

2 ej.  
148



**Universidad Nacional Autónoma  
de México**

**Facultad de Ingeniería**

**Construcción de rellenos sanitarios, una  
solución al problema actual de la basura  
en México**

**T E S I S**  
**Que para obtener el título de**  
**INGENIERO CIVIL**  
**presenta**

**LUIS MANUEL ROCA ESCOTO**

México, D. F.

1989

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE GENERAL:

I.- INTRODUCCION	1
I.1.- PLANTEAMIENTO Y OBJETIVO DE LA TESIS	2
II.- PROBLEMA ACTUAL DE LA BASURA EN MEXICO	5
II.1.- GENERACION DE BASURA	6
II.2.- LA RECOLECCION	16
II.3.- LA DISPOSICION FINAL DE LA BASURA	18
II.4.- EL RECICLAJE DE LOS DESECHOS SOLIDOS	23
II.5.- DIAGNOSTICO GENERAL DE LA DISPOSICION FINAL DE DESECHOS EN NUESTRO PAIS	26
II.6.- MEDIDAS QUE SE DEBEN TOMAR	30
II.7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
III.- METODOS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	33
III.1.- ANTECEDENTES	34
III.2.- TRATAMIENTOS CON OBTENCION DE PRODUCTOS COMERCIALIZABLES	36
III.2.1.- RECICLAJE (MANUAL, MECANIZADO, SEMIMECANIZADO)	36
III.2.2.- PIROLISIS	40
III.2.3.- DIGESTION ANAEROBICA	42
III.2.4.- COMPOSTEO	52
III.2.5.- FERMENTACION NATURAL	53
III.2.6.- FERMENTACION ACCELERADA	55
III.2.7.- DESHIDRATACION	59
III.2.8.- COMPACTACION	59
III.3.- TRATAMIENTO SIN LA OBTENCION DE PRODUCTOS COMERCIALIZABLES	63
III.3.1.- INCINERACION	64
III.3.2.- INCINERACION CONVENCIONAL	64
III.3.3.- INCINERACION A ALTA TEMPERATURA	65
III.3.4.- INCINERACION EN LECHO FLUIDIZADO	68
III.4.- PLANTAS DE TRATAMIENTO EN MEXICO	71
III.4.1.- GENERALIDADES	71
III.4.2.- INCINERACION EN MEXICO	73
III.4.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TRATAMIENTOS A LOS DESECHOS SOLIDOS URBANOS	78

IV.- CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO	79
IV.1.- ANTECEDENTES	80
IV.2.- CONSIDERACIONES DE PROYECTO	84
IV.3.- METODOS DE OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO	85
IV.4.- DESCRIPCION Y SELECCION DE EQUIPO	90
IV.5.- MANTENIMIENTO Y RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DEL EQUIPO	94
IV.6.- RECOMENDACIONES BASICAS PARA EL CONTROL DE UN RELLENO SANITARIO	98
V.- ANALISIS GENERAL DE COSTO DE UN RELLENO SANITARIO	101
V.1.- ANTECEDENTES	102
V.2.- DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA	103
V.2.1.- CONCEPTOS GENERALES DE LA OBRA	104
V.2.2.- COSTOS HORARIOS	109
V.2.3.- ANALISIS DE FACTORES DE SALARIOS REALES	117
V.3.- ANALISIS DE PORCENTAJE DE INDIRECTOS Y UTILIDAD	120
VI.- CONCLUSIONES	122
BIBLIOGRAFIA	125

## CAPITULO I: INTRODUCCION

## CAPITULO UNO

### I.- INTRODUCCION.-

Desde el origen del hombre, este se ha visto en la necesidad de subsistir a base de gran tenacidad, esfuerzo y principalmente de ingenio; desarrollando y creando su propia vivienda, utilizando empíricamente sistemas de siembra, de riego y por supuesto inventando armas para la caza y su protección.

En ese afán de desarrollo del hombre, nacieron las primeras civilizaciones que se tienen razón, aportando al mundo un sin número de conocimientos. No es hasta algunos siglos después que el hombre crea medios para facilitarse su existencia, esto produjo que algunas civilizaciones fueran más prósperas que otras y por lo tanto quisieron dominar a las más débiles.

En el pasar el tiempo la humanidad había crecido tanto que existían gentes que se dedicaban a diferentes actividades, tales como política, agricultura, ganadería, a la iglesia o simplemente eran seres pensantes que aportaban nuevos conocimientos al mundo. Y no es hasta finales del siglo XVIII y principios de XIX que el hombre crea lo que en la historia se conoce con el nombre de " REVOLUCION INDUSTRIAL ", logrando hacer con esto que las naciones tuvieran más prosperidad y bienestar en su forma de vivir.

La industrialización de las naciones del mundo ha incrementado un problema en forma realmente alarmante; éste es la creación de desechos en forma irracional y su mala disposición final.

Sin embargo ya es muy claro que las dificultades para disponer adecuadamente de las miles de toneladas de basura urbana agropecuaria e industrial, exige de la inversión de grandes cantidades de recursos económicos que sangran presupuestos que podrían utilizarse a otras actividades de desarrollo y planificación; y que paradójicamente resultan insuficientes, dada la velocidad de generación de los desperdicios. Todo esto provoca graves problemas en otros ámbitos, como por ejemplo: salud, debido a que los desechos mal dispuestos promueven la aparición de focos de

## CAPITULO UNO

infección para la población; contaminación ambiental, íntimamente relacionado con la salud pero que además provoca la pérdida de recursos naturales de difícil regeneración, como lo son el suelo, el agua, y el aire; económicos, por las inversiones para el tratamiento adecuado de desechos; sociales, al aparecer núcleos de población marginados y que recurren a los desperdicios como la única fuente de sustento; y políticos, ya que dichos grupos representan fuerzas demanda de servicios y oportunidades de empleo.

En México, país llamado en vías de desarrollo, subdesarrollado o tercer mundista, el problema de los desechos es doblemente grave; por un lado la enorme crisis económica mundial repercute en patrones de producción y consumo irracionales, deformados y muchas veces impuestos que menoscaban nuestros recursos produciendo miles de toneladas de desperdicios; por el otro, el costo económico y social del agotamiento de los recursos y de la disposición de la basura impide, de alguna manera, el proceso de desarrollo.

Esto es un círculo vicioso que hay que romper en algún punto. Resulta contradictorio como es que en México, sociedad de economía mixta, acostumbrada al sistema de producción de máximo beneficio, no se le haya dado una debida importancia a los desechos como una fuente mas de recursos. Los desperdicios no son tomados en cuenta dentro del ciclo productivo y económico.

Sin duda una de las cosas mas preciadas que tiene el hombre es su salud, por eso es necesario conservarla; el medio ambiente es un factor muy importante para preservarla, actualmente dada la gran población existente y debido a grandes avances tecnológicos, ha sufrido algunos cambios que provocan malestares en la población, el caso más concreto es la contaminación en cualquiera de sus facetas.

La generación de los desechos sólidos y su mala disposición es uno de los mayores contribuyentes de la contaminación, causando de enfermedades, de la proliferación de ratas, moscas, etc. pero principalmente los daños que le puedan ocasionar a la naturaleza y al hombre son imperdonables.

Actualmente la generación de desechos en la República Mexicana alcanza cifras sumamente elevadas, su disposición final es bastante deficiente provocando con esto transtorno en la salud de sus habitantes.

Creando consciencia de la magnitud del problema, se podrían evitar muchas cosas las que algunos tal vez ya se están arrepintiéndose de no haberlas corregido a tiempo.

En el desarrollo de ésta tesis expondré el problema actual que tiene la República Mexicana en la recolección y disposición final de los desechos sólidos urbanos, enfocando la problemática principalmente a la ciudad más poblada del planeta " LA CIUDAD DE MEXICO ". Trataré brevemente algunos métodos que en nuestro país se han implementado, pero por su alto costo o escasez de tecnología han fracasado, incrementándose de manera irracional el problema.

El objetivo principal de este trabajo será el de proponer la mejor alternativa de disposición final de desechos sólidos urbanos, para ser aplicada en nuestro país con tecnología mexicana, y de forma casi inmediata, presentando la forma más económica y viable, por lo menos en los próximos siguientes años, para encarar este grave problema que a todos no aqueja.

En los capítulos IV y V se mostrará el manejo y la disposición final que se le da a la basura, su forma y costo de realización, incluyendo al personal requerido.

**C A P I T U L O I I : EL PROBLEMA ACTUAL DE LA BASURA EN MEXICO**

## CAPITULO DOS

### II.- EL PROBLEMA ACTUAL DE LA BASURA EN MEXICO

#### II.1. - La generación de basura .-

A través de los tiempos el problema de la disposición final de los desechos se ha venido agravando, exigiendo soluciones efectivas que no alteren el medio ambiente. Dichos problemas han sido ocasionados principalmente por las altas concentraciones urbanas , al mismo tiempo que el desarrollo industrial ha traído consigo mayor cantidad y variedad de productos que en su mayoría no consumimos, sino que solo usamos y los regresamos al medio ambiente en estado alterado, como por ejemplo el caso de las bolsas de plástico del supermercado.

Dada la magnitud del problema. en varios países se han venido estudiando diferentes métodos de tratamiento y disposición final que no afecten el medio ambiente, entre los cuales se destaca la incineración, el composteo, la compactación la trituración, la recuperación, y el relleno sanitario, ( métodos que se explicarán en los siguientes capítulos ). Sin embargo. en México la disposición final de los desechos no recibe en la inmensa mayoría de los casos la atención debida, ya que se recurre únicamente al tiradero a cielo abierto ocasionando impactos al medio ambiente por todos conocidos, como son: generación de humos por incendios espontáneos, malos olores, proliferación de insectos y roedores, contaminación del manto acuífero, etc.

En particular durante varias décadas en el Distrito Federal gran parte de los residuos sólidos fueron dispuestos en tiraderos a cielo abierto contaminando en forma agresiva el medio ambiente. Sin embargo en los últimos años las instituciones gubernamentales han tomado medidas para controlar la disposición final de los desechos, a través de la implementación de rellenos sanitarios en sitios apropiados y clausurando los tiraderos existentes, como es el caso del tiradero ubicado en santa cruz meyehualco cerrado por el Departamento del Distrito Federal en el año de 1983.

## CAPITULO DOS

La sociedad mexicana en su conjunto ya no puede permanecer indiferente ante el gran problema que representa la basura y aunque quisieramos desentendernos de lo que nosotros mismos generamos, es mejor asumir actitudes que poco a poco inviertan la dirección llevada hasta ahora en la producción y manejo de los desechos.

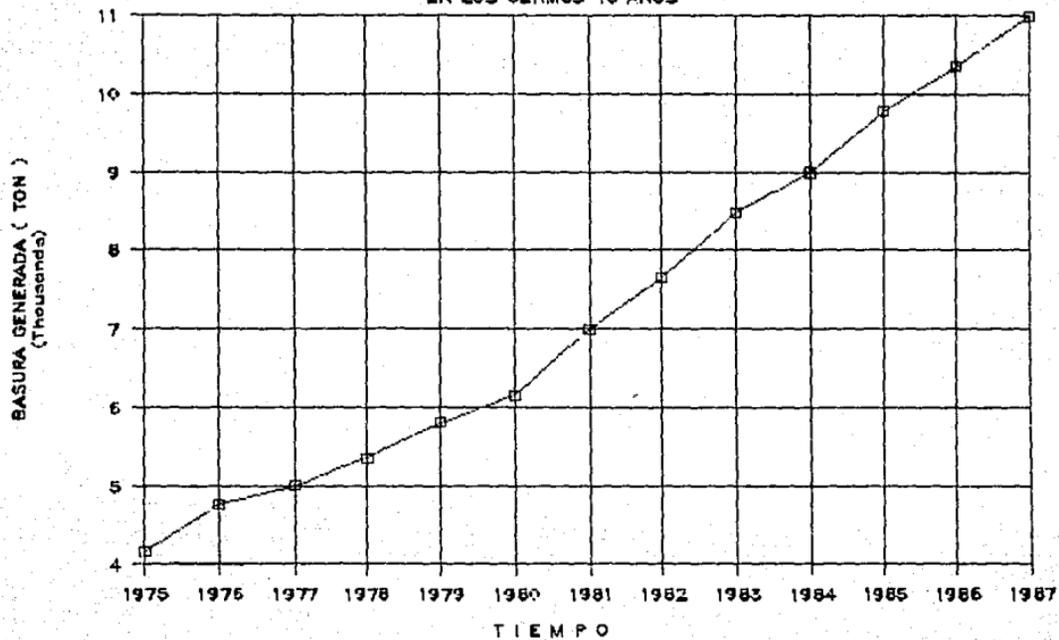
En un inicio hay que reconocer como un problema a la basura, y como tal resolverlo. esto implica una primera aproximación; el estudio de todo lo relacionado con ella: producción, recolección tratamiento, reutilización y disposición final de todos los residuos, pues hay que recordar que en la palabra basura van inmersos una infinidad de productos que desechamos no solo por no tener valor económico directo, sino incluso aquellos a los que dejamos de sentir útiles por razones culturales o incluso emocionales.

Ya no se puede dejar de percibir a la basura como un producto útil o como una materia prima, incluso, como un recurso más que esta siendo desperdiciado y que en esta medida esta produciendo daños económicos, sociales y ambientales que pueden llegar a ser irreversibles.

El volumen de desechos sólidos en el Distrito Federal se ha incrementado de manera notable en los últimos años. En 1975 se produjeron 4,153 toneladas de basura ( 1 ) y en 1987 se estimaron 11 mil toneladas diarias ( 2 ), como se puede observar en la gráfica 1 el incremento fué del 200 %. Esta variación se debió en parte al crecimiento poblacional de la ciudad, que durante el periodo señalado significó la duplicación del número de habitantes, llegando en 1987 a unos 12 millones de personas. El desarrollo de la economía también contribuyó al aumento de la producción de desechos sólidos, sobre todo por los cambios en el sistema de consumo de la sociedad capitalina.

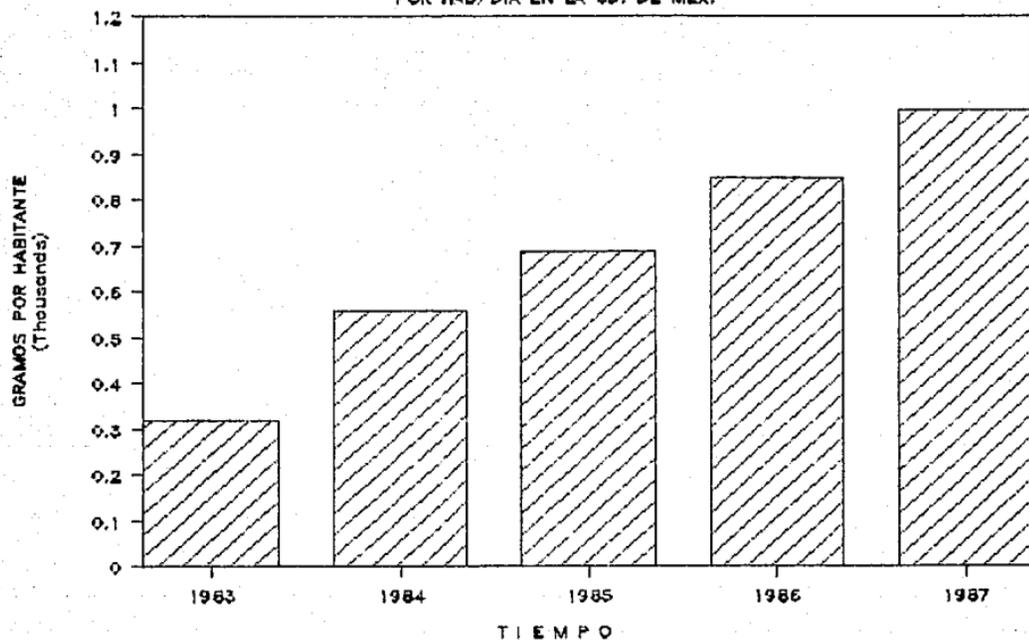
Los nuevos sistemas de comercialización, que han las ventas a granel y han hecho comunes los empaques de todo tipo, han incrementado la producción de basura por habitante en la ciudad de México. En 1975 se estimó que cada habitante producía 320 grs. de basura por día ( 3 ) y en 1984 se estimaron 559 gramos, otras estimaciones señalan que la producción de basura durante los años 1985, 1986 y 1987 fué de 690, 850 y 1,000 gramos respectivamente, ( 4 ), ( Ver gráfica 2 ).

# INCREMENTO DE BASURA EN EL D.F. EN LOS ULTIMOS 13 AÑOS



GRAFICA 1

GENERACION PROMEDIO DE BASURA.  
POR HAB/DIA EN LA CD. DE MEX.



GRAFICA 2

## CAPITULO DOS

Sin embargo, todas las fuentes de información coinciden en señalar que se ha incrementado notablemente la generación de basura como resultado de los nuevos sistemas de empaque y envoltura. Y, además de la diferencia cuantitativa, se menciona la diferencia cualitativa. En los años cincuenta los desechos no degradables (plástico por ejemplo) constituían el 50 % del total y en 1987 ese rubro fué del orden del 40 %, principalmente de poliuretano y plástico.

También es necesario señalar que no todos los grupos sociales producen la misma cantidad y tipo de desechos. Algunos estudios han revelado tal diversidad. Una investigación del centro de ecodesarrollo, de 1980, mostró que la población que gana menos de una vez el salario mínimo producía 4.50 kg de desechos por hogar al día, mientras que la población de mas de 11 veces el salario mínimo producía 5.20 kg de desechos, ( 5 ), y un estudio de 1984, elaborado por el D.D.F., dividió a la población de las 16 delegaciones en tres estratos socioeconómicos, alto, medio y bajo; resultando que el estrato alto produjo 0.604 kg por habitante al día, el medio 0.554 kg y en el bajo 0.520 kg, ( 6 ) Así se pudo demostrar que la producción de basura está en relación directa con los ingresos de la población y que en mayor capacidad de consumo es igual a mas desechos sólidos. En el cuadro No 1 y en la gráfica 3 puede verse también que las poblaciones que mas basura producen en el Distrito Federal, son las de los estratos altos de las delegaciones de Coyoacán y Miguel Hidalgo. A su vez, las poblaciones que producen menos basura son las de los estratos bajos de las delegaciones Gustavo A. Madero y Tláhuac. En cuanto al tipo de desechos, una investigación del centro de Ecodesarrollo reveló que diariamente se desperdician a traves de la basura 90,000 kg de tortilla y mas de 75,000 kg de pan, tan solo en el Distrito Federal; y tomando en cuenta todos los alimentos, se desperdician alrededor del 10 % de los alimentos comprados. ( 7 )

Los desechos domésticos son los mas abundantes en la ciudad y estan ligados tanto a la capacidad económica de la población como a su cultura. Intervienen en este tipo de generación el consumo que las familias hacen por efecto de la publicidad y los hábitos de consumo por épocas del año.

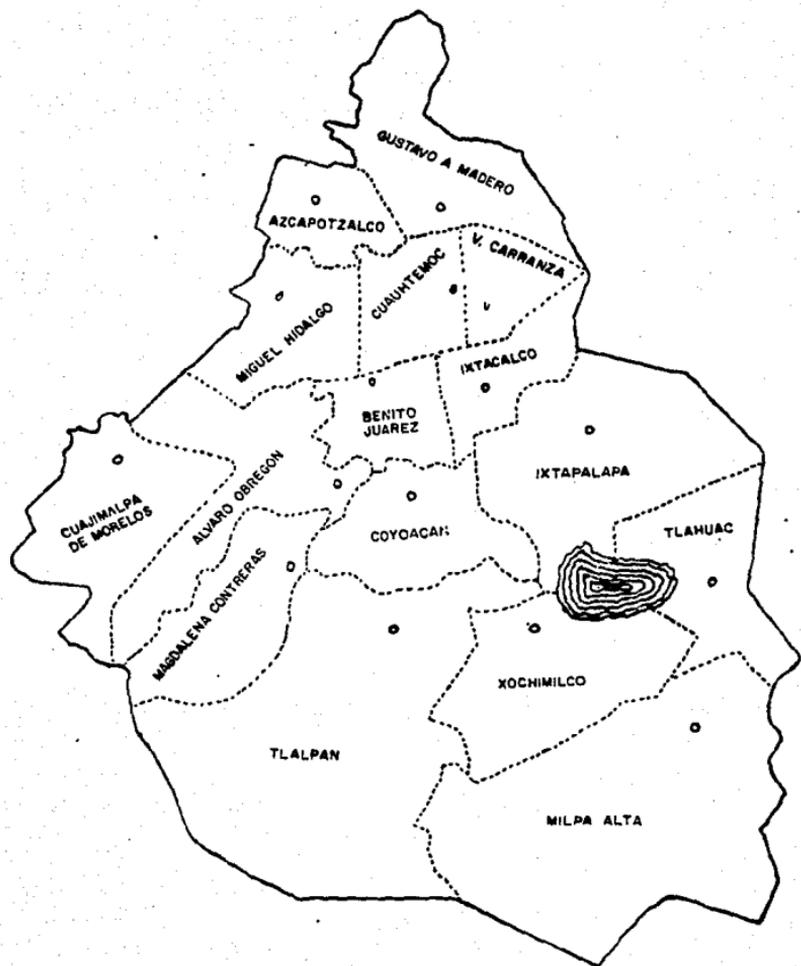
La generación de basura doméstica en la ciudad carece también de cualquier tipo de orden. Se acumulan desechos orgánicos junto con los inorgánicos y se usan bolsas y depositos de todo tipo, de acuerdo con el estrato social de que se trate.

