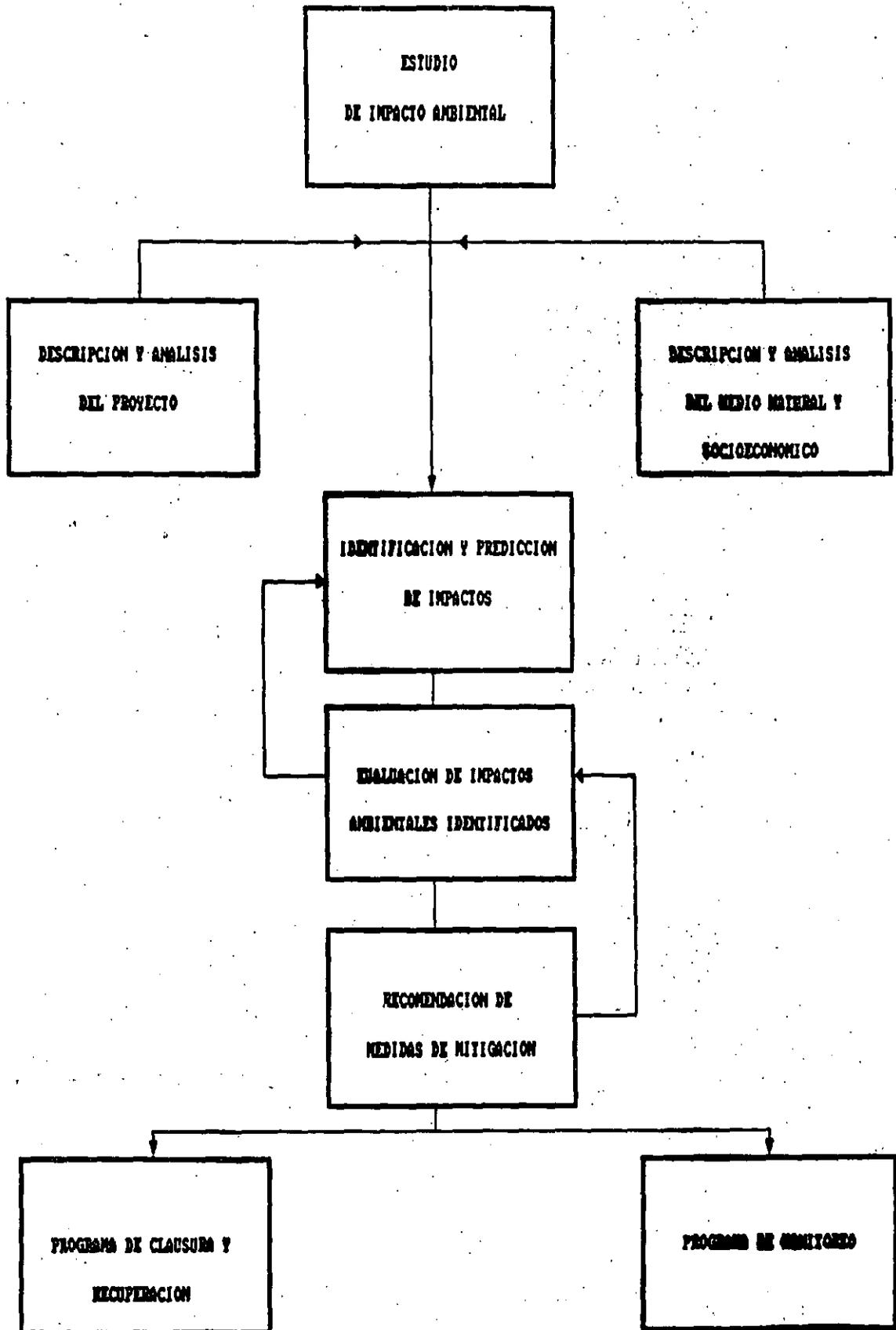
37

Estilos de vida (Patrones culturales)