CUADRO N° 1

GENERACION PERCAPITA DE DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARIOS

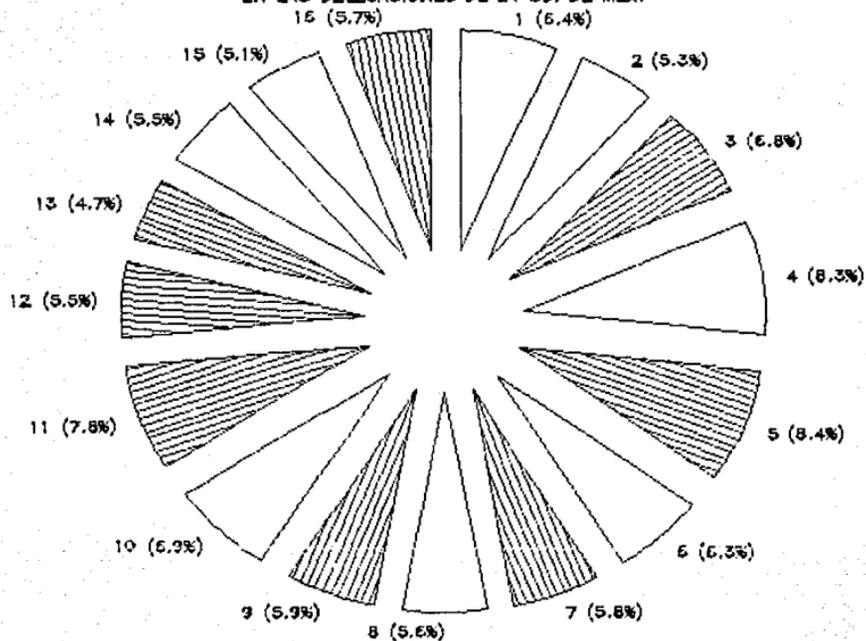
1984

DELEGACION	GENERACION POR ESTRATOS			GENERACION
	ALTO	MEDIO	BAJO	PROMEDIO
1 ALVARO OBREGON	0.583	0.568	0.573	0.575
2 AZCAPOTAZALCO	0.474	0.451	0.487	0.471
3 BENITO JUAREZ	0.599	0.588	0.626	0.604
4 COYOACAN	0.878	0.744	0.589	0.737
5 CUAJIMALPA	0.763	0.752	0.725	0.747
6 CUAHUTEMOC	0.602	0.562	0.525	0.563
7 GUSTAVO A. MADERO	0.599	0.542	0.405	0.515
8 IZTACALCO	0.551	0.479	0.477	0.502
9 IZTAPALAPA	0.565	0.523	0.492	0.527
10 MAGDALENA CONTRERAS	0.654	0.505	0.696	0.618
11 MIGUEL HIDALGO	0.854	0.756	0.471	0.694
12 MILPA ALTA	0.465	0.498	0.498	0.487
13 TLAHUAC	0.423	0.429	0.405	0.419
14 TLALPAN	0.534	0.496	0.434	0.488
15 VENUSTIANO CARRANZA	0.509	0.432	0.435	0.459
16 XOCHIMILCO	0.599	0.460	0.474	0.511
TOTAL PROMEDIO:	0.603	0.549	0.520	0.557



# GENERACION PROMEDIO DE BASURA

EN LAS DELEGACIONES DE LA CD. DE MEX.



GRAFICA 3

## CAPITULO DOS

También la basura producida por el comercio es muy abundante, sobre todo la de los mercados, grandes tiendas de autoservicio y de los restaurantes. Se estima que sumando la basura doméstica y comercial se tiene el 78.80 % de los desechos que se generan en la ciudad. ( 8 )

Las industrias producen un 20.80 % de los desechos sólidos en esta ciudad, entre los que se encuentran algunos de carácter peligroso que no se depositan dentro del área metropolitana.

Otro tipo de basura, que por su contenido reviste importancia, es la generada por los hospitales; su monto asciende a 46 toneladas diarias, un 0.40 % del total producido. Se trata de desechos que deben ser incinerados y transportados de manera especial, de acuerdo con el reglamento para el servicio de limpia en el Distrito Federal. Sin embargo, se calcula que en solo 20 de los hospitales y clínicas de la ciudad de México se incinerarán los desechos quirúrgicos. De acuerdo con un análisis reciente hecho por la S.E.D.U.E., los desechos hospitalarios se han clasificado según el lugar en que se producen de la siguiente manera : ( 9 )

- 1.- Cocinas.
- 2.- Areas administrativas.
- 3.- Sección de obstetricia.
- 4.- Departamento de cirugia y emergencia incluyendo primeros auxilios y cuartos de paciencia.
- 5.- Laboratorios, morgue, departamento de patologia y sección de autopsias.
- 6.- Cuartos y áreas de preparación de medicamentos y vendajes.

## CAPITULO DOS

- 7.- Cuartos de aislamientos y áreas de tratamientos de enfermos contagiosos.
- 8.- Bioterios y cultivos.
- 9.- Departamento de radiografía y radioterapia.
- 10.- Areas de recepción, salas de espera y los producidos en la limpieza general y en almacenes de recepción y farmacias.

## CAPITULO DOS

### II.2.- La recolección.-

La recolección de basura en el Distrito Federal, es un servicio descentralizado en cada una de las 16 Delegaciones del Departamento del Distrito Federal. La recolección se realiza con la participación de barrenderos con carros manuales, de camiones recolectores con personal de recepción de máquinas barrenderas y trailers para transporte de grandes cantidades de basura. En 1982 se calculó que existían unos 16 mil trabajadores del D.D.F., destinados a estas tareas. Los barrenderos recorren las 6 U 8 calles que les asignan bariendo la vía pública y recogiendo la basura de las casas o comercios. Se incluye también en este grupo al personal que recoge la basura de algunas vías rápidas en botes manuales. Estos trabajadores hacen una selección de los materiales que pueden comercializar y el resto lo entregan a los camiones recolectores de su zona.

Los camiones recogen basura doméstica o comercial en diversas calles siguiendo el antiguo método de llamar a la gente con una campana con lo cual dejan de recoger la basura de las personas que no se encuentran en sus casas en el momento que pasan los vehículos. En los camiones también se hace una selección parcial de algún tipo de basura comercializable y después se deposita la basura en estaciones de transferencia o en el tiradero que se les asigna.

Los barrenderos y los camiones recolectores, hacen la mayor parte del trabajo de limpieza de la ciudad. Funcionan informalmente bajo el sistema de propinas, entregadas en cada casa al personal de los carritos de mano o en edificios a los conductores de los camiones recolectores.

Funcionan también unas 250 máquinas barrenderas; las cuales tienen la función de recoger la basura en un número limitado de vías públicas, de donde lo conducen a las estaciones de transferencia. ( ver capítulo IV )

Un grupo de trailers recoge directamente la basura en las estaciones de transferencia y la conducen a los tres tiraderos con que cuenta el Departamento del Distrito Federal: Santa Catalina, Prados de la Montaña Y Bordo Poniente.

## CAPITULO DOS

Deben incluirse en este rubro los camiones de carga que recogen la basura en parques y jardines, actividad que se incrementa cuando se deshojan o podan los árboles. Otro tipo de recolección se hace en el conjunto de papeleras que hay en las calles del centro de la ciudad, de donde el personal de los camiones extrae la basura.

En la actualidad existen unos 2,000 vehículos para el servicio de limpia en el Distrito Federal, de los cuales 500 han sido rentados a particulares debido a las dificultades económicas que para su adquisición ha tenido el D.D.F. en los últimos años.

El problema de este sistema es su incapacidad para recoger el total de la basura en el Distrito Federal. Se estima que en 25 o 30 % de la basura generada no es recogida por el servicio de limpia. Cuando la gente no puede entregar su basura a los barrenderos o camiones recolectores la deposita en barrancas, lotes baldíos, lechos de antiguos arroyos o en la vía pública. La basura que se tira a las calles es recogida periódicamente por los camiones recolectores; pero como el origen del problema continúa, se tienen en la práctica basureros permanentes que constituyen focos de infección para las colonias aledañas. Entre 1983 y 1987 el D.D.F. retiró 21 mil concentraciones de basura en diferentes lugares. Para ello tuvo que hacer campañas de concientización ciudadana en cada zona.

El problema de la insuficiencia de l sistema se debe en parte a las grandes distancias que los camiones recolectores deben hacer para llevar la basura a los tiraderos. Por ello se construyeron estaciones de transferencia, buscando aumentar el número de viajes de los vehículos recolectores, (Ver capítulo IV). Actualmente los camiones hacen un promedio de dos viajes diarios a los tiraderos.

Otro problema, estrechamente ligado al anterior, es el de la ausencia de una cultura para el adecuado depósito de los desechos. Prácticamente en todos los estratos socioeconómicos se acostumbra a tirar basura en la calle de manera indiscriminada, desde los automóviles o consumiendo alimentos en la vía pública.

## CAPITULO DOS

### II.3.- La disposición de la basura.-

Los tiraderos de basura a cielo abierto en la ciudad de México han constituido fuertes problemas de contaminación. Ubicados originalmente fuera de la mancha urbana, fueron quedando dentro de ella con el crecimiento acelerado de la ciudad, que constituyó un foco de contaminación de 150 hectáreas de superficie. Este tiradero fue formado en 1948 y en 1983 recibía 3 mil toneladas diarias de basura, habiendo acumulado un total de 44 millones de toneladas. Ya saturado representó un área de infección continua y de desarrollo de la fauna nociva, lo cual vino a agravarse con un fuerte incendio desatado a principios de los años ochenta. ( 10 )

Para enfrentar este problema el D.D.F. clausuró ese tiradero en 1983 y se propuso construir en su lugar un parque. La primera etapa fue compactar la basura y cubrirla con una capa de material inerte ( tepetate ) de 40 cms de espesor, capaz de impedir filtraciones de agua hacia los estratos inferiores. Paralelamente se realizaron perforaciones en pozos de biogas, para controlar que estos gases no contaminaran. Posteriormente se construyeron 3 kms de vialidad y una barda perimetral de 6 kms. de longitud. Finalmente se sembraron arboles y se construyeron kioscos, andadores, bodegas e inmuebles comerciales. Esta obra fue terminada en el año de 1987.

Otro problema de contaminación era el tiradero de Santa Fé, que fue clausurado en mayo de 1987. Ahí se construirá el llamado " parque metropolitano ". ( 11 )

Los tiraderos que están en funcionamiento actualmente tienen las siguientes características :

- El tiradero de Santa Catarina recibe unas 1,683 toneladas de basura al día;. Tiene una superficie de 30 hectáreas y está ubicado al oriente de la ciudad, en la delegación Ixtapalapa, a un lado de la carretera México - Puebla. Fue fundado en 1982 y se estima que tendrá una vida útil de 6 años.

## CAPITULO DOS

- El tiradero de bordo poniente tiene unas 75 hectáreas y recibe alrededor de 3,076 toneladas de basura al día. Está ubicado al noreste, en terrenos federales bajo la jurisdicción de la Comisión del Lago de Texcoco. Fué fundado en 1984 y se planea construir un parque recreativo.

- El tercer tiradero es el de prados de la montaña, cercano al clausurado de Sta. Fé. Es receptor de los desechos que antes le correspondieron a este. Entró en funcionamiento en 1987 y recibe unas 927 toneladas por día. En el cuadro No 2 se puede observar los datos anteriores en forma resumida.

El tiradero de bordo Xochiaca es el mas grande de todos con 215 hectáreas, oficialmente solo recibe basura de los municipios del Estado de México, sin embargo, se señala que recibe unas 400 toneladas por día ( 12 ). Está ubicado al nororiente de la ciudad fué fundado en 1967.

Debe señalarse que hay una diferencia entre las toneladas de basura depositadas en los tiraderos y la generada. De las 11 mil toneladas que se producen llegan a los tiraderos poco menos de 5 mil. Se estima que la diferencia corresponde a la basura no recolectada por el personal de limpia y los pepenadores nocturnos. Actualmente se depositan alrededor de 5,686 toneladas de basura al día lo cual nos da un déficit de alrededor de 5,000 toneladas por día, el cual se reparte entre la pepena, mala recolección, etc. En la gráfica 4, se puede observar esta estadística con mas claridad.

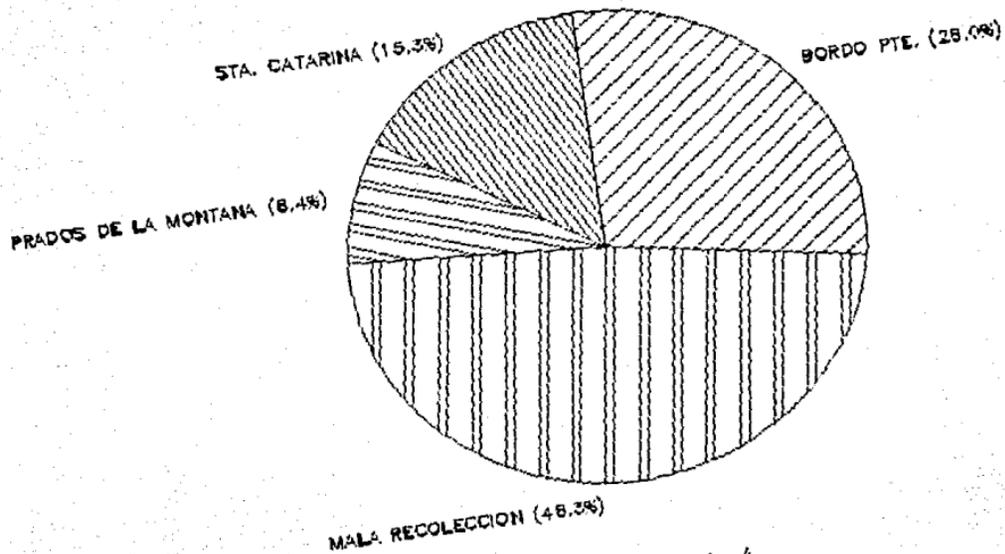
El problema principal de los tiraderos de basura abierto es la contaminación. El suelo es afectado por la generación de líquidos formados de compuestos orgánicos e inorgánicos, en donde existen fuertes dosis de metales pesados, junto con los líquidos llamados lixiviados. La atmósfera es contaminada por la dispersión de microorganismos en las épocas de fuertes vientos. Precisamente los tiraderos que existen están ubicados en las zonas de entrada de vientos a la ciudad. Además debe mencionarse la generación de fauna nociva, como insectos o roedores, como otro efecto contaminante de los tiraderos de basura.

CUADRO No 2

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SITIOS DE DISPOSICION FINAL

SITIOS DE DISPOSICION	FECHA DE INICIO	UBICACION	SUPERFICIE ( HAS )	RECEPCION TON/DIA	VEHICULOS REUN./DIA	VIDA UTIL	DELEGACIONES DEPOSITADAS
BORBO PONIENTE	15-02-85	ZONA FEDERAL DEL LAGO DE TEXCOCO	75	2,076	326	3 AÑOS	-XOCHIHUILCO -IZTACALCO -G.A. MADERO -V. CARRANZA -AZCAPOTZALCO -C. DE ABASTO -D.G.S.U.
SANTA CATARINA	1-11-82	CARRETERA MEXICO- PUEBLA	30.2	1,683	189	5 AÑOS	-COYACACAN -IZTAPALAPA -AZCAPOTZALCO -B. JUAREZ -D.G.S.U. -CUAUILTEPEC -TLAXIAC -TLALPÁN -IZTACALCO -EDO. DE MEX.
PRADOS DE LA MONTANA	1987	KM. 109 DEL ANTI- GUO CAMINO REAL DE TOLUCA	---	927	228	---	-AZCAPOTZALCO -A. OREGON -B. JUAREZ -M. CONTRERAS -M. HIDALGO -CUAJIMALPA -COYACACAN -CUAUILTEPEC -TLALPÁN

DEFICIT EN LA RECOLECCION DE  
BASURA EN EL D.F.



GRAFICA 4

## CAPITULO DOS

Otro punto de llegada de basura en el D.F. es la planta industrializadora de San Juan de Aragón, construida en el año de 1974. Esta planta esta diseñada para producir composta a partir del procesamiento de 750 toneladas diarias, ( ver capítulo III ). En la actualidad opera con pérdida porque ha sido mas caro producir el abono que su propia venta en el mercado, por lo cual solo recibe 250 toneladas diarias, siendo la tercera parte de su capacidad. ( 13 )

## CAPITULO DOS

### II.4.- El reciclaje de los desechos sólidos.-

Pese a la impresión generalizada que se tiene de la basura, como desecho y dañino, ha constituido desde hace tiempo una importante fuente de riqueza. El reciclaje de la basura es una actividad económica que involucra a miles de personas en la ciudad de México y que se integra a diferentes actividades productivas.

El aprovechamiento de la basura para su reutilización se realiza principalmente en los tiraderos de basura, aunque también hay selecciones mínimas en los camiones de basura o en los carritos recolectores donde se seleccionan algunos materiales, principalmente cartón, para su venta en depósitos de particulares. También existen pepenadores nocturnos que se dedican a seleccionar algunos de los desechos de los pequeños tiraderos que se forman en lotes baldíos, esquinas o parques.

En los tiraderos oficiales de desechos sólidos de la ciudad de México existe un sistema de aprovechamiento informal, ya que no se tiene una acción gubernamental que reglamente o establezca normas para esta actividad. Unas 12,800 personas están organizadas bajo una forma de subempleo que obedece a reglas no oficiales pero sumamente rígidas, ( 14 ). No existe una relación laboral reconocida entre trabajadores y patrones, estos no constituyen algún tipo de empresa registrada, ni pagan impuestos o derechos por las transacciones que realizan. En la práctica los pepenadores, encargados de seleccionar todos los desechos aprovechables, son una especie de obreros bajo un sistema antiguo de maquila. Viven en el mismo tiradero y su trabajo lo realizan en grupos familiares que establecen fuertes nexos de solidaridad con el resto de la comunidad, pero sobre todo, están firmemente sometidos por los patrones, quienes también asumen el papel de dirigentes políticos.

La regla principal de la selección de basura en los tiraderos es que no se puede vender ningún producto fuera del lugar. Las familias recolectoras dedican todo un día de trabajo para seleccionar la basura que llega de un camión, lo que equivale aproximadamente a tres toneladas. De esa basura extraen 300 kg de materiales reciclables, los cuales son vendidos a los patrones, después de ser pesados en sus básculas.

## CAPITULO DOS

las cuales marcan en ocasiones menos del peso real. Así una familia de pepenadores, compuesta en general por cinco miembros, obtiene un salario individual equivalente al 41 % del salario mínimo. En conjunto la familia obtiene un ingreso mensual de unos dos salarios mínimos. ( 15 )

Los principales productos que se obtienen en los tiraderos son residuos orgánicos ( 50.90 % ), papel ( 13.77 % ), vidrio ( 9.41 % ), plástico ( 6.21 % ) y cartón ( 3.36 % ). ( 16 ). Sin embargo, hay otros productos de menor importancia (Ver cuadro 3), y algunos que no son reciclables porque no tienen una demanda considerable.

Las industrias que sistemáticamente compran los insumos generados en los tiraderos para su reciclaje con los de papel y cartón, llantas, poliductos para instalaciones hidráulicas y eléctricas, madera comprimida, vidrio, fibra de vidrio, piezas de maquinaria en general, conductores eléctricos, aluminio, zinc, cobre, materiales refractarios, alimento para animales, abono, gelatinas, cosméticos, pegamentos, alimentos, suelas para zapatos, juquetes, colchones y estopas, entre otras. ( 17 )

Uno de los problemas de este sistema de recolección es su condición primitiva de aprovechamiento. Solo se utilizan bieldos, ganchos y las propias manos de los pepenadores. El trabajo resulta ser muy intenso y el resultado es muy pobre, ya que solo se aprovecha el 10 % de la basura, sobre todo porque no existen sistemas mecánicos de recolección y selección.

CUADRO No 3

COMPOSICION PORCENTUAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS RECOLECTADOS EN LA CIUDAD DE MEXICO

COMPONENTES	PESO TON/DIA	% PESO
RECICLABLES		
CARTON	349.44	3.37%
HUESO	96.72	0.93%
HULE	31.20	0.30%
LATA	186.16	1.80%
LOZA Y CERAMICA	119.60	1.15%
MADERA	58.24	0.56%
MATERIALES DE CONSTRUCCION	298.48	2.88%
MATERIAL FERROSO	16.64	0.16%
PAPEL	1,422.08	13.82%
PLASTICO RIGIDO PELICULA	645.84	6.23%
RESIDUOS ALIMENTICIOS	4,574.96	44.15%
TRAPO	719.68	6.95%
VIDRIO DE COLOR	190.32	1.84%
VIDRIO TRANSPARENTE	361.92	3.49%
	564.72	5.45%
NO RECICLABLES		
CUERO	19.76	0.19%
RESIDUO FINO	59.28	0.57%
ENVASES CARTON ENGERADO	139.36	1.34%
FIBRA DURA VEGETAL	8.32	0.08%
FIBRAS SINTETICAS	6.24	0.06%
MATERIAL NO FERROSO	53.04	0.51%
PANAL DESECHABLE	318.24	3.07%
POLIESTIRENO EXPANDIDO	31.20	0.30%
OTROS	80.08	0.77%
TOTAL :	10,361.52	100.00%

## CAPITULO DOS

### II.5.- Diagnóstico general de la disposición final de desechos en nuestro país

En este punto se describirá la necesidad en nuestro país de desarrollar sitios de disposición final para desechos sólidos proyectados y manejados adecuadamente describiendo las ventajas que acarrearían estos, así como una solución a la problemática actual de contaminación. No se describirán ningún otro método en este capítulo sino solamente se sugerirán ciertas medidas a tomar utilizando los llamados rellenos sanitarios. Este tema es tratado con detalle en los capítulos siguientes.

Para formar consciencia de la problemática actual en la disposición de los desechos a nivel nacional, mencionaré los aspectos principales que enmarcan esta situación en la mayor parte de las ciudades de la república, asentándose esta en las urbes con mayor número de habitantes por los volúmenes que manejan, así como los que tienen una actividad industrial importante, siendo estos aspectos los siguientes :

- 1.- La localización actual de los tiraderos no se ha determinado a través de un estudio apropiado.
- 2.- Debido a deficiencias en la recolección se tira la basura indiscriminadamente en cualquier lugar público.
- 3.- Donde existen campañas para conscientizar sobre este problema, estos son parciales y no llegan a ser continuas.
- 4.- En algunas de las enormes metrópolis el volumen de desechos es tan grande que sobrepasa la capacidad de manejo con la que se dispone.
- 5.- Los tiraderos han contaminado el suelo, el aire y pueden haber contaminado de forma irreversible los mantos freáticos.
- 6.- Los sitios de disposición final no se han contemplado como áreas planeadas para zonas de reserva natural.
- 7.- Los intereses creados en la llamada " pepena " son enormes.

## CAPITULO DOS

- 8.- Existen numerosas familias que viven de esta actividad, y tienen como habitat natural el mismo tiradero.
- 9.- Las condiciones sanitarias en las que viven estas familias son nulas, provocando con esto un alto indice de mortandad, sobre todo infantil.
- 10.- La mayoría de los tiraderos recibe todo tipo de desechos domiciliarios, hospitalarios e industriales, incluyendo en ocasiones los denominados como peligrosos.
- 11.- No existe un control sobre todo de entradas y salidas de vehiculos ni en número de unidades ni en peso, lo que lleva a no tener ni un solo dato estadístico que ayude a una mejor planeación.
- 12.- Debido a que no se cumplen con las especificaciones de relleno sanitario existe la proliferación de fauna nociva y por supuesto contaminación al medio ambiente.
- 13.- Los malos olores que se generan traen como consecuencia malestar en los habitantes de las zonas cercanas a los tiraderos, incrementándose en el caso que el tiradero haya sido establecido sin tomar en cuenta los vientos dominantes.
- 14.- Debido a la falta de cementerios industriales muchos de estos van a parar a los lugares destinados para desechos domiciliarios, y en algunos de los casos se desconoce su destino.
- 15.- De la misma forma que se dispone de los desechos industriales se dispone de los hospitalarios, los cuales en teoría deberían incinerarse.

Debido a los puntos expuestos con anterioridad, de no tomar medidas urgentes se pueden esperar las siguientes consecuencias.