- (13) Oportunidades de empleo
- (13) Vivienda
- (11) Interacciones sociales

37

FIG. 1. ETAPAS DE UNA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL



INSTRUCTIVO PARA DESARROLLAR Y PRESENTAR LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA MODALIDAD GENERAL AL QUE SE REFIEREN LOS ARTÍCULOS 9° Y 10° DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL

I.- DATOS GENERALES

II.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA O ACTIVIDAD PROYECTADA

1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

2.- ETAPA DE SELECCIÓN DEL SITIO

3.- ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

4.- ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.- ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

III.- ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

A.- RASGOS FÍSICOS

1.- CLIMATOLOGÍA

2.- GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA

3.- SUELOS

4.- HIDROLOGÍA

5.- OCEANOGRAFÍA

B.- RASGOS BIOLÓGICOS

1.- VEGETACIÓN

2.- FAUNA

3.- ECOSISTEMA Y PAISAJE

C.- MEDIO SOCIOECONÓMICO

1.- POBLACIÓN

2.- SERVICIOS

3.- ACTIVIDADES

4.- TIPO DE ECONOMÍA

5.- CAMBIOS SOCIALES Y ECONÓMICOS

IV.- VINCULACIÓN CON LAS NORMAS Y REGULACIONES DE USO DEL SUELO

V.- IDENTIFICARON DE IMPACTO AMBIENTALES

VI.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

INSTRUCTIVO PARA PRESENTAR LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL AL QUE SE REFIEREN LOS ARTÍCULOS 10° Y 15° DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO EN MATERIA DE IMPACTO Y RIESGO AMBIENTAL

I.- INFORMACIÓN GENERAL

II.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO

III.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO (SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES)

IV.- METODOLOGÍA EMPLEADA

V.- ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

A) MEDIO NATURAL (ÁREA DE INFLUENCIA)

B) RASGOS FÍSICOS

1.- CLIMATOLOGÍA

2.- GEOMORFOLOGÍA

3.- GEOLOGÍA

4.- HIDROLOGÍA

C) VEGETACIÓN

D) DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE HONGOS

E) FAUNA

F) ECOSISTEMA Y PAISAJE

G) MEDIO SOCIOECONÓMICO

VI.- CAMBIOS SOCIALES Y ECONÓMICOS

VII.- ETAPA DE PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

VIII.-ETAPA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

IX.- ETAPA DE ABANDONO DEL SITIO

X.- IDENTIFICACION Y DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO; SE UTILIZARÁN DOS O MAS MÉTODOS

XI.- MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

XII.- DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO AMBIENTAL MODIFICADO

o más técnicas, en función del tipo de proyecto a realizar. En la figura se presenta un resumen de las metodologías más frecuentemente utilizadas.

De conformidad a los criterios establecidos por las autoridades en la materia, las etapas que como mínimo debe contener una manifestación de impacto ambiental son:

- Descripción del proyecto
- Descripción del escenario ambiental
- Las regulaciones de usos del suelo y compatibilidad del proyecto
- La identificación y cuantificación de impactos ambientales
- Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales
- Escenario ambiental modificado
- Conclusiones y recomendaciones

2.1. Descripción del proyecto

Para efectos del tema que nos ocupa y dada la importancia que presenta la aplicación del método del relleno sanitario en nuestro país, se enfocará la descripción de los componentes de un estudio de impacto ambiental, hacia esta técnica. Así mismo, se hablará de la incineración como otro de los métodos de mayor uso en el tratamiento de los residuos sólidos municipales.

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería, que permite la disposición final de los residuos sólidos municipales de manera segura, a través de su colocación en celdas recubiertas diariamente con una capa de tierra. Estos sistemas cuentan con sistemas de captación de lixiviados y de biogás, pozos de monitoreo, recubrimientos plásticos en caso de ser necesarios y diversas instalaciones civiles como básculas, caseta de vigilancia, almacén, oficina, etc.

Un relleno sanitario presenta características muy especiales, que lo diferencian de otras obras como puede ser la incineración, ya que en este las etapas de preparación del sitio, construcción y operación prácticamente se desarrollan en paralelo. Además, las obras de clausura y postclausura le confieren una particularidad muy especial, dado que son tan importantes como la misma operación.