- Las familias que se desenvuelven dentro de estos tiraderos viven inevitablemente una serie de degeneración social y física con el consecuente subdesarrollo en todos los aspectos

## CAPITULO DOS

- El agua estancada es la condición principal para el crecimiento de moscas y mosquitos, especialmente algunos que acarrearán peligrosísimas enfermedades a la gente y a los animales domésticos.
- Los tiraderos abiertos propician proliferación de plagas como las ratas, mismas que se trasladan a casas y edificios cercanos causando problema de tránsito de enfermedades.
- Los tiraderos a cielo abierto atraen a diferente clase de animales, tales como aves, ganado, etc., lo que ocasiona que se transmitan las enfermedades rápidamente. El problema llega a ser tan grave, que en los Estados Unidos de Norte América se encuentra prohibido el instalar rellenos sanitarios cercanos algún aeropuerto ya que la entrada de los vientos es tan fuerte que puede provocar que se transfieran las enfermedades con mayor facilidad.
- Un lugar de disposición a cielo abierto, siempre ofrecerá el riesgo de incendio, llegándose a presentarse en ocasiones algunos de gran magnitud sobre todo por la falta de control en el gas.
- El gas es un problema invisible de suma importancia dentro de un lugar de disposición final, este es generado de la descomposición de los residuos sólidos llegando a ser muy serio, en primer lugar por su impacto potencial, y en segundo término porque no es visible como los problemas anteriores y por lo tanto no es también tratado.
- Otro problema de suma importancia y parecido al anterior, es el lixiviado que se forma a medida que el agua pasa a través de los residuos y arrastra una variedad de contaminantes biológicos y químicos. El lixiviado es una fuente potencial de polución para el terreno, aguas superficiales y subterráneas habiendo llegado a afectar el suministro de agua para el hombre o para todos usos; así mismo ha llegado a producir mortandad de peces y otras especies acuáticas.

## CAPITULO DOS

- En ciudades cuyo crecimiento industrial ha sido considerable y en las cuales no se ha manejado, ni dispuesto los residuos peligrosos o potencialmente dañinos mediante un sistema adecuado, estos podrán causar daños irreversibles a los ecosistemas de la región y presentar riesgos a largo plazo para los habitantes del área.
- En poblaciones donde no existe control de incineración de desechos hospitalarios, normalmente estos son depositados sin ninguna medida en los mismos tiraderos, existiendo en estos lugares un alto riesgo de contaminación de enfermedades, siendo transmisores potenciales las personas y animales que habitan dentro del área del basurero.

Todo lo anterior denota un alto grado de peligrosidad que va incrementándose en la medida en que crece la generación de desechos, acentuándose en lugares donde menos importancia se le da al problema. ( 18 )

## CAPITULO DOS

### II.6.- Medidas que son necesarias tomar.-

Son varias las medidas que se deben tomar para resolver los problemas de contaminación originados por los desechos sólidos manejados de la manera como se ha expuesto hasta ahora, interviniendo principalmente los aspectos técnicos, económicos, administrativos; pudiéndose resumir en el siguiente orden :

1.- Se debe recurrir a la mas moderna y probada tecnología, adaptándola a nuestras dificultades y posibilidades.

2.- Revisar y actualizar los reglamentos existentes acerca del manejo y destino final de desechos sobre todo industriales y hospitalarios, a su vez será necesario implantar brigadas que se dediquen a ver el cumplimiento del mismo.

3.- Resolver el problema social de las personas que viven de los desechos y entre ellos, analizándose la factibilidad económica de instalar plantas procesadoras de basura, dando con esto una ocupación a esa gente, un salario más justo, beneficios de seguridad social y lo principal el de poderles darles una oportunidad de pertenecer a un medio productivo donde pueden adaptarse a condiciones de vida mejores, a su vez en las plantas procesadoras se tendrá un mayor volumen de basura reciclable con un cierto valor económico.

4.- Clausurar tiraderos localizados en zonas donde el riesgo de contaminación por presencia de mantos freáticos cercanos, o zonas urbanas pueda ser alto.

5.- Abrir nuevas áreas de rellenos sanitarios, mismos deberán ser el resultado de una planeación que determine el terreno que reúna las cualidades idóneas, tomando en consideración la topografía, las condiciones del suelo, la presencia o ausencia de cuerpos de agua superficiales o subterráneas, distancia a los centros de generación de desechos, presencia de material para cobertura, condiciones ambientales locales, y el uso potencial al que es podrá destinar el terreno una vez terminado el relleno sanitario, como pueden ser zonas arboladas, parques recreativos, campos de golf, etc.

## CAPITULO DOS

6.- Se debe evitar deficiencias administrativas, así como los intereses creados que existan y que en algún momento pudieran impedir la modernización del sistema mediante la incorporación de nuevas tecnologías.

7.- Es necesario manejar en forma separada los residuos peligrosos, creando a la vez cementerios industriales, que ofrezcan una solución aceptable desde el punto de vista ecológico y ambiental para la disposición adecuada de este tipo de desechos.

8.- Es conveniente estudiar la posibilidad de la incineración en donde pudiera ser necesaria, tomando en cuenta principalmente el aspecto económico, en nuestro país resulta una alternativa muy cara debido a que a la legislación actual no permite fácilmente la generación de energía eléctrica, la cual es una de las posibilidades de recuperar las inversiones realizadas.

9.- Finalmente es necesario considerar la posibilidad de buscar através de precios, promociones y concientización ciudadana, que esta sea la primera en recuperar parte de la basura, reduciendo así el volumen de la misma.

## CAPITULO DOS

### II.7.- Conclusiones y recomendaciones.-

A manera de concluir con éste capítulo mencionaré algunos de los puntos ya tratados, y daré alguna recomendación que dan algunos autores.

" Es palpable la necesidad que tiene nuestro país de implementar sistemas de manejo de desechos sólidos adecuados, no siendo de nuestra exclusividad este problema, ya que se presenta en general en todos los países de desarrollo; sin embargo es más notorio en los que tenemos un crecimiento de población acelerada, conjuntamente con el crecimiento de nuestra industria. " ( 19 )

Se considera oportuno mencionar que a estas fechas las dependencias gubernamentales encargadas del caso, han establecido programas nacionales de ecología, siendo los objetivos generales de dichos programas los siguientes :

- 1.- Controlar y abatir la contaminación del agua, aire y suelo para mejorar la calidad de vida de la población urbana y rural.
- 2.- Promover la formación de conciencia ambiental para lograr la participación de la población en la resolución de la problemática del medio ambiente.
- 3.- Para que estos objetivos se vean realmente realizados se requiere de un enorme esfuerzo de parte de las autoridades y de los ciudadanos, el cual es necesario por el bien de todos.

**C A P I T U L O I I I : M E T O D O S D E T R A T A M I E N T O D E L O S R E S I D U O S  
S O L I D O S U R B A N O S**

## CAPITULO TRES

### III.- Antecedentes.-

La habilidad de la humanidad para producir basura no esta de acuerdo con su capacidad para deshacerse de ella. Estamos encarrando un problema de grandes dimensiones que amenaza con sepultarnos.

Aire sofocante, humo, rios contaminados, calles llenas de desperdicios, etc., son factores nocivos que ensombrecen el panorama y elementos dafinos para las plantas y animales asi como una amenaza constante para la humanidad.

Un gran obstáculo para encontrar una solución contra este envenenamiento del ambiente es el actual sistema de eliminación de basura; al quemarla, echarla a los rios o arrojarla a terrenos baldíos.

Es necesario eliminar o controlar los residuos de las áreas urbanas, via la reutilización y el aprovechamiento en forma integral, con procesos modernos de Ingeniería y económicamente factibles, disminuyendo así, la contaminación de nuestro ambiente.

Las basuras de los centros urbanos como el de la Ciudad de México suman cientos de toneladas por día y esto causa serios problemas singulares sobre planeación, estudios económicos y sociales, tendientes a establecer mejores sistemas de recolección y adecuados métodos de eliminación o transformación.

Muchas y muy variadas han sido las técnicas que ha empleado el hombre a través de la historia para tratar los residuos sólidos que genera diariamente, al llevar a cabo las diferentes actividades en que se involucra, para alcanzar mejor nivel de vida. Tales técnicas han sido desarrolladas, en su mayoría, en países industrializados, sobre todo a partir de la construcción en Oldham, Inglaterra, a mediados del siglo pasado, de la primera planta incineradora de basura con aprovechamiento de vapor para la generación de energía eléctrica.

## CAPITULO TRES

Todas las técnicas y métodos desarrollados para el tratamiento de basura, han pretendido además de resolver el problema, obtener ciertos subproductos que al ser comercializados, permitan la recuperación financiera que estos procesos requieran.

### NOTA :

La parte correspondiente a los rellenos sanitarios será tratada en el siguiente capítulo.

Solo se definirá al relleno sanitario como :

" METODO DE INGENIERIA CON EL CUAL SE DISPONE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN TIERRA, DE MANERA DE PROTEGER AL MEDIO AMBIENTE DISTRIBUYENDO LOS RESIDUOS EN CAPAS FINA, COMPACTANDOLOS AL MENOR VOLUMEN POSIBLE CUBRIENDOLOS CON TIERRA "

## CAPITULO TRES

### III.2.- Tratamiento con obtención de productos comercializables.-

Debido a que la producción de basura se da en mayor o menor escala en todos los pueblos del mundo, en esta medida se han desarrollado técnicas para su tratamiento, tendientes a darle un valor agregado al desecho que como ya se mencionó anteriormente, permitan la recuperación financiera que estos procesos requieren a mediano o largo plazo.

De los tratamientos que se mencionen a continuación, algunos no se desarrollan a nivel industrial; por lo que en estos casos se desconocen sus costos de operación. Además ninguno de ellos es totalmente eficiente, razón por la que queda un residuo que debe ser transferido a un sitio para su disposición final.

#### III.2.1. Reciclaje.

El reciclaje de materiales recuperables implica la devolución al ciclo de consumo de estos mismos terminados o intermedios que son subproductos que se generan en el ciclo habitual de la transformación de recursos naturales en bienes de consumo.

Este proceso por sus características debe considerarse como un pretratamiento con el que se deben contar todos los métodos para el tratamiento de residuos sólidos con obtención de productos comercializables.

El objetivo de este proceso es separar de la basura fresca una serie de materiales que dadas sus características y su demanda prima en la industria.

A continuación se instalan los principales tipos de materiales reciclables : ( 20 )

### CAPITULO TRES

- Algodón
- Cartón
- Cuero
- Envases de cartón encerado
- Fibras sintéticas
- Hueso
- Hule
- Lata
- Loza y cerámica
- Madera
- Materiales ferrosos ( Chatarra )
- Materiales no ferrosos como:
  - Aluminio
  - Cobre
  - Antimonio
  - Bronce
  - Etc.
  
- Papel
- Plástico
- Trapo
- Vidrio
- Otros

Estos materiales al ser separados de la basura permiten obtener la materia orgánica contenida en esta para su posterior tratamiento.

#### TECNICAS EMPLEADAS PARA EL RECICLAJE DE MATERIALES CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SOLIDOS

##### RECICLAJE MANUAL:

Esta técnica si así pudiera llamarsele, se conoce en México como pepena y es muy popular en países subdesarrollados e incluso se registra aisladamente en algunas zonas paupérrimas de países desarrollados y consiste en separar manualmente una serie de subproductos que el pepenador vende o utiliza en forma particular como: Zapatos, Muebles, Ropa, Alimentos, Metales,

La basura en nuestro país se ha dado como una actividad de mucha intensidad y abarca desde la recolección, hasta la disposición final de la basura, sobre todo en los tiraderos a cielo abierto, oficiales y clandestinos, así como en los enterramientos no controlados, además de presentarse también en varios de los pocos rellenos sanitarios que operan en la República Mexicana. Esta situación ha impedido que los municipios comercialicen el material reciclable como una opción de autofinanciamiento para la prestación del servicio de limpia.

#### RECICLAJE MECANICO:

Los procedimientos utilizados para esta función, depende básicamente de las características que presenten los subproductos por separar, algunos de los métodos más usuales son los siguientes:

- Trituración - molienda
- Tamizado
- Centrifugado
- Por medios ópticos
- Por diferencia de densidad de los residuos
- Eléctricos

Estos métodos se han intensificado hoy en día, sobre todo en países desarrollados, dado que en ellos la problemática social no es tan marcada como en países semejantes al nuestro, además se ha desarrollado toda una industria de bienes de capital en este campo.

## CAPITULO TRES

### RECICLAJE SEMIMECANIZADO

Esta técnica además de contar con las ventajas que ofrecen los procesos mecánicos de reciclaje, presenta la ventaja de integrar trabajadores que por sus características socioeconómicas encuentran en la pepena un medio de subsistencia.

La técnica en cuestión consiste en separar manualmente los subproductos reciclables de la basura que circula por medio de bandas accionadas mecánicamente.

Los trabajadores están dispuestos a lo largo de la banda en parejas y cada una de estas tiene la tarea específica de seleccionar un solo tipo de material.

Una vez separados estos subproductos la parte restante de la basura estará compuesta principalmente por materia orgánica y materiales que no fueron seleccionados, a este respecto y de acuerdo a una serie de estudios que se han hecho, se ha logrado determinar aproximadamente la eficiencia de separación de subproductos por selección manual, siendo los siguientes :

<u>PRODUCTO</u>	<u>% DE EFIC. DE SEPARACION</u>
PAPEL	5 %
CARTON	80 %
PLASTICO DURO	70 %
PLASTICO PELICULA	60 %
VIDRIO	40 %
TRAPO	60 %
METAL	90 % (sep. magnetica)

## CAPITULO TRES

### III.2.2.- Pirólisis .

Este tratamiento consiste en la descomposición de materia orgánica por calentamiento a altas temperaturas, bajo presión y en una atmósfera pobre o libre de oxígeno, en un reactor diseñado especialmente para este proceso. Como resultado de la reacción anterior se obtienen compuestos orgánicos en los siguientes estados :

- 1.- Gaseosos
- 2.- Sólidos
- 3.- Líquidos

El mayor o menor rendimiento en la formación de cada uno de estos productos, depende de la composición del material sometido a este proceso, sobre todo de la humedad de la materia orgánica y de factores como la temperatura, presión, tiempo de proceso y velocidad de transferencia de calor en la cámara pirolítica.

El reactor pirolítico consta de una retorta calentada con gas; hermética y rebestida con una chaqueta bien aislada.

Esta retorta gira lentamente y tiene una pequeña inclinación en el sentido de la alimentación hacia la descarga, los residuos son alimentados a través de un sello que se abre intermitentemente y son sometidos dentro de la retorta a temperaturas de 650 a 1,400 grados centígrados, en una temperatura libre de oxígeno; al estar en ausencia de oxígeno los materiales no entran en una combustión propiamente dicha, sino que son descompuestos en sólidos, líquidos y en gases.

La producción de gases dentro del reactor es de aproximadamente 1.56 m<sup>3</sup>/kg de residuo alimentado.

Los reactores tienen capacidades que van de 250 kg/hora hasta 12,000 kg/hora, y el ciclo desde la alimentación hasta la descarga dura de 12 a 15 minutos.

### CAPITULO TRES

En la actualidad la pirólisis ha sido usada solamente para residuos sólidos municipales y no existe mucha experiencia en cuanto a residuos tóxicos e industriales, sin embargo es viable si éstos residuos contienen una parte considerable de materia orgánica.

La pirólisis tuvo su origen en los Estados Unidos a principios de siglo para resolver el problema de los residuos producidos en su industria maderera, obteniendo carbón vegetal como producto primario. Este país es el único en el mundo que emplea éste método como alternativa de tratamiento de residuos sólidos municipales, logrando reducir el volumen inicial hasta un 50 %. ( 21 )

## CAPITULO TRES

### III.2.3.- Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es el tratamiento que tiene por objeto descomponer materias orgánicas y/o inorgánicas dentro de un digestor hermético. Sin oxígeno molecular, prosiguiendo el proceso hasta que se produzca gas metano y dióxido de carbono .

El proceso de digestión anaeróbica abarca una serie sumamente compleja de reacciones bioquímicas provocadas por el cultivo de una mezcla de bacterias. Durante la digestión se producen dos fases de descomposición: la fase de licuación, seguido de la fase de gasificación . ( Figura 1 )

La primera fase la producen principalmente saprófitos, que convierten los compuestos orgánicos macromoleculares en compuestos ácidos micromoleculares, la mayoría de estas bacterias son facultativas, capaces de reproducirse rápidamente y son poco sensibles a los cambios ambientales. Estas bacterias forman ácidos, con ayuda de ENZIMAS EXTRACELULARES transforman casi toda la materia carbonácea en ácidos volátiles y agua.

La segunda fase producen bacterias que forman metano, con la ayuda de ENZIMAS INTRACELULARES, transforman los ácidos en Metano y bióxido de carbono. Este tipo de bacterias son estrictamente anaeróbicas, tienen un bajo porcentaje de reproducción y son sumamente sensibles a los cambios de pH. y temperatura.

En ausencia de bacterias metanógenas, con el proceso de digestión solo se consigue la licuación de la materia orgánica. En cambio, si en ciertas condiciones la licuación se produce mas rápidamente que la gasificación, la resultante acumulación de ácidos, inhibe las bacterias metanógenas y el proceso de digestión funciona mal. Por consiguiente los dos tipos de bacterias deben estar debidamente equilibradas. Sin embargo, las condiciones óptimas para las bacterias gasificantes son también satisfactorias para las bacterias licuantes.

La materia orgánica licuada en el digestor se llama sobrenadante, mientras que los sólidos estabilizados se llaman lodos digeridos. Ambos materiales tiene que extraerse a intervalos regulares del digestor, con objeto de evitar la inhibición del proceso anaeróbico.

**VÍAS PRINCIPALES DEL PROCESO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA**

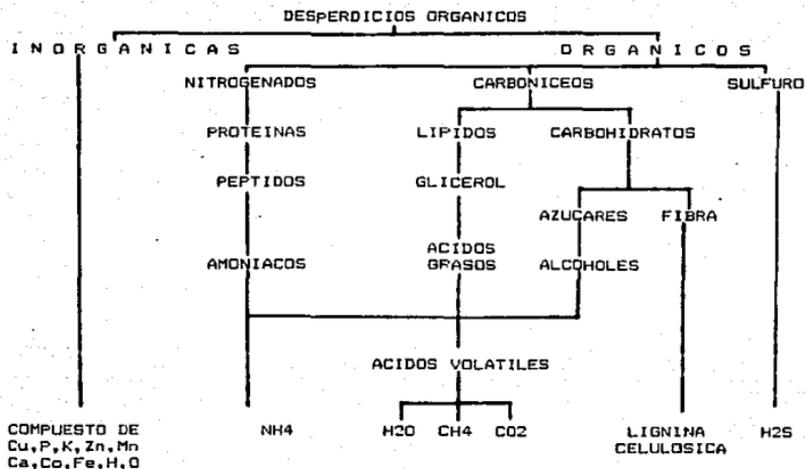


FIGURA 1

## CAPITULO TRES

El proceso de digestión anaeróbica se efectúa en un tanque hermético dentro del cual se regulan los factores ambientales y se dispone del espacio necesario para los sólidos y líquidos y para los gases que se generan. Todo digestor bien proyectado debe tener tuberías de muestreo. Deben estar también provistos de un mecanismo para la extracción de lodos y sobrenadantes, la acumulación y la expulsión de gases y la eliminación de los sólidos y de dispositivos de seguridad contra la explosión y para la purga del digestor. ( Figura 2 ).

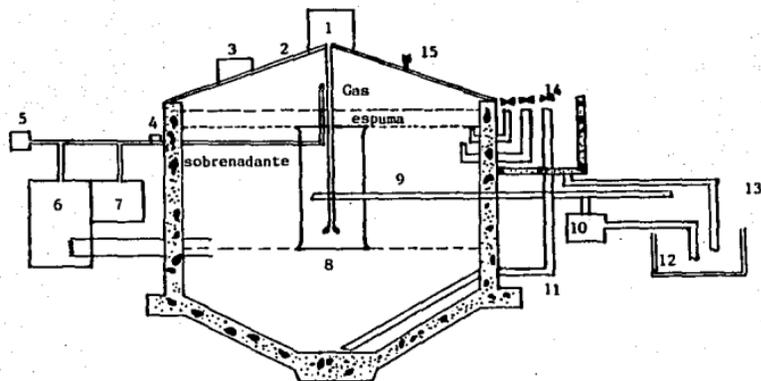
Entre los factores ambientales de importancia vital para el funcionamiento del digestor, se encuentran:

- Temperatura
- Concentración de sólidos
- Concentración ácidos volátiles
- Formación de espuma
- Concentración de nutrientes esenciales
- Sustancias tóxicas
- pH.

**Temperaturas:** la gama de temperaturas para la digestión anaeróbica, varía entre 10 y 60 grados C. Sin embargo las dos temperaturas óptimas son las mesófila ( 30 - 40 G.C.) y la termófila (45-60 G.C.) Casi todos los digestores funcionan dentro de los límites de temperaturas mesófilas y digestión óptima se obtiene a unos 35 C. La velocidad de digestión a temperaturas superiores a 45 G.C. es mayor que a temperaturas más bajas. Sin embargo, dentro de esta gama de temperaturas las bacterias son sumamente sensibles a los cambios ambientales; la calidad del licor sobrenadante es mala, y el mantenimiento de estas temperaturas elevadas resulta costoso y difícil.

La digestión no sufre por un aumento de temperatura de unos cuantos grados. Sin embargo, una disminución repentina y ligera de temperatura puede detener la producción de metano, sin afectar materialmente a las bacterias productoras de ácidos y esto conducirá a una acumulación excesiva de ácidos y posiblemente a una falla del digestor.

ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN DIGESTOR COMPLETO



- 1.- Mecanismo mezclador de gas
- 2.-Cubierta de acero u hormigón
- 3.- Boca de acceso
- 4.- Interruptor de la llama
- 5.- Quemador de gas de desperdicio
- 6.- Quemador o perpetuador de calor
- 7.- Motor
- 8.- Entrada de lodos sólidos

- 9.- Alimentador de estiércol crudo
- 10.- Bomba
- 11.- Tubos de extracción de lodo
- 12.- Residuos crudos
- 13.- Salida del sistema
- 14.- Extractor de sobrenadante
- 15.- Va'lvula de seguridad devacío

FIGURA 2

## CAPITULO TRES

**Acidos volátiles :** Normalmente la concentración de ácidos volátiles no deben superar los 2,000 - 3,000 mg/l. expresados como ácido acético. Si se supera este nivel, la formación de metano puede disminuir y los ácidos volátiles aumentar rápidamente, debido a que las bacterias productoras de metano no pueden utilizarlos a la misma velocidad con que se producen, y la digestión cesará al cabo de dos o tres días.

Las causas principales de una excesiva producción de ácidos volátiles son elevadas velocidad de carga; una baja temperatura, y la formación de espuma. Esta última y la acumulación de materias fibrosas deben evitarse mezclando los contenidos del digestor, lo que también contribuye al proceso ya que establecen condiciones uniformes. La espuma constituye una zona de acumulación de sustrato en la cual se desarrolla una fuente concentración de ácidos volátiles.