Dentro de los componentes de la descripción de la obra, un punto de gran importancia, independientemente de considerar las características técnicas del relleno sanitario, son los criterios de selección del sitio, dado que un sitio elegido correctamente, permitirá disminuir el efecto de los impactos que se presenten. Por lo anterior el INE a publicado un proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994, a través de la cual se establecen las condiciones que deberán reunir los sitios que se consideren adecuados para un relleno sanitario.

- El manto freático deberá estar ubicado a una profundidad vertical mayor de 10 metros
- Deberá estar ubicado a una distancia mayor de un kilómetro y aguas abajo de las zonas de recarga de acuíferos o fuentes de abastecimiento de agua potable
- Deberá ubicarse a una distancia horizontal de 100 m como mínimo del límite de una zona de fracturación o falla geológica.
- Deberá reunir condiciones tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes, representadas éstas por el coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-5} cm/s y por la capacidad de intercambio catiónico de 30 meq/100 gr de suelo.
- Se deberá contar como mínimo con un 25% de material de cubierta en relación al volumen de los residuos municipales a disponer diariamente
- Vida útil mínima de 7 años
- Deberá ubicarse a una distancia superior a 1 kilómetro de zonas de inundación, cuerpos de agua y corrientes naturales
- Estará ubicado a una distancia mayor de 500 metros del área urbana; a una distancia mayor de 70 m de las vías de comunicación terrestre, a una distancia mayor de 3 Km de áreas naturales protegidas y aeropuertos, así como respetar el derecho de vía de 20 m de cada lado de líneas de conducción de energía eléctrica, oleoductos, poliductos, gaseoductos y a una distancia mayor de 150 m de áreas de almacenamiento de hidrocarburos
- El sitio deberá permitir la salida de aguas de lluvia naturalmente
- La pendiente del sitio deberá ser menor al 30%
- No se podrá operar un sitio en zona fracturada

La incineración se puede considerar como la conversión a través de un proceso térmico de los residuos sólidos en productos, gaseosos, líquidos y sólidos. El proceso térmico de la combustión consiste en la oxidación química de los

Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1994, que establecen las condiciones que deberán reunir los sitios que se consideren adecuados para un relleno sanitario.

- *El manto freático deberá estar ubicado a una profundidad vertical mayor de 10 metros*
- *Deberá estar ubicado a una distancia mayor de un kilómetro y aguas abajo de las zonas de recarga de acuíferos o fuentes de abastecimiento de agua potable*
- *Deberá ubicarse a una distancia horizontal de 100 m como mínimo del límite de una zona de fracturación o falla geológica.*
- *Deberá reunir condiciones tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes, representadas éstas por el coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-5} cm/s y por la capacidad de intercambio catiónico de 30 meq/100 gr de suelo.*
- *Se deberá contar como mínimo con un 25% de material de cubierta en relación al volumen de los residuos municipales a disponer diariamente*
- *Vida útil mínima de 7 años*
- *Deberá ubicarse a una distancia superior a 1 kilómetro de zonas de inundación, cuerpos de agua y corrientes naturales*
- *Estará ubicado a una distancia mayor de 500 metros del área urbana; a una distancia mayor de 70 m de las vías de comunicación terrestre, a una distancia mayor de 3 Km de áreas naturales protegidas y aeropuertos, así como respetar el derecho de vía de 20 m de cada lado de líneas de conducción de energía eléctrica, oleoductos, poliductos, gaseoductos y a una distancia mayor de 150 m de áreas de almacenamiento de hidrocarburos*
- *El sitio deberá permitir la salida de aguas de lluvia naturalmente*
- *La pendiente del sitio deberá ser menor al 30%*
- *No se podrá operar un sitio en zona fracturada*

residuos sólidos en presencia de un exceso de aire. Los productos finales incluyen gases de combustión, vapor de agua y residuos no combustibles (cenizas).

Un incinerador esta compuesto principalmente por: el área de recepción y básculas; patio de maniobra y descarga; fosa de recepción; grua viajera; tolva de alimentación; parrillas mecánicas; horno; circuito de aire; equipos de control de la contaminación.