### MINERALES.

Se ha logrado una digestión satisfactoria con concentraciones de sólidos de 15% o mas. Sin embargo, una gama mas práctica de concentración de sólidos es la de 3 - 10 %.

La presencia de excesivas cantidades de sustancias tóxicas resulta perjudicial porque impide el desarrollo de las bacterias. El cobre en pequeñas cantidades estimula la actividad enzimática de las bacterias; pero resulta tóxico a concentraciones elevadas.

El amoníaco es un amortiguador importante en la digestión, pero en fuertes concentraciones impide el proceso. Las concentraciones de  $\text{NH}_3\text{-N}$  deben ser inferiores a 2000 mg/l. Para una digestión óptima, todos los elementos esenciales para el metabolismo bacteriano tienen que hallarse presentes y asimilarse fácilmente. Una relación C:N ( carbono-nitrógeno ) de alrededor de 16 : 1; se considera óptima para una buena producción de gas y para una fermentación estable de la materia orgánica.

## CAPITULO TRES

### p.H

El p.H óptimo para la digestión se sitúa entre 7 y 8, la digestión se inhibe a menos de 6.5 p.H y cesa a menos de 4.5 pH. Una vez que se ha establecido la digestión el p.H llega a unos 7, y el lodo resulta bien amortiguado, es decir que la concentración de iones Hidrógeno permanece invariada, incluso cuando se añaden cantidades relativamente altas de ácidos y alcalinos. Si la capacidad de amortiguación del lodo se destruye, el p H disminuye y el digestor deja de funcionar debidamente y, en algunos casos, se " agria ", o sea, emite olores desagradables; la cantidad de sobrenadantes y de los sólidos del lodo es mala, y no se produce gas metano.

Las condiciones óptimas de funcionamiento dependerán del objetivo principal de la digestión. Cuando lo esencial es una recuperación del gas y un fuerte tratamiento de los sólidos, tendrán que regularse la temperatura del digestor, la velocidad de carga, la duración de retención y el grado mezclado. En las instalaciones productoras de biogas mas pequeñas, en las cuales es importante la conservación de los nutrientes, no es tan esencial el control de todos estos factores. En ambos casos, el proceso de digestión se auto inicia una vez que se han establecido condiciones anaeróbicas.

El proceso de digestión para producir biogas, difiere en muchos aspectos de otros tipos de fermentación. La diferencia mas importante consiste en que no es necesario utilizar un cultivo puro de bacterias ni conservar dicho cultivo para la inoculación y reinoculación.

Las bacterias, capaces de descomponer las sustancias orgánicas y de producir gas metano se encuentran en todo el mundo en condiciones naturales, en la materia de putrefacción, y abundan especialmente en la materia orgánica y excrementos animales y humanos. En las debidas condiciones, estas bacterias pueden activarse y mantener esta actividad indefinidamente con un manejo adecuado. Por consiguiente, el biogas se produce naturalmente y se emplea en diferentes partes del mundo como Alemania Federal China, Estados Unidos y la India.

Los digestores pueden ser de diseño normal o para gran velocidad. La diferencia consiste en el grado de regulación de los factores ambientales, y especialmente en el mezclado.

### CAPITULO TRES

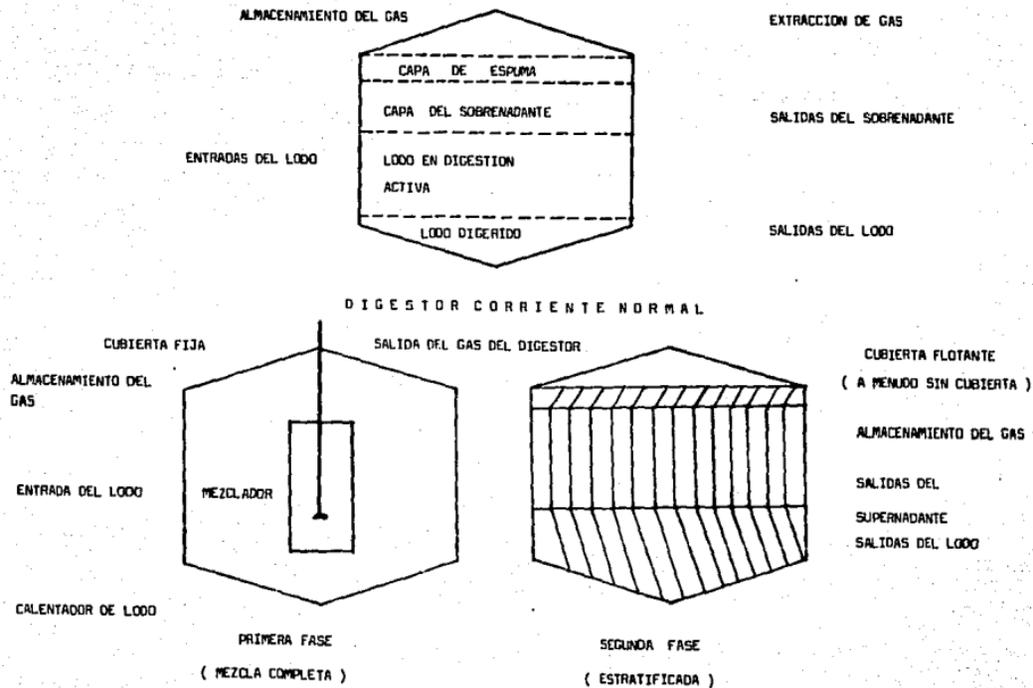
Como se ve en la Figura 2, ambos proyectos pueden corresponder a un sistema monofásico o bifásico.

En el digester normal, los tanques ordinarios no están provistos de un mecanismo de mezclado, se forman capas de materiales (espuma, sobrenadante, lodo en digestión y lodo digerido), el biogas llega hasta la parte superior donde se extrae para su empleo directo o para el almacenamiento temporal. La materia en flotación, forma una capa de espuma que se eleva hasta la superficie del líquido con las burbujas de gas; a menos que la capa de espuma se remueva constantemente, puede plantear problemas serios para el funcionamiento de los tanques digestores de materia orgánica. Debajo de la capa de espuma hay un líquido sobrenadante relativamente claro que contiene los principales sólidos disueltos y materiales coloidales, casi todos los sólidos suspendidos, incluidas las bacterias se encuentran en la capa inferior donde se produce la digestión activa. Los sólidos cuya materia orgánica se han digerido, se sedimentan en el fondo del depósito. Como se ve en la figura 3 la materia orgánica debe introducirse por bombeo a diversas alturas, para lograr una mezcla en los tanques digestores que carezca de mezclador. Los licores sobrenadantes se extraen por la parte superior del tanque, mientras que los lodos digeridos se extraen por el fondo del depósito.

En los digestores bifásicos de gran velocidad, el segundo tanque funciona más bien como depósito y de almacén de estabilización de los sólidos, mientras que el primer tanque tiene por objeto establecer condiciones óptimas para la gasificación. La digestión a gran velocidad se realiza en grandes tanques lo que implica el empleo de mezcladores para que el sustrato quede en contacto constante con los microorganismos además de la optimización de todos los factores ambientales y de velocidad de carga.

En el cuadro 4 se dan los valores caloríficos del biogas y de otros materiales que se usan como fuente de energía. La eliminación de CO<sub>2</sub> del biogas, aumentará su valor calorífico al equivalente al del metano. El biogas producido por un digester que funcione bien, tendrá un promedio del 65% de metano (CH<sub>4</sub>) y un valor de combustión térmica de unas 5,200 kcal/m. Se mencionan además los equivalentes de energía térmica de otros combustibles con respecto a 1m de biogas de 65% de CH<sub>4</sub>. ( 22 )

FIGURA 3



C U A D R O N o 4

MATERIA ENERGETICA	EQUIVALENTE EN CALORIAS KCAL	EQUIVALENTE ELECTRICIDAD KWH	EQUIVALENTE DE 1 M3 DE BIOGAS
COMBUSTIBLES SOLIDOS (POR KG)			
LIGNITIO	7,270.00	8.46	0.72
ANTRACITA	7,050.00	8.20	0.74
CARBON DE COKE	7,220.00	8.39	0.72
BRIQUETAS	6,380.00	7.42	0.82
BAGAZO	4,040.00	4.70	1.29
BAMBU	4,110.00	4.78	1.27
LANA	4,300.00	5.00	1.21
COMBUSTIBLES LIQUIDOS (POR LT)			
PETROLEO CRUDO	9,680.00	11.26	0.54
QUEROSENO	8,992.00	10.46	0.58
GASOLINA	8,400.00	9.88	0.61
COMBUSTIBLES GASEOSOS (POR M3)			
GAS NATURAL	9,340.00	10.87	0.56
GAS MANUFACTURADO	4,900.00	5.69	1.06
GPL-GAS DE PETROLEO LICUADO	5.6E+06	7,701.00	800.00
BIOGAS (POR M3)			
65% AMONIACO, 35% BIOX. DE CARB. PURIFICADO (100% AMONIACO)	5,200.00 8,010.00	6.00 9.31	1.00 0.65
ENERGIA ELECTRICA (POR KWH)	860.00	--	6.00

## CAPITULO TRES

### Ventajas y desventajas del biogas

#### Desventajas :

- a) La inversión inicial para el equipo es elevada.
- b) Se requiere alimentar al digester con las debidas cantidades y concentraciones de materia organica.
- c) Hace falta una supervisión y mantenimiento diario para el buen funcionamiento del equipo.
- d) Por motivos de seguridad es necesario evitar fugas de gas al ambiente ya que una mezcla de gas a razón del 5 - 15% de aire por volumen es explosiva en presencia de una chispa.
- e) Este tratamiento reduce el volumen inicial de materia organica en un 25% .

#### Ventajas :

- a) El contenido de la materia se estabiliza y reduce en volumen, produciéndose un material que presenta un peligro mínimo de contaminación y sanitario.
- b) Los productos finales de la digestión no tiene olor desagradable, son de textura espesa y fluyen libremente.
- c) Los extratos sólidos digeridos no extraen a las moscas ni a los roedores
- d) Los elementos fertilizantes de la materia organica se mantienen y su valor aumenta, hay que recordar que el metano solo es carbono e hidrógeno.

#### Costos

El costo del biogas es relativamente más alto que el de otros combustibles; de 3 a 7 veces mas que el costo de gas L.P. en una instalación industrial, pero dadas las actuales condiciones de energéticos de origen fósil, el biogas se presenta como una buena alternativa energética para un futuro no muy lejano. (23)

## CAPITULO TRES

### III.2.4.- Composteo

Este tratamiento se define como la digestión bacteriana de la materia orgánica contenida en la basura en condiciones aeróbicas-termofílicas, por medio del cual se obtiene un humus estabilizado conocido como mejorador de suelos, sus características principales son las siguientes : ( 24 )

- Es de color café-grisáceo, de textura suave y con leve olor a tierra húmeda.
- Tiene múltiples ocupaciones como mejorador y regenerador de suelos, como son:
  - Facilita el laboreo
  - Aumenta la cohesión de tierras arenosas
  - Disminuye la cohesión de tierras arcillosas
  - Aumenta la retención de agua
  - Retiene el calor en la tierra

Este tratamiento se puede llevar a cabo en dos formas :

- a) Fermentación natural
- b) Fermentación acelerada

## CAPITULO TRES

### III.2.5.- Fermentación natural

El material orgánico contenido en la basura se tritura (generalmente por medio de un molino de martillos) y se pasa por una criba. La fracción fina así obtenida se envía a grandes patios donde se forman pilas (pilas de maduración y fermentación). Periódicamente estas pilas se voltean o remueven, con la finalidad de controlar las variaciones de temperatura y propiciar que la biodegradación se realice uniformemente. El tiempo que se requiere para la estabilización del material es de cuatro a seis meses dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura. Transcurrido este periodo se pasan por una criba fina donde se obtiene un producto de mejor calidad y listo para ser comercializado (Figura 4).

En las pilas de fermentación la actividad bacteriana es intensa, las bacterias mesofílicas (20 o 50 C), presentes en la basura, transforman los compuestos orgánicos en sustancias más simples. En esta transformación se libera mucha energía, elevándose la temperatura de la masa. Con este aumento de temperatura, se activan las especies termofílicas (50-65 C.) que se encuentran en estado latente en la basura.

Los periodos mesofílicos y el primero de los termofílicos tiene una duración de cinco a ocho días en la fermentación. Sin embargo en la fase de mayor actividad enzimática, al final de la misma y como resultado del aumento de temperatura se establecen condiciones restringidas de supervivencia, que hacen que predominen las bacterias termofílicas, esta situación propicia que la temperatura en la pila alcance o sobre pase los 70 o C. durante dos o tres semanas, hasta la estabilización de la materia orgánica produciéndose un descenso en la temperatura con las consecuencias desaparición de las bacterias termofílicas, quedando además libre de microorganismos patógenos como los mencionados anteriormente, de nematodos y semillas que pueden ocasionar problemas a las tierras de cultivo.

PRODUCCION DE COMPOSTA POR FERMENTACION NATURAL

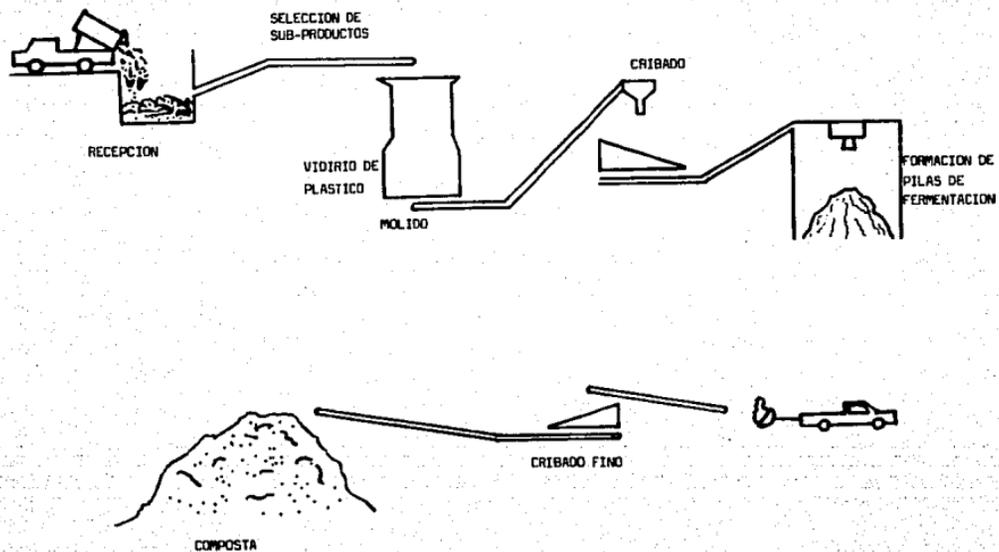


FIGURA 4

## CAPITULO TRES

### III.2.6.- Fermentación acelerada

El empleo de digestión para lograr la estabilización del material orgánico tiene ventajas sobre el proceso de fermentación natural ya que :

- 1.- Se requieren tiempos de retención de uno a quince días.
- 2.- Se evita el uso de grandes extensiones de terreno.

Este proceso consta de tres fases principales :

- a) Transformación de materia orgánica en un término de 24 horas mediante el uso de digestores y la inoculación de bacterias como medio de aceleración del proceso.
- b) La adición de productos químicos al composteo en las cantidades requeridas, para elevar los valores nutricionales del mismos y satisfacer las fórmulas deseadas con el objeto de que estas sustancias vayan incorporadas al medio orgánico y se evite su pérdida por lixiviación o combinación en formas insolubles con el complejo del suelo.
- c) Una segunda inoculación de microorganismos útiles al suelo, ( bacterias proteolíticas y hongos pertenecientes a *Aspergillus*, *Actinomicetos* y *Penicillium* ), que proliferan en el medio del composte e interviene en la transformación de los nutrientes a formas asimilables por las plantas Superiores.

Como ya se menciona anteriormente la transformación de la materia orgánica se lleva a cabo dentro de un digestor. Este es un cilindro metálico o de concreto, dividido en ocho pisos. Una flecha central acciona un sistema de arado de paletas en cada uno de los pisos, la cual da una vuelta cada seis minutos. ( 25 )

### CAPITULO TRES

El material que entra por la periferia del piso superior en tres horas es desplazado al centro donde se localiza una abertura circular por la que cae el material al piso inferior. En este compartimiento la inclinación de los arados es contraria para desplazar el material hacia la periferia en donde se encuentra otra boca que permite la caída de material al piso inferior y así sucesivamente.

Los arados al mismo tiempo que desplazan lentamente el material, lo van revolviendo con el objeto que haya una aereación completa en toda la masa y lograr que el proceso sea aerobio.

En la parte superior de cada cámara hay una tobera de admisión de aire y diametralmente opuesta, una de salida de vapor. Todas las toberas cuentan con ocluidores que regulan la entrada de aire y la salida de vapor, para el control de las temperaturas.

En cada piso hay una puerta de registro y una mirilla para inspeccionar al interior de las cámaras. Termómetros fijos en las cámaras de aire de los pisos indican las temperaturas que se producen en cada uno de ellos ( figura 5 )

Al final del proceso se obtiene un material casi completamente digerido, ya que contiene una fracción muy pequeña descompuesta en forma parcial y la constituyen principalmente ligninas y algo de celulosa.

Las ligninas son de difícil reducción, y son las que dan a la composta las características especiales de nutrientes para los microorganismos del suelo, que permiten una actividad bacteriana intensa y controlada.

#### Uso de la composta:

- Para suelos arenosos se recomienda aplicar de veinte a cuarenta toneladas por hectárea para proporcionar una adecuada consistencia y textura.
- Para suelos arcillosos se pueden hacer aplicaciones de cuarenta a sesenta toneladas por hectárea con lo cual mejora sus propiedades físicas y se facilita el movimiento de agua.

PRODUCCION DE COMPOSTA POR FERMENTACION ACELERADA

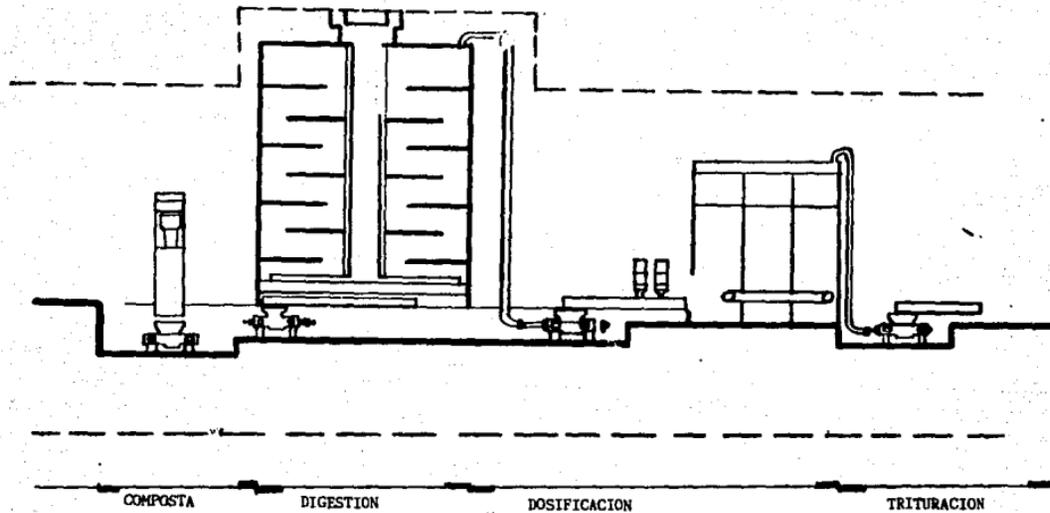


FIGURA 5

### CAPITULO TRES

El composteo es una tecnología bien conocida y desarrollada a nivel mundial, tuvo sus inicios en la India y China donde fue empleada como una técnica para tratar los residuos orgánicos generados en los hogares del medio rural. En Europa tiene una larga tradición como mejorador de suelos en zonas agrícolas, principalmente en Francia y Suiza donde el consumo de composta para la producción de champiñones y para plantíos de vid, les permite operar en buenas condiciones financieras sus plantas de composteo.

Actualmente en Alemania, Suiza y Francia se utiliza como combustible sólido ( COMBUSOC ) en sus plantas incineradoras de basura para la producción de vapor y electricidad por ser mas homogénea que la basura misma.

En México el composteo es el único proceso de tratamiento de basura que se realiza. Sin embargo las experiencias que han arrojado la operación de plantas composteadoras no es del todo satisfactoria por múltiples aspectos.

Nuestros hábitos de consumo, la actitud paternalista del estado hacia sus trabajadores, la falta de planeación y el difícil y complejo manejo político de la basura se convierten en serios obstáculos para la adecuada operación de las plantas productoras de composta. En todos los casos la capacidad real, siendo el caso mas " dramático " por sus dimensiones la planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San Juan de Aragón, que trabaja tan solo al 60% de su capacidad. Otro ejemplo es el de la Planta des mismo tipo de la Cd. de Toluca, que fue ubicada casi al centro de la ciudad y que tuvo que ser cerrada por los problemas de ruido y mal olor, que generaba afectando sensiblemente a la población. ( 26 )

## CAPITULO TRES

### III.2.7.- Deshidratación

Este tratamiento es aplicado principalmente a desechos orgánicos y consiste básicamente en la extracción del agua contenida en los residuos por medios físicos reduciendo su volumen hasta en un 50 %, obteniendo un producto deshidratado que se puede compactar y ser utilizado como alimento para ganado. El proceso se realiza de la siguiente manera:

El material orgánico contenido en la basura es triturado y colocado en recipientes donde se les aplica calor para eliminar el agua, deshidratandolo primero y cociendolo posteriormente. Este fácil proceso se caracteriza porque de el se obtiene un producto libre de microorganismos, susceptible de ser utilizado como forraje. Sin embargo, se requiere de un alto consumo de combustible en los momentos de deshidratación y cocción.

El proceso se lleva a cabo en un recipiente de doble capa, entre los que se hace circular vapor de agua, lo que permite la aplicación uniforme de calor. Adicionalmente hay en el recipiente un sistema de palas que remueven el material a efectos de homogeneizarlo.

### III.2.8.- Compactación

Mediante este tratamiento, la basura se compacta en bloques, donde se reduce su volumen inicial en siete o diez veces.

Este proceso fué desarrollado en Japón y mas tarde fué modificado en Francia, utilizando el mismo principio de prensado de chatarra de automóviles. Este método deshidrata casi por completo a la basura, obteniéndose un producto final tan duro como roca, pudiéndose empacar en telas de alambre o lámina delgada otro material y pueden ser recubiertos con cemento, asfalto o vinilo para su posterior utilización o disposición final.

### CAPITULO TRES

A los bloques así obtenidos se les pueden dar diferentes tamaños y formas, pudiendo llegar a pesar hasta dos toneladas con una dimensión de 80 x 80 x 125 cm., con la característica que pueden ser unidos entre sí.

El proceso de compactación se divide en tres etapas :

- a) Estrechamiento y compresión de la basura
- b) Disposición de los líquidos extruidos
- c) Revestimiento o recubrimiento de los bloques
- a) Estrechamiento y Compresión

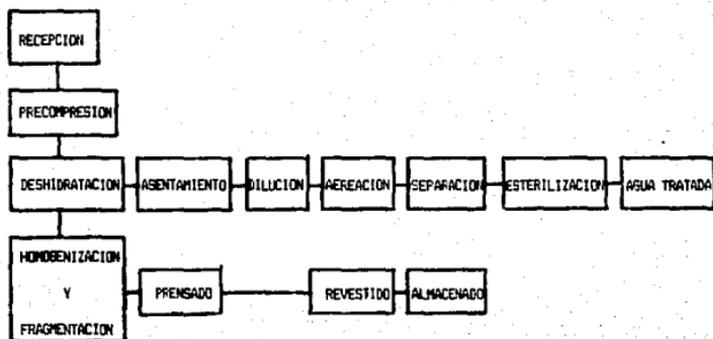
En esta etapa el proceso sigue los siguientes pasos  
( Fig. 6 )

- Los camiones recolectores vacían toda la basura en un compartimiento especial a través de una compuerta.
  - La compuerta se cierra para evitar malos olores.
  - La basura es pre-comprimida por medio de un cilindro neumático, el cual exprime toda el agua que la basura pueda contener, drenándose a través de un albañal hasta depositar en un tanque.
  - La basura precomprimida es colocada dentro de una tolva revolvente para homogenizarla y posteriormente depositarla en cajas hechas de tela de alambre o lámina delgada.
  - Las cajas pasan a un cilindro donde son sometidas primero a una presión superficial, luego a una concentrada y finalmente a una superficial.
  - El bloque así obtenido queda listo para ser recubierto,
- b) Disposición de los residuos líquidos extraídos

El líquido obtenido por la etapa anterior puede ser utilizado como agua tratada, si se somete al siguiente proceso:

Proceso de Compactación

FIGURA 6



## CAPITULO TRES

- Los residuos líquidos son depositados en un tanque donde se dejan asentar.
- El sobrenadante se diluye agregándole agua.
- Ya diluido se pasa a un tanque donde se airea.
- Posteriormente se transfiere a un tanque separador donde los lodos se regresan al tanque de almacenamiento, donde se esteriliza con cloro y esta lista para ser aprovechada.

### c) Revestimiento de los bloques obtenidos:

Los bloques sólidos de la prensa son transportados por medio de cadenas a unos depósitos que contienen asfalto, cemento, vinyl o algun otro material líquido que proporcione una película impermeable y que dadas sus características sea resistente a ácidos, alcalinos, temperatura, rayos ultravioleta, y que sea inerte. Posteriormente se almacena, si es que se le va a dar un uso o se traslada a algun sitio para su disposición final.

La presión que se requiere para darle al bloque la dureza como de roca, es de 100 a 210 kg/cm<sup>2</sup>.

El volumen de los bloques resultantes es de siete a diez veces menor al inicial.

El proceso antes descrito ha sido denominado como " compresión y solidificación de la basura en bloques empleando una fuerza de presión hidráulica " y fue desarrollado en Japon. como una alternativa para reducir e inertizar grandes cantidades de basura con la ventaja de que dichos bloques pueden ser utilizados como material de construcción, dependiendo del revestimiento que se les de, por ejemplo:

## CAPITULO TRES

- tela de alambre y asfalto.- Para tierras de relleno.
- tela de alambre y cemento.- Para construcción de casas.
- Protección de las costas por la acción del agua y construcción de diques.
- tela de alambre y vinilo.- Para rompe olas en la costa.
- tela de alambre o lámina.- Para tierras de relleno.

Una modalidad de este proceso es reciclar sub-productos de la basura y con la parte orgánica de esta formar un bloque que previa cocción puede ser utilizado como alimento de ganado mayor.

Este proceso en la actualidad se encuentra operando en Japón y Francia, los costos son muy variables ya que depende del tipo de tecnología empleada y del grado de mecanización, por lo que no se tienen cifras verídicas y actualizada

### III.3. Tratamientos sin la obtención de productos comercializables.

Como hemos mencionado en capítulos anteriores el problema de la basura lo constituye por una parte su volumen y por lo otro los efectos socio-ambientales de su disposición.

Se han planteado también los tratamientos que permiten obtener un beneficio económico por la comercialización de ciertos productos, resultado de la aplicación de un método específico. En este se plantean los diferentes sistemas de incineración que si bien, de ellos no se obtienen productos que puedan ser reclamados por la industria, se logra reducir el volumen de la basura hasta en un 90 %.

## CAPITULO TRES

### III.3.- Incineración

Este sistema de tratamiento de residuos sólidos se puede definir como un medio comodo, eficaz e higiénico de eliminar los residuos sólidos.

El principio de operación consiste en quemar la basura de tal forma que los productos obtenidos esten esterilizados y que los gases que se produzcan no causen un impacto negativo al ambiente. Para hallar la solución más económica sera conveniente estudiar la posibilidad de instalar un intercambio de calor con objeto de recuperar la energía liberada por la quema de residuos para la producción de vapor. Además se puede recuperar la chatarra.

La incineración de la basura se realiza mediante la combustión de ésta sobre la rejilla en un espacio cerrado. El tratamiento puede durar de dos a ocho horas, según las características del horno y de la composición de la basura, y comprende las siguientes fases :

- Secado de la basura ( deshidratación )
- Inflamación
- Combustión
- Extinción

#### III.3.2.- Incineración convencional :

Partiendo del esquema general presentado al inicio de este capítulo, este tipo de incineración consiste en introducir los desechos al horno, donde al elevar la temperatura, hasta el punto de inflamación y cuando esto se ha logrado, se inyecta aire en la cantidad requerida para que se lleve a cabo la combustión. Las temperaturas que se alcanzan en este proceso varían de 800 a 900 grados centígrados.

Este tipo de incineración es lenta y a veces no es completa por lo que existe el riesgo potencial de contaminación atmosférica.

## CAPITULO TRES

### III.3.3.- Incineración a alta temperatura

Con este tipo de incineración, se transforman los residuos alimentados en escorias inertes y cenizas, las temperaturas que se alcanzan en este proceso, llegan hasta 1600 o C. por lo que no se requieren equipos anticontaminantes ( a mas de 900 o C. se garantiza la combustión total de los desechos ).

- Esquema base de una planta incineradora de alta temperatura.

Recepcion de basura: la basura colectada debe ser colocada en una fosa de recepcion la cual asegura el almacenamiento por dos o tres días. Dicha fosa debe estar en una depresión en relación con el nivel exterior de la planta, ya que el aire necesario para la combustión se toma de la parte superior de la fosa de recepcion, lo que evitará que se esparzian los malos olores y que el polvo se extienda en el momento de la descarga, ademas debe contar con drenaje en el fondo para la evacuación de lixiviados. Con ayuda de un puente grua con cuchara o almeja, la basura es recogida de la fosa e introducida en las tolvas de entrada al horno. ( Figura 7 y 10 )

es muy importante el puesto del operador de la grua, ya que la regulacion del fuego depende de la frecuencia y cantidad de desechos introducidos en la parrilla.

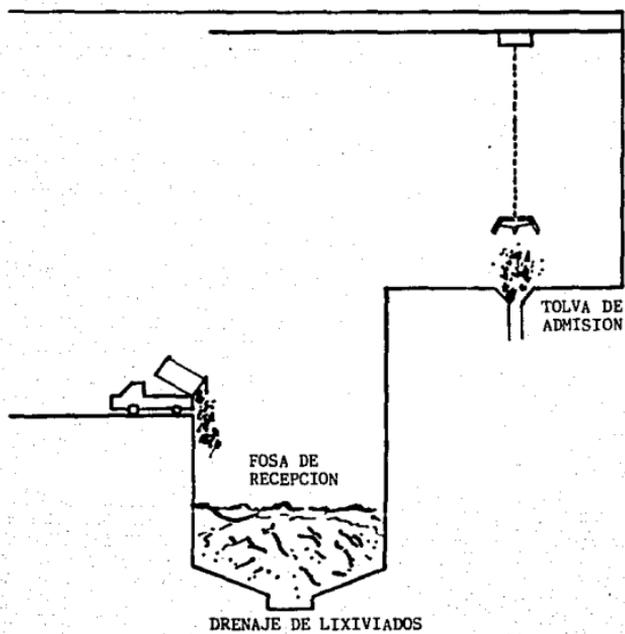
Combustión de la basura:

Se efectúa dentro del horno y sobre la parrilla. Al final de la combustión, las cenizas en ignición son extraídas e introducidas en un dispositivo con sifón de agua, lo que evita la entrada de aire del exterior ( ya que hay una diferencia entre la presión exterior y la inferior ) con lo que quedan apagadas. A continuación las cenizas son evacuadas a su vertedero.

Vertedero o fosa de cenizas:

En algunos lugares las cenizas se venden para quitarles la chatarra que puedan contener para ser utilizada como primera capa en las construcción de carreteras, si esta venta no es posible, se descargan en fosas especiales para trasladarlas a un sitio para su disposición, hay que señalar que el peso de las cenizas es aproximadamente el 30 % del tonelaje de basura tratada.

FIGURA 7



### CAPITULO TRES

- La evacuación del polvo, recogido en la caldera y en los dispositivos de limpieza del humo se efectúa en fosas especiales o en la de cenizas.
- En las plantas con recuperación de calor los humos pasan por la tubería del cambiador de calor, para producir vapor de utilización industrial o bien para la producción de electricidad.

Existen distintos procedimientos para la incineración de la basura y la diferencia entre ellos estriba en el tipo de parrillas que emplean.

- Uno de los sistemas que se utiliza consiste en parrillas basculantes, compuestos de barrotos arqueados y colocados en distintas alturas, el vaiven de estas parrillas, accionado hidráulicamente, hace que la basura se desplace de arriba hacia abajo y es volteada continuamente en la zona de incineración.
- Otro sistema consta de una parrilla vibratoria que hace remover continuamente la basura en combustión. Cada movimiento de la parrilla hace que una parte de la masa incandescente se traslade a otra parrilla con lo que se consigue una combustión mas homogénea.
- El tercer sistema consta de una parrilla inclinada lo que se asegura la alimentación al horno, el secado de la basura y su ignición; a continuación de esta parrilla se encuentran varios planos horizontales de combustión.
- Por último, otro sistema consta de una serie de cilindros rodantes, dispuestos uno tras otro, con diámetro de 1.5m. y con una inclinación apropiada. Un mecanismo exterior, regula la velocidad de cada cilindro (1 a 3 vueltas/hora).

## CAPITULO TRES

### III.3.4.- Incineración en lecho fluidizado

En este tipo de incineradores se introduce aire caliente a través del fondo de un horno vertical, lo cual permite que una masa de arena y otro tipo de partículas floten en el horno; el lecho se calienta y cuando las partículas de los residuos alimentados se esparcen sobre el y son incineradas. El sistema llega a ser autosuficiente cuando se mantiene constante la temperatura del aire caliente. (Fig. 8)

La fluidización permite el máximo contacto del aire con los desechos produciendo una óptima combustión.

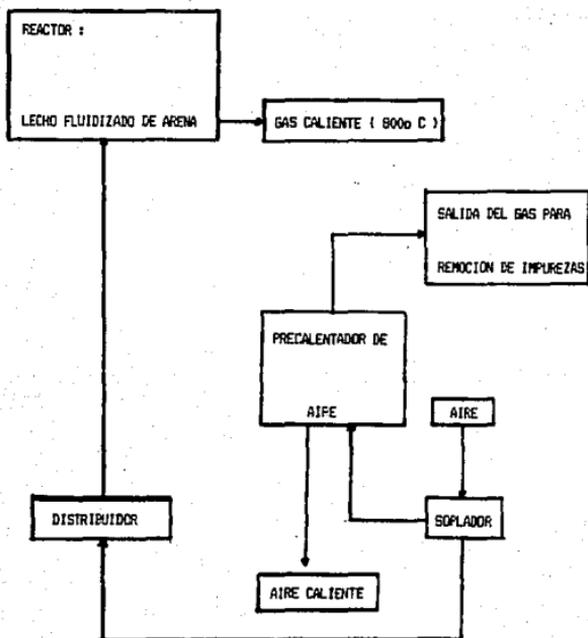
Se puede hacer deshidratación mecánica de los residuos y las aguas extraídas deben ser tratadas para evitar que sean el medio de cultivo de gran cantidad de microorganismos, patógenos.

En un horno moderno, la temperatura es del orden de 1,000 o a 1,200 o C. con la cual se puede secar rápidamente la basura, debido a que los gases de combustión pasan en contracorriente por las capas de basura fresca al momento de alimentar el horno, el producto así seco entra en la zona de combustión a una temperatura de 400 o ó 500 o C. la cual es propicia para su inflamación. En el horno y a medida que se produce el avance de la capa de basura, esta se inflama y comienza la combustión propiamente dicha. El aire para efectuar la combustión es impulsado sobre la parrilla con un dispositivo que regula el caudal para evitar una combustión demasiado rápida.

La temperatura de la cámara de combustión es del orden de 700 a 1000 o C. según las zonas, y esta temperatura debe estar controlada para evitar vitrificación de las cenizas, puesto que si se presenta esta situación, se adhieren a la parrilla, dificultando su extracción.

A medida que avanza la combustión de la basura sobre la parrilla, la capa en ignición, va disminuyendo su intensidad de combustión, como consecuencia de la disminución de materiales a quemar.

FIGURA 8



### CAPITULO TRES

En la cual lucha contra la contaminación atmosférica las plantas de incineración deben contar con eliminadores de polvo para sus descargas a la atmósfera. Dichos eliminadores se clasifican en dos grupos :

- a) Mecánicos: Cuyo principio es someter las partículas de polvo a una acción selectiva de manera que se separen del fluido que los porta. Estos aparatos son de diversos tipos: de ciclones, cámaras de sedimentación, separadores de inercia, multitubulares y lavadores de gas.
- b) Eléctricos o Electrostáticos: De rendimiento muy elevado ( mas del 99% ). Utilizan una elevada tensión eléctrica para ionizar las partículas de polvo. Las cuales se precipitan al fondo donde son recogidas.

Debido a que mediante la " pepena " se recuperan y comercializan la mayoría de los materiales de alto nivel energético, como el papel, cartón, plástico etc. se obtiene la basura como un combustible pobre en energéticos que al usarse en el proceso de incineración diaria da bajos rendimientos, por lo que se considera como método " no " idóneo para su implantación en México.

El Departamento del Distrito Federal ha instalado una planta incineradora en las inmediaciones de la planta industrializadora de residuos de San Juan de Aragón, la que no se encuentra funcionando, básicamente por problemas en su operación. Se pretende que en dicha planta, aunque inicialmente no fue ese objetivo, se incineren residuos tóxicos y peligrosos provenientes de Hospitales. ( 27 )

## CAPITULO TRES

### III.4.- Plantas de tratamiento en Mexico

#### III.4.1.- Generalidades.

En términos generales las experiencias en nuestro país se concretan al reciclaje, composteo e incipientemente la incineración, una descripción de tales procesos se presenta a continuación.

**Reciclaje:** La recuperación de ciertos sub-productos a partir de la basura, conocida comúnmente como "pepena", se da prácticamente en todo el país, tanto en forma eventual como permanente:

La cantidad de residuos que se generan en una localidad, las características propias de la misma, así como de los sub-productos que tienen cierto valor en el mercado regional, definen el nivel en que se da el reciclaje.

Por la forma en que se realiza la "pepena" se considera inadecuada, principalmente por las condiciones infrahumanas en que vive y se desarrollan los grupos humanos que las practican (pepenadores); los cuales llegan a formar en muchos casos, sobre todo en localidades altamente pobladas de la Cd. de Mexico, organizaciones que por la naturaleza de sus actividades y por la presión que ejercen, han convertido a los subproductos reciclables en materia de su exclusivo dominio, y lo que es peor, comandados generalmente por una sola cabeza, cuya extracción generalmente es del mismo grupo social al que liderea, dueño no solo de la basura que llega a los sitios de destino final y de los subproductos reciclables que de ella se obtienen; sino también de la voluntad y trabajo de la mayoría de las personas dedicadas a cumplir con la actividad en cuestión; lo cual le permite un verdadero CACICAZGO, respaldado en algunos casos por policías privadas, en las que se apoya para imponer su ley de cacique en aquellos sitios de disposición final de basuras que controla, los cuales invariablemente resultan ser tiraderos a cielo abierto.

No obstante lo anterior, actualmente en la localidad de Cd. Juárez, Chihuahua, existe una cooperativa de recuperadores de subproductos de la basura, que funciona en forma autofinanciable, garantizado un ingreso de al menos el sueldo mínimo para todos sus miembros; lo cual viene a demostrar que el reciclaje es una forma económicamente atractiva.

### CAPITULO TRES

Adicionalmente, en nuestro país también se lleva a cabo una operación complementaria y necesaria en todas las plantas de composteo, que operan actualmente.

La ventaja económica que puede generar esta forma de reciclaje, no ha sido claramente apreciada, debido a que por una parte, esta involucrada dentro de un proceso de tratamiento ( composteo ), que a la fecha ha resultado desfavorable por los altos costos de la operación y el manejo del producto terminado, y por otra, que al llegar los transportes recolectores de basura a la planta industrializadora, gran parte de los subproductos contenidos en las mismas, han sido sustraídos por el personal del transporte recolector.

Sin embargo, cabe mencionar que en la actualidad el reciclaje, semi-mecanizado se está desarrollando con éxito, como un proceso único de tratamiento aunque en forma incipiente, como lo demuestra una pequeña planta de aprovechamiento de plástico película, que se localiza al norte de la Ciudad, en el estado de México en donde lo procesan para fabricar pieles de plástico, las cuales son empleadas posteriormente en la fabricación de mangueras entre otros productos.

Composteo: actualmente se cuenta con tres plantas, de Reciclaje - Composteo en operación, en las localidades de México, D.F., Guadalajara, Jal. y recientemente en Oaxaca, Oax., también en las localidades de Querétaro, Gro. y Cuautitlán Izcalli, Mex., se encuentran en proceso de instalación plantas de Reciclaje-Composteo, operándose en esta última localidad la primera etapa a nivel de reciclaje únicamente. Así mismo, las plantas instaladas en Toluca, Mex. y Monterrey, N.L. están fuera de operación, la primera por incosteabilidad y localización, y la segunda porque se incendió a mediados de 1985, por último, debe mencionarse que los municipios de Puebla, Pue. y Acapulco Gro. adquirieron el equipo necesario para la fabricación de composta, pero debido a problemas socio-políticos y económicos, tal equipo se encuentra abandonado y con la obra civil a medias en el caso de Acapulco, mientras que en Puebla se encuentra " almacenado " y sin la obra civil iniciada.

Con base en lo antes mencionado, se puede decir que las experiencias de esta alternativa de tratamiento en México, puede ser considerada como FRACASO, lo cual se deba tal vez a que no se realizaron estudios de factibilidad técnica y financiera, que determinarían la conveniencia del establecimiento de las mismas.

## CAPITULO TRES

En la Figura 9 se presenta el diagrama de este tipo de plantas industrializadoras de basura que operan el proceso RECICLAJE COMPOSTEO en nuestro país, y en la lista sus capacidades de equipos mecánicos y sistema de transmisión.

### III.4.2.- Incineración : ( Fig. 10 )

Este proceso de tratamiento presenta en la actualidad un desarrollo muy incipiente, y exclusivamente en el D.F., en donde se tiene una capacidad instalada de 150 Ton/día en tres líneas de operación. Dos de ellas en un incinerador de 100 Ton/día, localizado en las inmediaciones de la planta industrializadora de San Juan de Aragón, D.F. y otra mas de 50 Ton/día ubicada en la delegación Tlalpan.

Se pretende utilizar ambos incineradores exclusivamente, para el tratamiento de residuos hospitalarios.

El incinerador de la planta de San Juan de Aragón fue construido por una empresa Suiza la cual dejó la obra sin terminar y actualmente se inician trámites para contratar a una empresa española para que finalice la obra y la ponga en marcha, cabe mencionar que las instalaciones se encuentran sumamente deterioradas por lo que el costo que significa ponerla en funcionamiento es mas elevado de lo que costo la planta.

Para finalizar a manera de ilustrar el tratamiento y la disposición final a que estan sujetos los residuos solidos municipales generados en la República Mexicana, en la Fig. 11 se presentan los porcentajes de basura que son dispuestos a través de los siguientes métodos: Relleno Sanitario, enterramiento controlado, tiradero a cielo abierto y composteo. Con la capacidad instalada de todas las plantas de tratamiento de RECICLAJE-COMPOSTEO con que cuenta el país solo se alcanza a manejar el 3 % de la basura generada en México. Así mismo es alarmante el hecho de que el 83 % de la basura esta fuera de control, pues se dispone mediante tiraderos a cielo abierto y que tan solo un 13 % se dispone de manera mas o menos controlada a través de Rellenos Sanitarios y enterramientos controlados. ( 28 )

PLANTA DE COMPOSTA...