2.2. Descripción del medio

En la descripción del escenario ambiental, es necesario definir el área de influencia del proyecto, la cual puede ser diferente desde el punto de vista físico o biológico al económico. En la descripción de los factores físicos o biológicos es importante hacer énfasis en aquellos aspectos que tienen una relación directa con las actividades a desarrollar en el tratamiento y/o disposición final de los residuos sólidos:

- climatología (temperaturas, dirección y velocidad del viento, humedad, precipitación, etc).
- Geología y geomorfología (topografía, sismicidad, etc)
- Suelo (tipo de suelo, capacidad de intercambio catiónico, permeabilidad)
- Hidrología (cuerpos de agua, profundidad del acuífero, dirección flujo del agua subterránea, drenaje superficial, etc)

Medio socioeconómico:

En este rubro, es importante considerar la cercanía de los centros de población, hospitales, escuelas; características de vías de comunicación, datos de morbilidad y mortalidad, etc

2.3. Compatibilidad con usos del suelo

2.4. Identificación y evaluación de impactos ambientales.

Los impactos ambientales que se pueden presentar en el desarrollo de un relleno sanitario, están en función de la configuración del sitio y de las diversas etapas del proceso. De esta manera los impactos ambientales los podemos identificar con base en las siguientes actividades: preparación del sitio, construcción, operación y clausura. Cabe mencionar, que por las características propias del relleno sanitario, las actividades, principalmente las de preparación del sitio, construcción y operación se traslapan, ya que las celdas se van construyendo y operando conforme se vayan saturando las áreas destinadas. Lo anterior nos obliga a que en la identificación y análisis de los impactos en ocasiones se consideren de manera integral estas tres etapas.

En la tabla anexo se muestra una matriz de identificación de impactos por etapa de proyecto, en la cual los elementos considerados de ninguna manera pretenden ser un listado exhaustivo de los impactos que se pueden presentar, ya que muchos de ellos están en función de las características del sitio elegido y del diseño de la obra.

2.4.1. Preparación del sitio

las acciones más relevantes que se presentan en la etapa de preparación del sitio son: selección del sitio, limpieza del terreno y construcción de caminos de acceso:

En la selección del sitio los impactos que se pueden identificar son:

- posibles cambios en los usos del suelo de las inmediaciones del área seleccionada

- posibles modificaciones en las expectativas de la economía regional
- posibles incrementos en las demandas de infraestructura y servicios
- cambios en el valor de los terrenos
- modificación en los estilos de vida

Limpieza del terreno:

- remoción de la cubierta vegetal
- daños a hábitats y comunidades terrestres
- cambios en las características originales del suelo
- cambios en el paisaje original del sitio
- modificaciones al drenaje natural
- incremento de ruido y emisiones contaminantes por el funcionamiento de la maquinaria que laborará en el sitio.

Construcción de caminos de acceso:

- alterar los patrones de escurrimiento
- las actividades asociadas a la construcción de los caminos de acceso, como es la explotación de bancos de material, podrá ser la causa de la presencia o incremento de la erosión
- modificación en la composición paisajística
- generación de ruido y emisiones contaminantes

Todas las actividades anteriores, presentan impactos positivos en materia de empleo y economía local.

2.4.2. Etapa de construcción:

Como ya se mencionó, existe una relación muy estrecha entre las etapas de construcción y operación, sin embargo las analizaremos separadamente.