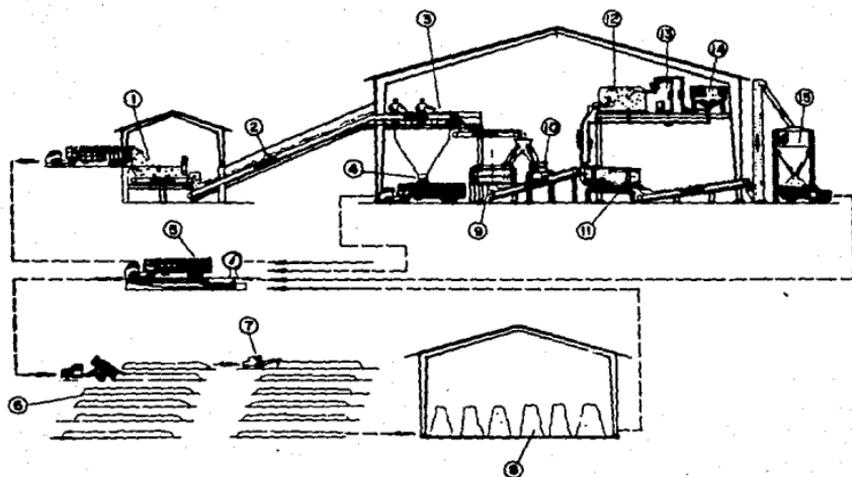


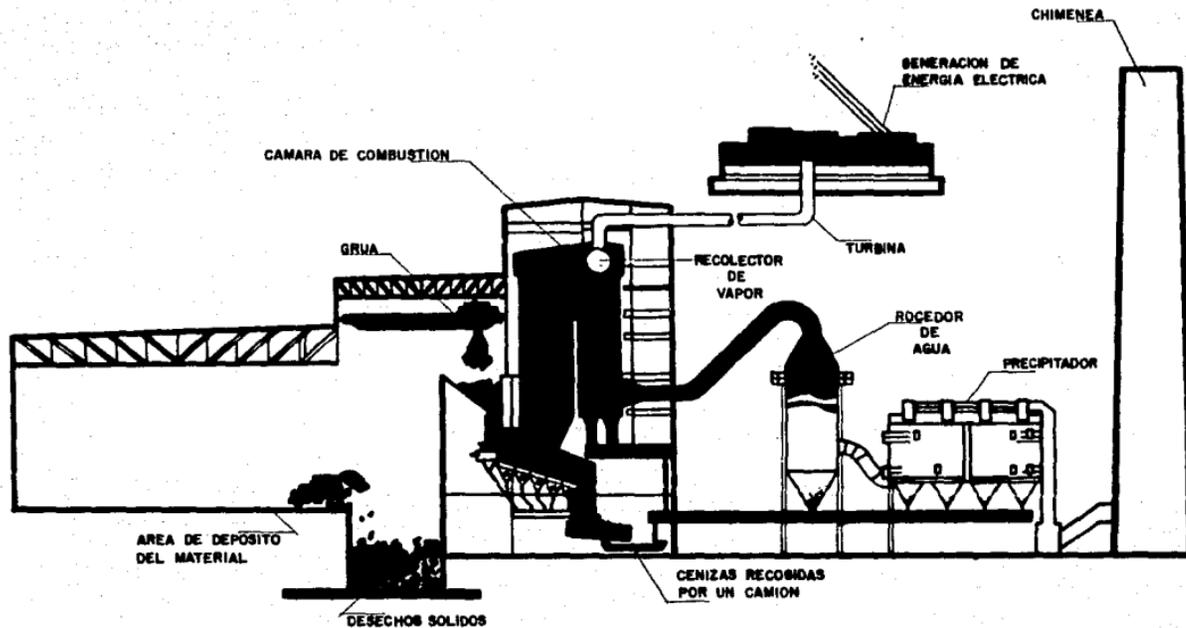
FIGURA 9

Nota: Ver relación anexa

- 1.- SE DEPOSITA EN MATERIAL
- 2.- SE TRANSPORTA EN BANDAS
- 3.- SE SEPARAN LOS DIFERENTES MATERIALES (VIDRIO, METAL, ETC.)
- 4.- EL MATERIAL SE DESCARGA EN CAMIONES
- 5.- SE PESA EL CAMION CON EL MATERIAL
- 6.- EL MATERIAL ES VACIADO EN HILERAS PARA VENTILARSE
- 7.- UN TRACTOR MUEVE EL MATERIAL UNA O DOS VECES POR SEMANA
- 8.- LA COMPOSTA ES ALMACENADA
- 9.- EL MATERIAL PASA A UN RASPADOR
- 10.- SE MUELE EL MATERIAL
- 11.- SE MEZCLAN QUIMICOS CON LOS DESECHOS SOLIDOS
- 12 Y 13.- SE TRANSPORTAN LOS QUIMICOS PARA MEZCLARSE CON LOS DESECHOS
- 14.- ALMACENAMIENTO DE QUIMICOS
- 15.- SE TRANSPORTA LA COMPOSTA A UN TANQUE DONDE ESTA LISTA PARA ALMACENARSE O VENDERSE.

FIGURA 10

PLANTA DE INCINERACION...



# DESTINO FINAL DE LA BASURA EN MEXICO

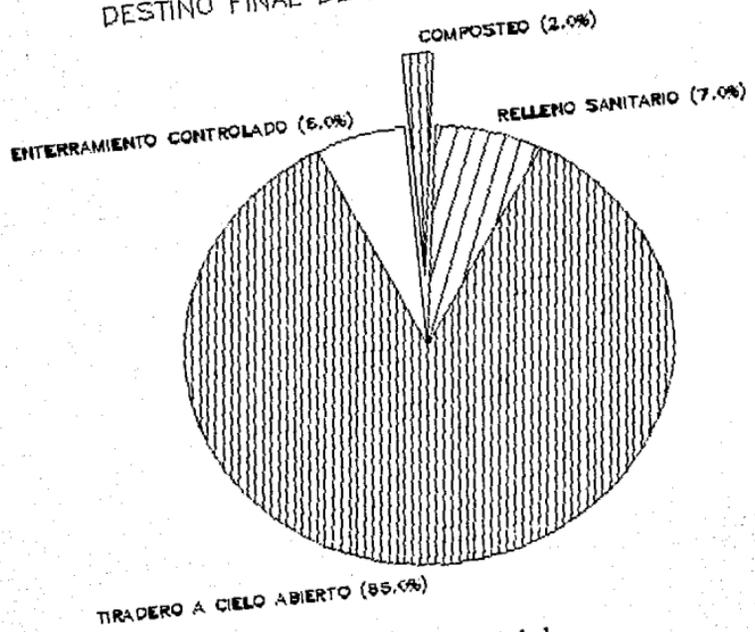


FIGURA 11

III.4.3.- Ventajas y desventajas de los tratamientos a los desechos sólidos urbanos

PROCEDIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PIROLISIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-REQUIERE DE UN ESPACIO PEQUEÑO</li> <li>1-SUS RESIDUOS: METANO, ETANO Y ETILENO PUEDEN SER COMERCIALIZABLES.</li> <li>1-SUS RESIDUOS SON DE FACIL MANEJO ( CARBON Y CENIZAS ).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-REQUIERE DE GENTE ESPECIALIZADA</li> <li>1-SUS COSTOS SON ALTOS POR REQUIRIR TECNOLOGIA EXTRANJERA</li> <li>1-ES NECESARIO GASTAR DIVISAS PARA: EQUIPO Y CAPACITACION DEL PERSONAL</li> <li>1-LOS BENEFICIOS SON POCOS.</li> </ul>
DIGESTION ANAEROBIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-SUS RESIDUOS: METANO, ETANO Y ETILENO PUEDEN SER COMERCIALIZABLES.</li> <li>1-SU RESIDUO RESULTANTE DEL TRATAMIENTO SE UTILIZA COMO FERTILIZANTE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-SE REQUIERE DE UNA OPERACION Y MANTENIMIENTO MUY CUIDADOSOS.</li> <li>1-ES NECESARIO GASTAR DIVISAS PARA: EQUIPO Y CAPACITACION DEL PERSONAL</li> <li>1-LOS BENEFICIOS SON POCOS.</li> </ul>
COMPOSTED	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-EL PRODUCTO QUE SE OBTIENE SIRVE PARA MEJORAR LA TIERRA EN LA AGRICULTURA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-REQUIERE DE UN GRAN ESPACIO PARA SU FUNCIONAMIENTO.</li> <li>1-EL PRODUCTO FINAL (COMPOSTA) ES DIFICIL DE COMERCIALIZAR.</li> </ul>
DESHIDRATACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-SE OBTIENE PRODUCTOS PARA ALIMENTACION DE ANIMALES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-ES NECESARIO GASTAR DIVISAS PARA: EQUIPO Y CAPACITACION DEL PERSONAL</li> <li>1-LOS BENEFICIOS SON POCOS.</li> </ul>
INCINERACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-SE PUEDE OBTENER ENERGIA ELECTRICA .</li> <li>1-SE PUEDE VENDER ESA ENERGIA ELECTRICA Y HACER COSTEABLE LA OPERACION.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-EL COSTO DE OBTENCION DE ENERGIA ES MUY ELEVADO.</li> <li>1-ES NECESARIO GASTAR DIVISAS PARA: EQUIPO Y CAPACITACION DEL PERSONAL</li> <li>1-LOS BENEFICIOS SON POCOS.</li> <li>1-EN NUESTRO PAIS LA ENERGIA NADA MAS LA PRODUCE EL GOBIERNO.</li> </ul>
RELLENO SANITARIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-ES LA SOLUCION MAS VIABLE QUE TIENE NUESTRO PAIS PARA CONTROLAR EL PROBLEMA DE LA BASURA.</li> <li>1-NO REQUIERE DE NINGUNA TECNOLOGIA EXTRANJERA.</li> <li>1-SE PUEDEN CREAR NUEVAS FUENTES DE TRABAJO.</li> <li>1-SE PUEDEN CREAR CAMPOS RECREATIVOS CUANDO SE TERMINEN LOS TRABAJOS DE RELLENO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-REQUIERE DE UN GRAN ESPACIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.</li> <li>1-EN MEXICO, EXISTE EL SINDICATO DE PEPEÑA EL CUAL NO PERMITE CIERTOS MANEJOS EN LA BASURA, POR LO QUE SI EXISTIRAN SOLAMENTE RELLENOS SANITARIOS HABRIA PROBLEMAS SOCIALES. POR LO QUE SE NECESARIO DARLES UN MODO DE VIDA DISTINTO, PRINCIPALMENTE CON UN TRABAJO FIJO.</li> </ul>

**C A P I T U L O I V : C O N S T R U C C I O N D E U N R E L L E N O S A N I T A R I O**

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## CAPITULO CUATRO

### IV.1.- Antecedentes.-

Para la elaboración de este capítulo es necesario dividir las actividades que confieren a un relleno sanitario, desde la generación de los desechos, hasta la seguridad que debe existir en la obra.

Recordando la definición de "relleno sanitario:

" Es un método de ingeniería con el cual se dispone de los residuos sólidos en tierra, de manera de proteger al medio ambiente distribuyendo los residuos en capas finas, compactándolos al menor volumen posible cubriéndolos con tierra ( material inerte ) al final de cada día de trabajo ". ( 30 )

Observando que la definición llama al relleno un método de ingeniería ; esto significa que es un método bien pensado, basado en principios científicos , y no en la simple búsqueda de un terreno libre con una zanja o un pozo suficientemente grandes para aceptar cargas de basura durante varios años. Para decidir el establecimiento de un relleno sanitario, debe manejarse la información sobre cantidad de basura generada en la zona, localizaciones, capacidad de tránsito, suelo disponible para cobertura, agua subterránea y superficial, etc. Estas generalidades serán tratadas más a fondo en el transcurso de este capítulo.

Como la planeación de un relleno sanitario depende de cierta forma de la cantidad de residuos sólidos generada en la zona, he dividido a la concepción de un relleno sanitario en dos grandes partes, las cuales a su vez se dividen entre si

A manera de simplificar la concepción de la magnitud de lo que este tipo de obra se trata, he dividido al relleno sanitario en las siguientes partes:

- Obra exterior
- Obra interior

La idea fundamental de ésta tesis es explicar el funcionamiento de lo que se refiere a la llamada " Obra Interior ", pero para poder comprenderla será necesario explicar las generalidades y los requerimientos para controlar todo el proceso.

## CAPITULO CUATRO

### Obra exterior.-

GENERACION DE BASURA.- Esta es muy variada y se da en cualquier zona, sin importar el tipo y nivel socioeconómico que se trate. Como se ha visto en capítulos anteriores la magnitud de la generación de basura a llegado a niveles altamente preocupantes, en los cuales muchos países ya han tomado cartas en el asunto desde hace algún tiempo. En nuestro país se están tratando de adoptar algunas medidas que hasta la fecha no han funcionado como debería ser; esto principalmente puede ser por querer utilizar métodos que nosotros no hemos desarrollado con lo cual se han fracasado en los intentos por copiar la tecnología extranjera; el caso más típico podría ser el de las plantas de tratamiento de basura, ( punto expuesto en el capítulo anterior ).

RECOLECCION DE BASURA.- Este punto es fundamental para poder lograr el correcto funcionamiento en lo que a la obra exterior se refiere.

Para lograr la optimización de una buena recolección es necesario analizar desde el vehículo adecuado hasta el diseño de rutas e itinerarios de los camiones recolectores; todo en función de un estudio previo de la zona a atacar, del tipo de basura que se genera ( zona de hospitales, zonas habitacionales, zonas industriales, zonas comerciales, etc. ), todo esto principalmente para nosotros poder estimar la cantidad de desechos a recolectar. Este estudio no es sencillo de realizarse, ya que la basura no cuenta con un peso específico, y además cada habitante no tira siempre la misma cantidad de desechos. Pero con ayuda de ciertos métodos de muestreo este proceso se simplifica. Existen algunas normas que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología ha creado con la finalidad de averiguar esa generación de basura por cada zona que se requiera.

Teniendo como base los valores aproximados de la generación de basura en la zona atacar, el problema se reduce en establecer un sistema de recolección óptimo con el equipo adecuado, y estableciendo las rutas adecuadas para que sea más eficiente el sistema.

## CAPITULO CUATRO

**ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.**- Es el punto intermedio entre la disposición final de los residuos y la recolección de los mismos. Su función principal es el abaratar el costo de los acarreos del material, ya que las zonas de disposición final de ben localizarse en zonas lejanas a las manchas urbanas.

El material se transporta a su destino final a través de unos trailers denominados "cajas de transferencia", los cuales tienen una capacidad aproximada de 70 M3, con lo cual se abarata de una forma considerable los costos de acarreo.

Estas estaciones deben localizarse en puntos estratégicos de las zonas recolectadas, pensando principalmente en la economía de los acarreos y además deben estar situadas en lugares donde no afecte o cause problemas sociales; ya que el ser un lugar de recepción de basura, provoca malos olores, fauna nociva, etc.

Para diagnosticar el correcto funcionamiento de una buena recolección, es fundamental contar con datos estadísticos que se checaran por medio de una caseta de control. Esta caseta pesará los camiones que lleguen a depositar material a la estación; al final de cada semana (o algún otro período) se revisarán las estadísticas originales de generación de basura de la zona y se compararan con los datos obtenidos en las estaciones de transferencia. Esto dará como resultado que se pueda retroalimentar el sistema creando una mejor eficiencia en el servicio.

### Obra interior.-

El uso de terrenos para disposición final de los residuos esta sumamente difundido, el mismo da lugar a cuatro modalidades:

- 1.- Dispersión no autorizada.
- 2.- Concentración no autorizada en un lugar determinado.
- 3.- Disposición autorizada en lugares inadecuados.
- 4.- Disposición en lugares autorizados que llenan las condiciones necesarias.

Los inadecuados métodos de disposición final en tierra descritos, contrastan en gran manera con el único método aceptado "El Relleno Sanitario", recordando la definición, es interesante mencionar que es un método bien pensado, basado en principios científicos y no en la simple búsqueda de un terreno libre con

## CAPITULO CUATRO

una zanja o un pozo suficientemente grandes para aceptar cargas de basura durante varios años. Para decidir el establecimiento de un relleno sanitario, debe manejarse la información sobre cantidad de basura generada, localizaciones, capacidad de tránsito, suelo disponible para cobertura, agua subterránea y superficial, uso de terreno, etc.; a fin de estudio los sitios disponibles para el relleno, también significa proyectar facilidades tratando de aprovechar las condiciones naturales del sitio que para proteger el medio ambiente como así también el uso de recursos que superen deficiencias naturales, a fin de asegurar su protección ambiental.

Es muy importante mencionar que los rellenos sanitarios son obras muy específicas y en cada caso varía los sistemas de cobertura, controles de obra y principalmente los costos. No es lo mismo un relleno sanitario ubicado en una población en donde su producción de desechos es de 100 toneladas diarias, a la ciudad de México que en un solo relleno se manejan hasta 5,000 toneladas de basura diarias.

Es por eso que en éste capítulo se tratarán cosas generales a la construcción, recomendaciones básicas en control del equipo y un adecuado mantenimiento. Dar reglas generales para un relleno sanitario sería mentir, es mejor lograr dar un panorama general de las posibles situaciones a presentarse y como se resolverían; no será suficiente, ya que en cada caso será necesario analizar el costo económico del equipo y el costo del acarreo del material de cobertura.

## CAPITULO CUATRO

### IV.2.- Consideraciones de proyecto.-

Para la elaboración de un relleno sanitario es necesario contar en principio con un proyecto y durante su planteación se elegirá el terreno mas adecuado, será indispensable contar con datos previos a la elaboración del proyecto, algunos de estos son:

#### a) Topografía del terreno.-

En este estudio se deberán incluir uno o mas mapas topográficos que tendrán que mostrar en ellos el propósito para el que se hizo el terreno, caminos de acceso, límites del área y principalmente el drenaje que se incluirá en el relleno.

#### b) Estudio geológico.-

Este estudio es muy importante ya que dependerá del resultado el buen funcionamiento del relleno sanitario y evitará problemas futuros como la contaminación del agua.

#### c) Contaminación del agua.-

Se recomienda que los terrenos donde se haga un relleno sanitario sean lejanos a lugares donde el agua se pueda contaminar, para evitar esto es necesario impermeabilizar el suelo, ya sea con algún material inerte ( tepetate ) o con capas de P.V.C. ( cloruro de polivinil ) fabricados especialmente para evitar que sustancias tóxicas se infiltren en el suelo y contaminen aguas subterráneas.

#### d) Condiciones de clima.-

Será necesario hacer estudios sobre la precipitación en el lugar, con que frecuencia se presenta, duración, intensidad, etc. con la idea de tratar de evitar el menor contacto posible del agua de la superficie con el fondo del depósito del relleno. (30)

## CAPITULO CUATRO

### IV.3.- Métodos de operación de un relleno sanitario.-

Existen tres métodos y es usan en ocasiones combinadas para un mejor aprovechamiento del terreno o un mayor rendimiento del equipo. Estos son:

#### a) Relleno sanitario tipo áreas:

Se emplea normalmente cuando se dispone de terrenos con depresiones y ondonadas naturales o artificiales (figura 12)

Su método de operación generalmente es el siguiente:

1.- Los camiones de recolección descargan los desperdicios directamente en el frente de trabajo.

2.- Los desperdicios son esparcidos y compactados por equipo especializado, la compactación se efectúa varias veces al mismo tiempo que los camiones van descargando la basura en el frente del relleno. Esta compactación deberá hacerse sucesivamente por capas de 15 a 30 cm de espesor.

3.- Al final del día la basura deberá ser cubierta por material con una capa de 10 a 15 cm de espesor. El material será obtenido de bancos adyacentes o necesariamente tenerlo que transportar de algún banco cercano.

4.- Al término del relleno se colocará un sello con aproximadamente 60 cm de espesor. El sello será una capa compactada de tierra.

5.- Al final de su vida útil ( la que en el proyecto se determine ) el relleno quedará listo para el uso final que se le quiera dar.

**METODO DE ZANJA O TRINCHERA.**

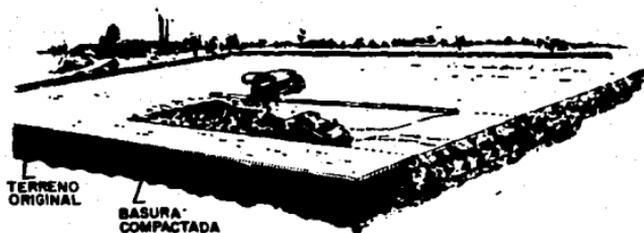


FIGURA 13

**METODO DE AREA.**



FIGURA 12

## CAPITULO CUATRO

### b) Relleno sanitario tipo zanja.-

1.- Excavación de la zanja: La zanja puede excavarse por completo (ver figura 13) antes de iniciar en ella el vaciamiento de los desperdicios, o progresivamente a medida que avanzan los trabajos. Otras veces la zanja se excava diariamente con la capacidad requerida para disponer de la basura del día siguiente. El sistema más apropiado lo determinan las condiciones locales, características del terreno y circunstancias operacionales, las zanjas se hacen de 1.80m a 2.50 m de altura y de ancho de por lo menos el doble del tamaño del equipo de trabajo, para facilitar la operación del mismo, las zanjas suelen hacerse de 3.60 m a 10 m de ancho, pero las dimensiones se determinan en cada caso particular.

2.- El vaciamiento de los desperdicios que ha transportado el camión de recolección se realiza en el frente de operación de la zanja.

3.- Esparcimiento y compactación de basura con equipo especial.

4.- Recubrimiento diario con tierra proveniente de la excavación de la zanja en forma similar a la descrita para el relleno de área.

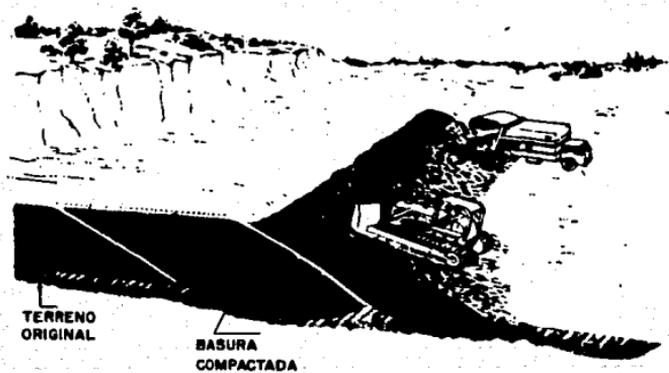
5.- Recubrimiento superior o sello de relleno sanitario en forma similar a la descrita para el relleno de área.

6.- Cambio de zanja una vez alcanzado el nivel deseado en toda la longitud de la zanja, se continúa el trabajo en una zanja adyacente separada por un muro de terreno natural de aproximadamente 90 cm.

### c) Relleno sanitario tipo rampa.- ( ver figura 14 )

El relleno tipo rampa se opera en forma similar a los anteriores rellenos, pero los desperdicios descargables se extienden sobre una rampa, se aprisionan, se recubren diariamente con una capa de material de 15 cm de espesor, la rampa debe tener una pendiente de unos 30°; terminada la operación y alcanzado el nivel previsto se recubre con una capa de tierra o material similar de 60 cm de espesor.

**METODO DE RAMPA.**



**FIGURA 14**

## CAPITULO CUATRO

En conclusión los principios básicos de operación del relleno sanitario son:

a) Supervisión permanente del relleno sanitario mientras se esta descargando o recubriendo la basura.

b) La basura debe compactarse en caps de 15 a 30 cm de espesor.

c) La profundidad del relleno no debe ser excesiva, se recomienda no sea mayor de 3.00 m

d) Toda la basura recibida diariamente debe quedar cubierta con una capa temporal de tierra o material similar con un espesor de 10 a 15 cm.

e) El recubrimiento superior o final debe hacerse con una capa de tierra o material similar de por lo menos 60 cm de espesor.

Algunos autores distinguen otro tipo de trabajo, el cual es una combinación entre el relleno tipo área y el de zanja.  
( 31 y 32 )

## CAPITULO CUARTO

### IV.4.- Descripción y selección de equipo.-

La determinación del tipo de equipo a emplear en los rellenos sanitarios, está supeditada a una serie de consideraciones que desde luego debieron haber intervenido en el proyecto del mismo, tales como:

- 1.- Método que se empleará en la operación.
- 2.- Cantidad y tipo de desechos que se recibirán.
- 3.- Tipo de material que se ocupará en la cobertura.
- 4.- Ubicación del banco de material.
- 5.- Situación geográfica del relleno y disponibilidad de equipo y refacciones.
- 6.- Aspecto financiero de la entidad que operará el relleno sanitario.
- 7.- Disponibilidad de áreas para ubicar rellenos sanitarios y uso posterior al que se les destine.

El método que se empleará para la operación del relleno, define en principio el tipo de equipo que debe emplearse en función de la colocación de los desechos y la cobertura diaria que debe realizarse, pero no nos dice la cantidad y el tamaño de este.

La cantidad de desechos que se recibirán, aunado a la situación financiera de la entidad y la vida útil que quiera obtenerse del relleno, permitirá escoger el equipo más adecuado para la operación.