Las actividades más importantes en esta etapa son: excavación, compactación y nivelación, colocación de capa impermeabilizante (plásticos o arcillas); construcción del cuerpo de edificios (administración, laboratorios, casetas de vigilancia, área de pesaje, cobertizos de mantenimiento y almacenaje de vehículos y herramientas, caminos interiores y permanentes; construcción de celdas que involucra la instalación de sistemas de captación de lixiviados, de captación de gas y de pozos de monitoreo:

Los impactos que se identifican como producto de estas actividades son:

- generación de ruido y emisiones contaminantes típicas de los motores de combustión interna.
- incorporación a la atmósfera de partículas de origen terrígeno y aerotransportables.
- incremento en el tránsito vehicular en las vías de acceso
- incremento en la demanda de agua y en la generación de aguas residuales
- modificaciones al paisaje original
- modificación de estilos de vida
- generación de residuos de la construcción y de tipo doméstico
- mano de obra y economía regional
- servicios públicos

2.4.3. Etapa de operación

En la etapa de operación se presentan los impactos específicos de la actividad de disponer los residuos sólidos y pueden ser los de mayor magnitud e importancia, siempre y cuando el relleno no sea operado adecuadamente. Los principales impactos que se pueden presentar son:

Todas las actividades anteriores, presentan impactos positivos en materia de empleo y economía local

2.4.2. Etapa de construcción.

Como ya se mencionó, existe una relación muy estrecha entre las etapas de construcción y operación, sin embargo las analizaremos separadamente.

Las actividades más importantes en esta etapa son: excavación; compactación y nivelación, colocación capa impermeabilizante (plásticos o arcillas); construcción del cuerpo de edificios (administración, laboratorios, casetas de vigilancia, área de pesaje, cobertizos de mantenimiento y almacenaje de vehículos y herramientas; caminos interiores y permanentes; construcción de celdas que involucra la instalación de sistemas de captación de lixiviados, de captación de gas y de pozos de monitoreo.

Los impactos que se identifican como producto de estas actividades son:

- generación de ruido y emisiones contaminantes típicas de los motores de combustión interna.

- incorporación a la atmósfera de partículas de origen terrígeno y aerotransportables.
- incremento en el tránsito vehicular en las vías de acceso;
- incremento en la demanda de agua y en la generación de aguas residuales
- modificaciones al paisaje original
- modificación de estilos de vida
- generación de residuos de la construcción y de tipo doméstico.
- mano de obra y economía regional.
- servicios públicos

2.4.3. Etapa de operación

En la etapa de operación se presentan los impactos específicos de la actividad de disponer los residuos sólidos y pueden ser los de mayor magnitud e importancia, siempre y cuando el relleno no sea operado adecuadamente. Los principales impactos que se pueden presentar son:

- Contaminación de aguas superficiales y/o subterráneas por los lixiviados que se producen.
- Contaminación del suelo por derrames de grasas y aceites de la maquinaria que trabaja en el sitio y por los lixiviados que se generan.
- Contaminación del aire por la incorporación a la atmósfera de material particulado de origen terrígeno debido al movimiento de tierras, así como de aerotransportables (bacterias, hongos, etc) contenidos en los residuos sólidos. También se presentarán emisiones típicas de los motores de combustión interna tanto a nivel puntual como a lo largo del centro de la población al sitio de disposición final.
- Generación de olores
- Generación de niveles altos de ruidos
- Generación de biogas y compuestos orgánicos volátiles (VOC's)
- Incremento en la densidad vehicular en las vías de acceso al sitio
- Riesgos en la salud de los trabajadores
- Paisaje natural
- Incremento en los niveles de calidad de vida de la población beneficiada
- Disminución de fauna nociva y vectores de enfermedades de la población beneficiada (posible presencia de fauna nociva en el sitio de disposición final)

2.4.4. Etapa de clausura

Las actividades que se realizan en la etapa de clausura y postclausura tienen como finalidad restaurar el sitio y monitorear y controlar los lixiviados y biogas generados en la transformación biológica de los residuos sólidos.