La colocación de los desechos y su compactación puede realizarse en principio con tractores de orugas pero se dispone en el mercado de equipo especializado para el manejo de los desechos, como por ejemplo: CATERPILLAR, KOMATSU, REX, BOMAQ, TANA-DEERE, ALJON. Estos equipos especialmente diseñados por los fabricantes para trabajar en los rellenos sanitarios, tienen características que les permiten superar con mucho a los tractores de carriles, proporcionando mayor compactación con menor número de pasadas del equipo, teniendo una mayor vida útil, y tiempo de trabajo, contra tiempo de reparación, algunas pueden ser utilizadas también como cargadores, sin embargo, en general son menos versátiles que los tractores por ser especializados y además es indispensable hacer estudios del aspecto financiero y de las condiciones de operación para elegir el adecuado considerando las características que ofrecen los fabricantes y la disponibilidad de refacciones en la zona de trabajo.

## CAPITULO CUATRO

El equipo para la cobertura diaria y final depende también de la cantidad, características del material, ubicación del relleno y distancias del acarreo.

El equipo mínimo indispensable; es un cargador frontal y el máximo son las motoescrepas autocargables; definido su número por la cantidad de material de cobertura a manejar, el tipo de material, la distancia de acarreo, las pendientes, los caminos de acceso y desde luego el aspecto financiero.

El destino final al que se dedicará el área del relleno una vez cubierto, definirá además el tipo de trabajo que debe darse a la cobertura, así como su compactación, describiré algunos de los equipos que se pueden emplear en los rellenos sanitarios para indicar después las recomendaciones generales de mantenimiento del equipo.

### 1.- Tractores de carriles:

Esta máquina es la más versátil en un relleno, ya que se le emplea para excavar, acomodar, compactar, colocación de cobertura diaria y trabajos complementarios; puede decirse que se puede encontrar en todos los tamaños con facilidad, lográndose escoger el adecuado para cada necesidad.

Para el buen funcionamiento de esta máquina es necesario colocarle cuchillas tipo universal y una ampliación que permita el manejo del volumen de desechos para su colocación en capas. Es conveniente colocarles protecciones para evitar la entrada de papeles y plástico al motor, con una malla de acero. Es recomendable colocar ventiladores al radiador de tal forma que arrojen el aire hacia fuera, lográndose que éste no se tape. La limpieza en la máquina debe ser frecuente para evitar un sobre desgaste.

Se recomienda además vigilar que la distancia máxima de recorrido de un tractor sea de 80 m ( distancia económica ).

Se debe decidir cuanto vale la vida del sitio donde se ubica el relleno. El empleo de tractores de tamaño mínimo da como consecuencia una compactación menor de los desechos o una sobreutilización para obtener una buena compactación o bien utilizar equipo adicional para aumentar ésta, si se quiere recibir un mayor volumen en la misma área.

## CAPITULO CUATRO

### 2.-Compactadores de basura:

Como indique anteriormente son los equipos idóneos para el manejo de los desechos y la selección de la máquina adecuada tiene que ver con el tipo de los desechos a manejar y su cantidad, así como las condiciones de trabajo. Los fabricantes ofrecen equipos con diferentes potencias en los motores, tipos de transmisión, número y tipo de zancos diferentes en las ruedas, de tres y cuatro ruedas, la suspensión puede ser basculante o fija, y las disponibilidades de equipo opcional son muy grandes; tales como:

- Equipo contra incendio
- Guardas para transmisión
- Protecciones a los motores
- Sistema de enfriamiento o calefacción especial
- Cuchilla equipada con aditamento para carga
- Zancos para triturar o compactar

El costo de la máquina varía dependiendo del tamaño y sus aditamentos.

### 3.- Cargadores frontales:

Los cargadores frontales pueden obtenerse con neumáticos y sobre orugas. En cargadores que trabajen con la basura es recomendable usar sobre carriles ya que las llantas sufren con facilidad ponchaduras. Pueden emplearse para cargar a camiones la cobertura o para acercarla a los desechos y aún para extender la cobertura. En el caso de descompostura de tractores puede sustituirlos, con la consiguiente baja eficiencia por el tamaño de la herramienta de empuje. La desventaja de los neumáticos se vuelve ventaja al manejar el material de cobertura pues permite distancias mayores de acarreo.

### 4.- Escrepas:

De acuerdo con el sitio donde se ubica el relleno, y desde luego el volumen a manejar, pueden usarse escrepas, que resultan ser la máquinas ideales para el movimiento de terracerías a distancias medias. Estas máquinas pueden usarse incluso para

## CAPITULO CUATRO

excavar, de acuerdo con el procedimiento que se esté empleando y después del acarreo pueden extender la cobertura en el espesor que se desea, proporcionando además una compactación adicional. Están disponibles en tamaños desde ocho hasta cuarenta metros cúbicos de capacidad, y pueden ser jaladas con tractor de orugas o neumáticos, que son las mas comunes y además pueden ser cargadas con el auxilio de tractores, con paletas elevadoras o con el sistema de empujar - jalar, usando una pareja de ellas. Son recomendables para acarreos desde 100 a 1,500 m.

### 5.- Equipo complementario:

Dependiendo del relleno sanitario, se utilizará o no el siguiente equipo:

a) Motoconformadoras.- El mantenimiento de los caminos hace indispensable la disponibilidad de ellas bien sea en forma permanente o periódicamente.

b) Compactadores.- Los rodillos lisos proporcionan el acabado necesario para una buena superficie de rodamiento que redundará en un menor mantenimiento de las unidades que entran al relleno.

c) Camiones de volteo.- Indispensables para el transporte del material de cobertura.

d) Cargadores neumáticos.- Se utilizan para la carga al camión para el transporte del material de cobertura.

e) Vehículos de transporte de personal.

f) Compresores de aire.

g) Camión pipa.

h) Taller mecánico para el correcto mantenimiento.

## CAPITULO CUATRO

### IV.- Mantenimiento y recomendaciones para el control del equipo:

En la actualidad, la construcción se ha convertido en un campo con gigantesca competencia entre constructores, donde la productividad, el costo y el tiempo van ligados, que descuidar cualquiera de ellos significa hacerse a un lado en la lucha por sobrevivir a la crisis, en la cual la maquinaria es una pieza clave.

Como todos sabemos, la maquinaria de construcción y sus refacciones son generalmente de importación. Esto implica que las compras de maquinaria nueva disminuyan debido a su cada vez mas alto costo de adquisición; teniendo como resultado, que el empresario tratará de aumentar la vida útil de su equipo sacrificando a cambio la productividad del mismo.

La única solución a este problema que ahora afronta la construcción, es darle a la maquinaria un constante y adecuado mantenimiento, así como una buena operación. De esta manera, aumentaremos la longevidad de nuestros equipos y reduciremos al máximo la pérdida de productividad por la antigüedad de los distintos conjuntos que lo integran.

Casi la totalidad del trabajo que se realiza dentro del relleno sanitario está en función de la operación de su maquinaria es por eso la gran importancia que representa tener en un estado óptimo de funcionamiento la maquinaria existente; para esto se han desarrollado por los fabricantes programas de mantenimiento los cuales al ser llevados a cabo se garantizarán un índice muy bajo de descomposturas y costos. En los rellenos sanitarios, es necesario realizar los siguientes aspectos en forma muy precisa, complementando los programas de los fabricantes, ya que el polvo y el manejo de los desechos nos han demostrado la necesidad de cumplir con los siguientes puntos:

**MOTOR:** Cambios de aceite y filtros en general cada 10 horas o menor tiempo si las condiciones son muy severas en cuanto a esfuerzos o horarios de trabajo, climas calidos y con mucho polvo.

**AFINACION GENERAL:** Es recomendable hacerla cada 1,000 horas, cambiándole la bomba de inyección, toberas, inyectores, líneas de combustible y bomba de transferencia.

## CAPITULO CUATRO

**SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:** Es recomendable sopletear el radiador cada 5 horas de trabajo. Además una purga y lavado exterior cada 70 horas, reposición de bandas cada 500 horas y cada 100 horas cambiar el inhibidor de corrosión.

**SISTEMA ELECTRICO:** Revisión y servicio de motor de arranque cada 500 hrs.

**SISTEMA HIDRAULICO:** Cambiar de filtro y aceite cada 400 horas.

**TRANSMISION:** Cambio de filtro y aceite cada 400 horas.

**RODAMIENTOS:** Revisión y tensión de cadenas continua de acuerdo a la observación diaria. Revisión de roles, bujes y pernos cada 600 horas. Les catarinas y los mandos finales se revisarán cada 100 hrs con un cambio de aceite cada 1,000 horas.

A continuación se presentan unas tablas comparativas en donde algunos autores señalan el tipo de equipo a utilizar dependiendo de la cantidad de basura depositada en el relleno sanitario diariamente. Además se muestra una tabla de las características de cada máquina por fabricante; la cual nos será de utilidad para tomar alguna decisión en caso de compra o uso.

TABLA COMPARATIVA

DIMENSIONES:	BOMAG K 351	CATERPILLAR 816 B	JOHN DEERE 646 C	ALJON 350	REX 3-35
Peso operativo (kgs)	20,680	20,675	15,340	17,237	17,237
Altura c/ROPS (mm)	3,480	3,632	3,178	3,556	3,632
Ancho con cuchilla	3,607	4,140	2,667	3,861	3,353
Largo con cuchilla	6,833	7,061	6,782	7,742	6,439
Espacio libre	521	489	495	686	467
Radio giro exterior	6,350	5,969	7,417	N.D.	7,468
<b>ESTABILIDAD</b>					
Oscilacion del chasis	30 o	NO	NO	NO	NO
Oscilacion del eje - delantero	30 o	NO	NO	NO	NO
Trasero	30 o	16 o	22 o	15 o	NO
<b>RUEDAS COMPACTADORAS</b>					
Cantidad de ruedas	4	4	4	4	3
Tipo de ruedas	ACERO	ACERO	ACERO-HULE	ACERO	ACERO
Tipo de tacos	PACKBALL	CHOPPER	CLEAT	CARON	CLEAT
Ancho delantero	1,066	1,016	584	813	N.D.
Ancho trasero	865	1,016	584	813	N.D.
Diametro de tambor	1,219	1,295	1,245	N.D.	N.D.
Tacos	1,626	1,600	1,524	1,524	1,626
Penetracion	203	152	127	N.D.	N.D.
Limpiadores	SI	NO	NO	NO	NO

**TABLA GENERAL PARA DETERMINAR EL USO DE EQUIPO EN UN RELLENO SANITARIO**

POBLACION HAB	TONELADAS DIARIAS DE BASURA	EQUIPO
0 A 15,000	0 A 40	UN TRACTOR
15,000 A 50,000	40 A 130	UN TRACTOR OPC. : UNA MOTOCREPA
50,000 A 100,000	130 A 260	DOS TRACTORES OPC. : UNA MOTOCREPA
100,000 O MAS	260 O MAS	2 O MAS EQUIPO ADICIONAL

## CAPITULO CUATRO

### IV.6.- Recomendaciones básicas para el de control de un relleno sanitario.

Es necesario que previamente al proyecto se tomen ciertas consideraciones que serán de gran ahorro y ayuda para su construcción; los principales son los siguientes:

1.- **Localización del sitio:** Con el propósito de reducir el costo de transporte deberá elegirse un sitio o terreno lo mas cercano al lugar de donde provendrá la basura ( estaciones de transferencia ).

2.- **Facilidades de acceso:** Los caminos que conducen al sitio elegido para el relleno es otro factor que debe ser tomado en cuenta., Se precisan en lo posible caminos pavimentados de primera clase o por lo menos en buenas condiciones, siendo necesario habilitar o construir caminos en aquellas zonas adyacentes al relleno y que por razones obvias no disponen de vías de buena calidad.

3.- **Material de recubrimiento y tipo de suelo:** Cualquiera que sea el tipo de relleno que se emplee, ya sea de zanja, área o rampa se hace indispensable contar con material de recubrimiento, el cual debe provenir en la generalidad de los casos, del mismo sitio en que se efectuará el relleno, y por lo consiguiente, el tipo de suelo que se elija será fundamental para lograr un sello hermético en el recubrimiento de los desechos. Otra característica del material es que debe ser de fácil manejo para las máquinas y con esto que se logre productividad a un costo razonable. Los terrenos rocosos o excesivamente ripiosos no son apropiados, a menos que sean depresiones naturales o excavaciones en las cuales se hará un relleno de área.

## CAPITULO CUATRO

**4.- Drenaje:** En la topografía del lugar debe ser analizado y estudiado el drenaje para prevenir :

- a) Corrientes de aguas de lluvias que causen erosión en el material de recubrimiento del relleno sanitario y dejen basura expuesta en el intemperie.
- b) Inundaciones del lugar
- c) Lagunas o charcos en el sitio mismo del relleno o adyacentes a él.
- d) Transporte de líquidos a otros sitios inconvenientes.
- e) Contaminación de mantos freáticos.

**5.- Vientos:** Se debe planear la ejecución de los trabajos de tal forma que los vientos dominantes no transporten despojos a lugares adyacentes al sitio del relleno.

**6.- Accesos interiores:** Se debe estudiar la implantación de los caminos de acceso al recinto del relleno sanitario, ya que por las características de permanente desplazamiento de estas rutas aumentan la posibilidad de originar serios trastornos en épocas lluviosas o en terrenos fangosos.

Tomando de hecho que éstas consideraciones se previeron en el proyecto, durante su ejecución será necesario supervisarlas y desde luego implantar algunas normas de control nuevas.

**1.- Selección de materiales:** Aunque en el proyecto se haya previsto este punto es necesario tener establecido que tipo de material de cubierta diaria y final tendrá que emplearse. La selección debe ser estudiado con mucho cuidado ya que la relación volumen - distancia y costo inciden directamente en el monto total de la operación.

## CAPITULO CUATRO

**2.- Control de polvos:** El problema de control de polvos es el resultado de la excavación, transporte y disposición de la tierra necesaria para cobertura o para formación de zanjas y la circulación de los vehículos dentro de los caminos del relleno. El control de polvos es necesario tanto para la imagen pública como para prevenir accidentes de tráfico y reducir los costos de mantenimiento del equipo operante. Este puede lograrse con un riego de agua periódico y dosificado en las áreas de trabajo y en los caminos internos cuidando que no sea excesivo, pues podría ocasionar encharcamientos en los caminos y el aumento de lixiviado en las celdas de operación. Una medida es la de reforestar zonas aledañas para evitar la influencia directa de los vientos.

**3.- Control de tráfico:** Es de suma importancia tener un control estricto del acceso de vehículos a la obra, esto con el fin de tener establecida la cantidad de desechos dispuestos, tanto por su volumen, como por su peso. También es recomendable establecer sentidos de circulación, señalamientos preventivos ( velocidad permitida ), construcción de topes y por supuesto personal que vigile el cumplimiento de las disposiciones marcadas.

**4.- Control de papeles o materiales ligeros:** Para evitar la propagación excesiva de plásticos y papeles se recomienda la utilización de mallas móviles que sean dispuestas en el sentido que soplan los vientos a una distancia variable del frente del trabajo dado que la velocidad y el sentido del viento son variables. Este tipo de mallas no garantizan un 100 % de eficiencia del control requerido. Dado que en algunas zonas donde se construyen rellenos sanitarios los vientos tienen una variación enorme de velocidad y dirección lo que dificulta el establecimiento rápido y adecuado de las mallas. Este control de plásticos y papeles dentro del relleno debe ser apoyado por unidades móviles tipo pick - up y una cuadrilla de personas que se dedique a recoger los materiales dispuestos. ( 33 )

**C A P I T U L O V : ANALISIS GENERAL DE COSTO DE UN RELLENO  
SANITARIO**

## CAPITULO CINCO

### V.1.- Antecedentes.-

Recordando que en el capítulo anterior se mencionó que las obras que comprenden a los rellenos sanitarios son en cada caso diferentes, y dependen íntimamente de las consideraciones del lugar, de cercanos bancos de material, de la cantidad de basura generada en la zona, de la vida útil del terreno, etc.

Para el desarrollo de éste capítulo he decidido suponer algún tipo de obra, tomando en cuenta ciertas consideraciones, de tal manera que se pueda apreciar el procedimiento a seguir en el cálculo de operación de un relleno sanitario.

Esta parte de la tesis comprenderá de una manera didáctica el manejo general de la información con lo que respecta a este tipo de obra. Se analizará de forma breve la organización que requiere el realizar un tipo de relleno sanitario, esto será necesario para desglosar un costo de empresa y un costo de operación. Además se analizarán los precios correspondientes a lo más sobresaliente de la obra, tales como la cobertura y el esparcimiento de los desechos.

Los datos generales supuestos son los siguientes :

- Se tiene una población de 1'500,000 habitantes la cual genera aproximadamente 1,000 toneladas de basura por día.
- Cuenta con un terreno lo suficientemente grande para un relleno controlado, con una vida útil de 3 años.
- La topografía del terreno nos va a permitir trabajar con el conocido método de área.
- Existe cerca del lugar un banco de material ideal para la cobertura diaria y final. La distancia aproximada es de 3 kilómetros.
- La zona donde se encuentra ubicado el relleno es un lugar con índices de baja precipitación por lo que las condiciones del terreno no variarán en forma significativa.
- El terreno cuenta con material arcilloso, el cual nos permite trabajar sin tener que realizar un relleno previo, para no contaminar mantos freáticos.

## CAPITULO CINCO

### V.2.- Descripción general de la obra.-

Establecidos ciertos patrones a seguir, se logra de una forma más sencilla escoger el camino correcto para la planeación de la obra, es decir, se tienen los datos suficientes para poder decidir el tipo de maquinaria a emplear, los recursos que se destinarán tanto humano como material, los tiempos de ejecución, etc.

Para seguir un cierto orden, he pensado que resulta de una manera más clara el establecer ciertos conceptos dentro de un relleno sanitario, en el que resulten ser los más representativos de la obra en general, y a su vez intervengan toda clase de recursos, desde una oficina central hasta la maquinaria empleada para la compactación de basura.

Las cantidades de obra no serán representativas ya que el objetivo de ésta tesis ya que lo único que se pretende es mostrar el costo por metro cúbico de basura compactada.

El resultado de éste análisis no va a significar el único costo, ya que habría que agregársele la recolección domiciliaria, el proyecto del relleno sanitario, el terreno asignado, las básculas de medición del material, la seguridad en el terreno que impida el acceso a pepenadores, la barda perimetral alrededor del predio, los caminos de acceso al relleno sanitario, el drenaje para evitar la proliferación del lixiviado hacia lugares no deseados.

## CAPITULO CINCO

### V.2.1.- Conceptos generales de la obra.-

Como mencioné anteriormente se definirán los exclusivamente los conceptos mas representativos a lo que a un relleno se refiere.

#### C O N C E P T O

- I.- TENDIDO Y COMPACTADO A MAQUINA DE DESECHOS SOLIDOS, EN CAPAS NO MAYORES DE 30 CM, INCLUYE : AFINE Y EXTENDIDO EN UN TRAMO NO MAYOR A UN KILOMETRO.
- II.- TENDIDO Y COMPACTADO A MAQUINA DE MATERIAL INERTE ( TEPETATE ) EN CAPAS NO MAYORES A 20 CM, COMPACTADAS AL 90 % DE SU P.V.S.M. INCLUYE : AFINE, EXTENDIDO, COMPACTACION Y EL AGUA NECESARIA PARA SU CORRECTA EJECUCION.

DOVELA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
TESIS PROFESIONAL

HOJA: 1

ARCHIVO: TESIS.DAT

SISTEMA DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS

FECHA: 09/03/89

REPORTE DE INSUMOS NORMAL

#	REG	CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	FEC.COT.	COSTO UNITARIO
1		*****	MATERIALES		09/03/89	0.00
2		MT0002	Material inerte ( tepetate )	M3	09/03/89	12,000.00
3		MT0003	Agua	M3	09/03/89	280.00
4		MT0004	Acete	LT	09/03/89	2,500.00
5		MT0005	Gasolina	LT	09/03/89	428.69
6		*****	EQUIPO		09/03/89	0.00
7		MT0007	Tractor de carriles CAT - D8	HORA	09/03/89	79,015.08
8		MT0008	Motorconformadora modelo CM - 14	HORA	09/03/89	69,638.21
9		MT0009	Pipa para agua capacidad 8 H 3	HORA	09/03/89	46,199.00
10		MT0010	Casioneta de 3 toneladas	HORA	09/03/89	30,265.88
11		MT0011	Casion de lubricacion	HORA	09/03/89	46,400.50
12		MT0012	Casioneta Pick - up	HORA	09/03/89	22,773.39
13		MT0013	Compactador modelo VAP - 70	HORA	09/03/89	62,437.04
16		*****	Salarios Base		09/03/89	0.00
17		MT0017	Base de topografo	JOR	09/03/89	25,000.00
18		MT0018	Bodeguero o almacenista	JOR	09/03/89	11,385.00
19		MT0019	Peon	JOR	09/03/89	8,640.00
20		MT0020	Operador de maquinaria pesada	JOR	09/03/89	13,435.00
21		MT0021	Operador de maquinaria menor	JOR	09/03/89	12,910.00
22		MT0022	Vigilante	JOR	09/03/89	11,150.00
23		MT0023	Cabo	L	09/03/89	0.00
24		MT0024	Herramienta	L	09/03/89	0.00
25		MT0029	Cadenero	JOR	09/03/89	8,640.00
26		MT0026	Chofer	JOR	09/03/89	12,910.00
30		*****	Salarios Pesales		09/03/89	0.00
31		MD0031	Base de topografo	JOR	09/03/89	39,560.45
32		MD0032	Bodeguero o almacenista	JOR	09/03/89	18,015.83
33		MD0033	Operador de maquinaria mayor	JOR	09/03/89	21,259.78
34		MD0034	Operador de maquinaria menor	JOR	09/03/89	20,429.01
35		MD0035	Peon	JOR	09/03/89	14,180.06
36		MD0036	Vigilante	JOR	09/03/89	17,643.96
37		MD0	Cabo	L	09/03/89	0.00
38		MD0	Herramienta y equipo	L	09/03/89	0.00
39		MD0039	Cadenero	JOR	09/03/89	14,190.06
40		MD0040	Chofer	JOR	09/03/89	20,429.01
45		DD0045	Compactacion de desechos solidos	M3	09/03/89	2,746.30
46		DD0046	Compactacion de material inerte	M3	09/03/89	21,741.17