Entre los principales impactos que se pueden presentar se tienen:

- Generación de biogas
- Generación de lixiviados
- Reducción de empleos
- Erosión
- Creación de áreas verdes
- Mejoramiento del entorno paisajístico
- Aprovechamiento del biogas
- Mejoramiento calidad del vida en los alrededores del sitio

INCINERACION**ETAPA DE PREPARACION DEL SITIO**

IMPACTOS ADVERSOS	IMPACTOS POSITIVOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN
Retiro de cubierta vegetal Generación de polvos Movimiento de tierras y residuos sólidos Pérdida de flora y fauna Paisaje Actitud población	Generación de empleo Economía regional Calidad de vida Infraestructura y servicios	Adecuada selección del sitio Riego periódico del sitio Reforestación de especies vegetales Recolección periódica de residuos sólidos y adecuada disposición final Concientización de la población afectada

INCINERACION
ETAPA DE CONSTRUCCION

IMPACTOS ADVERSOS	IMPACTOS POSITIVOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN
Generación de partículas Generación de emisiones contaminantes Generación de ruido Paisaje Generación de residuos sólidos Incremento tránsito vehicular	Generación de empleo Economía regional	Programa tiempos y movimientos Riego continuo del sitio Disposición de residuos en sitios adecuados Mantenimiento de maquinaria y vehículos

INCINERACION

ETAPA DE OPERACION

IMPACTOS ADVERSOS	IMPACTOS BENEFICOS	MEDIDAS DE MITIGACION Y/O PREVENCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> -EMISIONES CONTAMINANTES (CENIZAS, PART. HCL, SO2, NOX, CO, HC, METALES PESADOS, DIOXINAS, FURANOS, LLOVIA ACIDA) -GENERACION AGUAS RESIDUALES (SISTEMAS ENFRIAMIENTO, SEPARACION CENIZAS, EFLUENTE LAVADOR SO2, LAVADO INSTALACIONES) -GENERACION RESIDUOS SOLIDOS (CENIZAS) -GENERACION RUIDO -INCREMENTO TRANSITO VEHICULAR 	<ul style="list-style-type: none"> -DISTRIBUCION TIRADORES CLASIFICADOS -INCREMENTO VIDA UTIL DE RELLENOS SANITARIOS -APROVECHAMIENTO DE ENERGIA -UTILIZACION DE POCO ESPACIO PARA EL TRATAMIENTO -GENERACION DE EMPLEOS -INCREMENTO CALIDAD DE VIDA -ECONOMIA REGIONAL 	<ul style="list-style-type: none"> -INSTALACION DE EQUIPOS CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA PARA DIOXINAS Y FURANOS: HORNOS PRCTICOS DE COMBUSTION (HPC), CASAS DE FILTRO, LAVADORES, FOGONILLO, PRECIPITADORES ELECTRICOS TÓXICOS (PET) -PARA PARTICULAS Y METALES: CASAS DE FILTROS Y PE -PARA SO2 Y HCL: CASAS DE FILTROS Y LAVADORES DEBIDOS -PARA NOX: REDUCCION SELECTIVA NO CATALITICA -PARA CO Y HC: HPC -PARA AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO ANTES DE SU ENVIO A DRENAJE O CUERPO RECEPTOR -PARA CENIZAS A RELLENO SANITARIO

STANDARDS EPA: DIOXINAS Y FURANOS 30 ng/m3

PARTICULAS	34 ng/m3
SO2	88x o 39 ppmv (24 horas)
HCl	92x o 25 ppmv
NOx	180 ppmv (24 horas)

Efectos a corto plazo.- los efectos del impacto se empiezan a sentir inmediatamente

-Efectos a largo plazo.- Es necesario que pase un periodo de tiempo para que los efectos del impacto se empiecen a manifestar

-Reversibilidad.- un efecto puede ser reversible, parcialmente reversible o irreversible

-Efectos directos.- El impacto produce efectos directos en el ambiente

-Efectos acumulativos.- el impacto produce efectos que vienen a sumarse (ya sea aritméticamente o sinérgicamente) a condiciones ya presentes en el ambiente

-Controlabilidad.- Los efectos que se presentan pueden ser controlables, parcialmente controlables o no controlables

-Radio de acción.- Los efectos pueden manifestarse dentro o fuera de la zona de estudio

-Implicaciones económicas.- Cualquier tipo de impacto producirá efectos que pueden tener o no costos económicos imputables a él.

-Implicaciones socioculturales.- El costo sociocultural de un impacto puede ser desde nulo o severo

-Implicaciones políticas.- Los efectos del impacto pueden tener implicaciones políticas desde nulas a severas.