DOWLA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

HOJA: 2

ARCHIVO: TESIS.DAT

SISTEMA DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS

FECHA: 09/03/89

REPORTE DE MATRICES

REG	CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	FEC.COT.	COSTO UNITARIO	VOLUMEN	IMPORTE
46	COM046	Compactacion de material inerte	MS	09/03/89			21,741.17
2	MT0002	Materia inerte ( tepetate )	MS	09/03/89	12,000.00	1.3200	15,600.00
3	MT0003	Agua	MS	09/03/89	280.00	0.2000	56.00
7	MT0007	Tractor de carriles CAT - 08	HORA	09/03/89	79,015.08	0.0200	1,580.30
8	MT0008	Motoconferadora modelo CM - 14	HORA	09/03/89	69,638.21	0.0200	1,392.76
9	MT0009	Pipa para agua capacidad 8 M 3	HORA	09/03/89	46,199.00	0.0099	457.37
11	MT0011	Camion de lubricacion	HORA	09/03/89	46,400.50	0.0099	459.37
13	MT0013	Compactador modelo WMP - 70	HORA	09/03/89	62,437.04	0.0200	1,248.74
40	MD0040	Chofer	JOR	09/03/89	20,429.01	0.0150	306.44
33	MD0033	Operador de maquinaria mayor	JOR	09/03/89	21,259.78	0.0150	318.90
37	MD	Cabo	Z	09/03/89	625.34	0.1000	62.53
38	MD	Herramienta y equipo	Z	09/03/89	625.34	0.0300	18.76
SUBTOTAL DE NT:							21,034.54
SUBTOTAL DE MD:							706.63
COSTO DIRECTO TOTAL							21,741.17
INDIRECTOS 19.10 %							4,152.56
COSTO TOTAL							25,893.73
UTILIDAD 10.00 %							2,589.37
PRECIO POR MS							28,483.10

DOVELA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

ARCHIVO: TESIS.DAT

SISTEMA DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS

FECHA: 09/03/89

## REPORTE DE MATRICES

NO	CONOS	DESCRIPCION	UNID	FEC.COT.	COSTO UNITARIO	VOLUMEN	IMPORTE
	45	Compactacion de desechos solidos	M3	09/03/89	2,746.30		
7	NT0007	Tractor de carriles CAT - 95	HORA	09/03/89	79,015.08	0.0200	1,580.30
11	NT0011	Camion de lubricacion	HORA	09/03/89	44,400.50	0.0099	459.37
33	ND0033	Operador de maquinaria mayor	JOR	09/03/89	21,259.78	0.0150	318.90
34	ND0034	Operador de maquinaria menor	JOR	09/03/89	20,429.01	0.0150	306.44
37	ZND	Cabo	%	09/03/89	625.34	0.1000	62.53
38	ZND	Herramienta y equipo	%	09/03/89	625.34	0.0300	18.76
SUBTOTAL DE NT:							2,039.67
SUBTOTAL DE ND:							706.63
COSTO DIRECTO TOTAL							2,746.30
INDIRECTOS 19.10 %							524.54
COSTO TOTAL							3,270.84
UTILIDAD 10.00 %							327.08
PRECIO POR M3							3,597.92

DOVELA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

ARCHIVO: TESIS.DAT

SISTEMA DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS

FECHA: 09/03/89

Construccion de un Relleno Sanitario  
 .N Archivos cd\putesis

## PARTIDA 1: Movimiento de tierras

ORDEN	CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	FEC.COT.	PRECIO UNITARIO	VOLUMEN	IMPORTE
45	CON045	Concepto No I Tendido y compactado a maquina de desechos solidos, en capas no mayores de 30 cm, incluye: afine y extendido en un trazo no mayor a un kilometro.	MS	09/03/89	3,597.92	1.0000	3,597.92
46	CON046	Concepto No II Tendido y compactado a maquina de material inerte ( tepetate ), en capas no mayores a 20 cm, compactadas al 90 % de su P.V.S.M. Incluye: afine, extendido, compactacion y el agua necesaria para su correcta ejecucion.	MS	09/03/89	28,483.10	1.0000	28,483.10
SUBTOTAL PARTIDA 1: Movimiento de tierras							32,081.02

## CAPITULO CINCO

### V.2.2.- Costos horarios.-

Los análisis de los precios de los conceptos anteriores se anexa a estas hojas. Para la elaboración de los precios unitarios fue necesario definir el tipo y la cantidad de maquinaria a emplear. Se optó por el siguiente equipo :

<u>CANTIDAD</u>	<u>E Q U I P O</u>
1	TRACTOR CAT D8-K
1	MOTOCONFORMADORA CM-14
1	PIPA DE AGUA 8 M3
1	CAMIONETA DE 3 TON
1	CAMION DE LUBRICACION
1	CAMIONETA PICK-UP
1	COMPACTADOR VAP-70

Para el cálculo de los costos horarios fueron necesarias las siguientes consideraciones :

- La prima de seguros es de : 3.50 %
- La tasa de interés bancaria es de : 48.00 %

La idea general de haber puesto una tasa de interés bancaria tan alta es porque el costo actual de las máquinas es tan elevado que el riesgo en la inversión resulta ser mayor.

## ANALISIS DEL COSTO HORARIO

D0001 TRACTOR CAT.98-L C/CUCHILLA RECTA

FECHA DE COTIZACION 09/03/89

## DATOS GENERALES:

PRECIO DE ADQUISICION (PA)	\$200,000,000.00	HORAS POR AÑO DEL EQUIPO (HA)	2,000	H/A
CUCHILLA	\$35,000,000.00	VIDA EC. DEL EQ. ADICIONAL (VEEA)	2,000	HRS
VALOR DE RESCATE (VA)	\$165,000,000.00	MOTOR TIPO DIESEL DE 300.00 HP		
VALOR DE RESCATE (VR)	20.00%	FACTOR DE OPERACION (FF)		0.80
TASA DE INTERES (TI)	48.00%	POTENCIA DE OPERACION (FO)		240.00 HP
PRIMA DE SEGUROS (PS)	3.50%	DEFICIENTE DE ALMACENAJE (K)		0.00
VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO (VE)	12,000	HRS FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)		0.60

## I.- CARGOS FIJOS:

a) DEPRECIACION:	$D = \frac{VA-VR}{VE}$	$\frac{\$165,000,000.00 - \$35,000,000.00}{12000}$	\$11,000.00
b) INVERSION:	$I = \frac{VA+VR}{2HA}$	$\frac{\$165,000,000.00 + \$35,000,000.00}{2 * 2000}$	\$23,760.00
c) SEGUROS:	$S = \frac{VA+VR}{2HA}$	$\frac{\$165,000,000.00 + \$35,000,000.00}{2 * 2000} * .035$	\$1,732.50
d) ALMACENAJE:	$A=KQ$	$0.00 * \$11,000.00$	\$0.00
e) MANTENIMIENTO:	$M=KQ$	$0.60 * \$11,000.00$	\$6,600.00
CARGOS FIJOS POR HORA			\$45,292.50

## II.- CONSUMOS:

a) COMBUSTIBLE:	$E=Fc = .1514 * 240.00 * 386.96$	\$14,060.58	
b) LUBRICANTES:	$L=APe$		
CAPACIDAD CARTER:	$c = 20$ LTS		
CAMBIOS ACEITE:	$t = 200$ HRS		
	$L = (20 / 200 + .0035 * 240.00) * 2300$	\$2,162.00	
c) EQUIPO ADICIONAL:	$LL = \frac{VLL}{VEEA}$	\$17,500.00	
	$\frac{\$35,000,000.00}{2000}$		
CONSUMOS POR HORA			\$33,722.58

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (CDHM) \$79,015.08 HE

03-30-1989

DOVELA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.

## ANALISIS DEL COSTO HORARIO

COMO11 MOTOCOMPROVISORA COMPACTO CM-14

FECHA DE COTIZACION 09/03/89

## DATOS GENERALES:

PRECIO DE ADQUISICION (PA)	\$200,000,000.00	HORAS POR A/O DEL EQUIPO (HA)	2,000	H/A
LLANTAS	\$10,000,000.00	VIDA EC. DEL EQ. ADICIONAL (VEEA)	2,000	HRS
VALOR DE ADQUISICION (VA)	\$190,000,000.00	MOTOR TIPO DIESEL DE 140.00 HP		
VALOR DE RESCATE (VR) 20.00%	\$38,000,000.00	FACTOR DE OPERACION (FP)	0.80	
TASA DE INTERES (TI) 48.00%		POTENCIA DE OPERACION (PO)	112.00	HP
PRIMA DE SEGUROS (PS) 3.50%		COEFICIENTE DE ALMACENAJE (K)	0.00	
VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO (VE) 10,000	HRS	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)	0.80	

## I.- CARGOS FIJOS:

a) DEPRECIACION:	$D = \frac{VA-VR}{VE} = \frac{\$190,000,000.00 - \$38,000,000.00}{10000}$	\$15,200.00
b) INVERSION:	$I = \frac{VA+HR}{2HA} = \frac{\$190,000,000.00 + \$38,000,000.00}{2 * 2000}$	\$27,360.00
c) SEGUROS:	$S = \frac{VA+HR}{2HA} * 0.035 = \frac{\$190,000,000.00 + \$38,000,000.00}{2 * 2000} * 0.035$	\$1,995.00
d) ALMACENAJE:	$A=KD = 0.00 * \$15,200.00$	90.00
e) MANTENIMIENTO:	$M=QD = 0.80 * \$15,200.00$	\$12,160.00
	<b>CARGOS FIJOS POR HORA</b>	<b>\$56,715.00</b>

## II.- CONSUMOS:

a) COMBUSTIBLE:	$E=Fc = .151 * 112.00 * 386.96$	\$6,561.60
b) LUBRICANTES:	$L=Pq$	
CAPACIDAD CARTER:	$c = 20$ LTS	
CAMBIO ACEITE:	$t = 100$ HRS	
	$L = (c / t) * 100 * 0.025 * 112.00 * 2300$	\$1,361.60
c) EQUIPO ADICIONAL:	$LL = \frac{VLL}{VEEA} = \frac{\$10,000,000.00}{2000}$	\$5,000.00
	<b>CONSUMOS POR HORA</b>	<b>\$12,923.20</b>

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (COM) \$69,638.21 HE

03-30-1989

DOVELA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.

## ANALISIS DEL COSTO HORARIO

CONDAG CANTON FORD CON PIPA DE 9000 LTS

FECHA DE COTIZACION 09/03/89

## DATOS GENERALES:

PRECIO DE ADQUISICION (PA)	\$100,000,000.00	HORAS POR AÑO DEL EQUIPO (HA)	2,000	H/A
LLANTAS	\$2,000,000.00	VIDA EC. DEL EQ. ADICIONAL (VEEA)	2,000	HRS
VALOR DE ADQUISICION (VA)	\$98,000,000.00	MOTOR TIPO GASOLINA DE 250.00 HP		
VALOR DE RESCATE (VR)	20.00% \$19,600,000.00	FACTOR DE OPERACION (FP)		0.60
TASA DE INTERES (TI)	48.00%	POTENCIA DE OPERACION (PO)		150.00 HP
PRIMA DE SEGUROS (PS)	3.50%	COEFICIENTE DE ALMACENAJE (K)		0.00
VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO (VE)	10,000	HRS		0.80
		FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)		

## I.- CARGOS FIJOS:

a) DEPRECIACION:	$D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{\$98,000,000.00 - \$19,600,000.00}{10000}$	\$7,840.00
b) INVERSION:	$I = \frac{VA + VR}{2HA} = \frac{\$98,000,000.00 + \$19,600,000.00}{2 * 2000}$	\$14,112.00
c) SEGUROS:	$S = \frac{VA + VR}{2HA} = \frac{\$98,000,000.00 + \$19,600,000.00}{2 * 2000}$	\$1,029.00
d) ALMACENAJE:	$A=KQ = 0.00 * \$7,840.00$	\$0.00
e) MANTENIMIENTO:	$M=QD = 0.80 * \$7,840.00$	\$6,272.00
	CARGOS FIJOS POR HORA	\$29,253.00

## II.- CONSUMOS:

a) COMBUSTIBLE:	$E = Pc = .2271 * 150.00 * 430.43$	\$14,662.60
b) LUBRICANTES:	$L = \frac{c + Pe}{t} = \frac{6.6 + 6.6 * 150.00}{200} = 2300$	\$1,283.40
	VEEA 2000	
c) EQUIPO ADICIONAL:	$LL = \frac{VLL}{VEEA} = \frac{\$2,000,000.00}{2000}$	\$1,000.00
	CONSUMOS POR HORA	\$16,946.00

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (CDHM) \$46,199.00 HE

03-30-1989

DOVELA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.

## ANALISIS DEL COSTO HORARIO

COMOSO CAMIONETA ESTACAS F-350 3 TON

FECHA DE COTIZACION 09/03/89

## DATOS GENERALES:

PRECIO DE ADQUISICION (PA)	\$60,000,000.00	HOMBRES POR AYO DEL EQUIPO (HA)	2,000	N/A
LLANTAS	\$1,250,000.00	VIDA EC. DEL EQ. ADICIONAL (VEEA)	1,500	HRS
VALOR DE ADQUISICION (VA)	\$58,750,000.00	MOTOR TIPO GASOLINA DE 185.00 HP		
VALOR DE RESCATE (VR) 20.00%	\$11,750,000.00	FACTORA DE OPERACION (FO)	0.60	
TASA DE INTERES (TI) 40.00%		POTENCIA DE OPERACION (PO)	111.00	HP
PRIMA DE SEGUROS (PS) 3.50%		COEFICIENTE DE ALMACENAJE (K)	0.00	
VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO (VE)	10,000	HRS	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)	0.80

## I.- CARGOS FIJOS:

a) DEPRECIACION:	$D = \frac{VA-VR}{VE}$	$\frac{\$58,750,000.00 - \$11,750,000.00}{10000}$		\$4,700.00
b) INVERSION:	$I = \frac{VA+VR}{2NA}$	$\frac{\$58,750,000.00 + \$11,750,000.00}{2 * 2000}$	.48	\$8,460.00
c) SEGUROS:	$S = \frac{VA+VR}{2NA}$	$\frac{\$58,750,000.00 + \$11,750,000.00}{2 * 2000}$	.035	\$616.88
d) ALMACENAJE:	$A=KQ$	$0.00 * \$4,700.00$		\$0.00
e) MANTENIMIENTO:	$M=QD$	$0.80 * \$4,700.00$		\$3,760.00
			CARGOS FIJOS POR HORA	\$17,536.88

## II.- CONSUMOS:

a) COMBUSTIBLE:	$E = Pcr \cdot 2271 + 111.00 * 430.43$			\$10,850.32
b) LUBRICANTES:	$L = aPe$			
CAPACIDAD CARTER:	$c = 6.6$	LTS		
CONSUMO ACEITE:	$t = 100$	HRS		
	$L = (6.6 / 100 * 10035) + 111.00 * 2300$			\$1,045.33
c) EQUIPO ADICIONAL:	$LL = \frac{VLL}{VEEA}$	$\frac{\$1,250,000.00}{1500}$		\$833.33
			CONSUMOS POR HORA	\$12,729.01

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (CDHM) \$30,265.88 HE

03-30-1989

DOVELA ARQUITECTOS, S.A. DE C.V.

## ANALISIS DEL COSTO HORARIO

CCHISS CAMION PIPA DE COMBUSTIBLE

FECHA DE COTIZACION 09/03/89

## DATOS GENERALES:

PRECIO DE ADQUISICION (PA)	\$100,000,000.00	HORAS POR AJO DEL EQUIPO (HA)	2,000	H/A
LLANTAS	\$3,000,000.00	VIDA EC. DEL EQ. ADICIONAL (VEEA)	2,000	HRS
VALOR DE RESCATE (VA)	\$77,000,000.00	PISTON TIPO GASOLINA DE 250.00 HP		
TASA DE RESCATE (VR)	20.00%	FACTOR DE OPERACION (FP)		0.60
TASA DE INTERES (TI)	46.00%	POTENCIA DE OPERACION (PO)		150.00 HP
PRIMA DE SEGUROS (PS)	3.50%	DEFICIENTE DE ALMACENAJE (K)		0.00
VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO (VE)	10,000	HRS FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)		0.80

## I.- CARGOS FIJOS:

a) DEPRECIACION:	$D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{97,000,000.00 - 19,400,000.00}{10,000}$		\$7,760.00
b) INVERSION:	$I = \frac{VA + VR}{2HR} = \frac{97,000,000.00 + 19,400,000.00}{2 * 2000}$	.48	\$13,968.00
c) SEGUROS:	$S = \frac{VA + VR}{2HR} = \frac{97,000,000.00 + 19,400,000.00}{2 * 2000}$	.033	\$1,018.50
d) ALMACENAJE:	$A = KD$	0.60 * \$7,760.00	\$4,656.00
e) MANTENIMIENTO:	$M = QD$	0.80 * \$7,760.00	\$6,208.00

CARGOS FIJOS POR HORA \$28,954.50

## II.- CONSUMOS:

a) COMBUSTIBLE:	$E = FC = .227 * 150.00 * 430.43$		\$14,662.60
b) LUBRICANTES:	$L = a * b$		
CAPACIDAD CARTER:	$c = 6.6$ LTS		
CAMBIO ACEITE:	$f = 200$ HRS		
	$L = (6.6 / 200 * .0035 * 150.00) * 2300$		\$1,283.40
c) EQUIPO ADICIONAL:	$LL = \frac{VLL}{VEEA}$	$\frac{63,000,000.00}{2000}$	\$31,500.00

CONSUMOS POR HORA \$17,446.00

COSTO DIRECTO MORA MAQUINA (CDM) \$46,400.50 HE

## ANALISIS DEL COSTO HORARIO

COMOZ2 CAMIONETA PICK-UP 3/4 TON

FECHA DE COTIZACION 09/03/89

## DATOS GENERALES:

PRECIO DE ADQUISICION (PA)	\$45,000,000.00	HORAS POR AÑO DEL EQUIPO (HA)	2,000	N/A
LLANTAS	\$350,000.00	VIDA EC. DEL EQ. ADICIONAL (VEEA)	2,000	HRS
VALOR DE ADQUISICION (VA)	\$44,450,000.00	MOTOR TIPO GASOLINA DE 140.00 HP		
VALOR DE RESGATE (VR)	10.00%	FACTOR DE OPERACION (FP)		0.60
TASA DE INTERES (TI)	48.00%	POTENCIA DE OPERACION (PO)		\$4.00 HP
PRIMA DE SEGUROS (PS)	3.50%	COEFICIENTE DE ALMACENAJE (K)		0.00
VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO (VE)	10,000	HRS		0.80
		FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)		

## I.- CARGOS FIJOS:

a) DEPRECIACION:	$D = \frac{VA-VR}{VE}$	$\frac{\$44,450,000.00 - \$4,445,000.00}{10000}$		64,000.50
b) INVERSION:	$I = \frac{W+VR}{2HA}$	$\frac{\$44,450,000.00 + \$4,445,000.00}{2 * 2000}$	.48	\$5,867.40
c) SEGUROS:	$S = \frac{W+VR}{2HA}$	$\frac{\$44,450,000.00 + \$4,445,000.00}{2 * 2000}$	.035	\$427.83
d) ALMACENAJE:	$A=K$	$0.00 * \$4,000.50$		80.00
e) MANTENIMIENTO:	$M=Q$	$0.80 * \$4,000.50$		\$3,200.40
			CARGOS FIJOS POR HORA	\$13,496.13

## II.- CONSUMOS:

a) COMBUSTIBLE:	$E=pc * .227$	$(\$4.00 * 430.43)$		\$8,211.06
b) LUBRICANTES:	$L=ap$			
CAPACIDAD CARTER:	$c = 5$	LTS		
CAMBIOS ACEITE:	$p = 100$	HRS		
	$L = (5 / 100 * .0035 * \$4.00) * 2500$			\$791.20
c) EQUIPO ADICIONAL:	$LL = \frac{VLL}{VEEA}$	$\frac{\$550,000.00}{2000}$		\$275.00
			CONSUMOS POR HORA	\$9,277.26

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (COMH) \$22,773.39 HE

## ANALISIS DEL COSTO HORARIO

CCH106 COMPACTADOR VMP-70

FECHA DE COTIZACION 09/03/89

## DATOS GENERALES:

PRECIO DE ADQUISICION (PA)	\$180,000,000.00	HORAS POR AVO DEL EQUIPO (HA)	2,000	H/A
LLANTAS	\$2,500,000.00	VIDA EC. DEL EQ. ADICIONAL (VEEA)	2,000	HRS
VALOR DE ADQUISICION (VA)	\$177,500,000.00	MOTOR TIPO DIESEL DE 150.00 HP		
VALOR DE RESCATE (VR)	20.00%	FACTOR DE OPERACION (FO)		0.80
TASA DE INTERES (TI)	48.00%	POTENCIA DE OPERACION (PO)		120.00 HP
PRIMA DE SEGUROS (PS)	3.50%	COEFICIENTE DE ALMACENAJE (K)		0.00
VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO (VE)	10,000 HRS	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Q)		0.80

## I.- CARGOS FIJOS:

a) DEPRECIACION:	$D = \frac{VA-VR}{VE}$	$\frac{\$177,500,000.00 - \$2,500,000.00}{10000}$		\$14,200.00
b) INVERSION:	$I = \frac{VA+VR}{2HA}$	$\frac{\$177,500,000.00 + \$2,500,000.00}{2 * 2000}$	.48	\$25,560.00
c) SEGUROS:	$S = \frac{VA+VR}{2HA}$	$\frac{\$177,500,000.00 + \$2,500,000.00}{2 * 2000}$	.035	\$1,663.75
d) ALMACENAJE:	$A=K$	$0.00 * \$14,200.00$		\$0.00
e) MANTENIMIENTO:	$M=Q$	$0.80 * \$14,200.00$		\$11,360.00
			CARGOS FIJOS POR HORA	\$52,933.75

## II.- CONSUMOS:

a) COMBUSTIBLE:	$E=PC * 15144120.00 * 386.96$		\$7,030.29	
b) LUBRICANTES:	$L=APe$			
CAPACIDAD CARTER:	$c= 18$ LTS			
CAMBIO ACEITE:	$t= 200$ HRS			
	$L=(18 / 200 * 0.035 * 120.00) * 2300$		\$1,173.00	
c) EQUIPO ADICIONAL:	$LL = \frac{VLL}{VEEA}$	$\frac{\$2,500,000.00}{2000}$	\$1,250.00	
			CONSUMOS POR HORA	\$9,453.29

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (CDMM) \$62,437.04 HE

V.2.3.- ANALISIS DE FACTORES PARA SALARIOS REALES:

---

A) CALCULO PARA SALARIO MINIMO:

1.- Factor Salario Real por días no laborables, según calendario y Ley Federal del Trabajo:

Domingos	52	dias
10 de Enero	1	dia
5 de Febrero	1	dia
21 de Marzo	1	dia
10 de Mayo	1	dia
16 de Septiembre	1	dia
20 de Noviembre	1	dia
Vacaciones	6	dias
Costumbre	5	dias
Imprevisto	4	dias
	-----	
TOTAL:	73	dias

DIAS TRABAJADOS ANUALES:

Dias por año:	365.25	bisiestos c/4 años.
No Trabajados:	73	dias
	-----	
TOTAL:	292.25	dias

$$\text{Factor por días no trabajados} = \frac{73}{292.25} = 25.00 \%$$

2.- Factor de Salario Real por pago adicional de vacaciones y gratificaciones:

Aguinaldo :	15	dias
Prima vacacional	1.5	dias
	-----	
TOTAL:	16.5	dias

$$\text{Factor por Vacaciones y Gratificaciones} = \frac{16.5}{365.25} = 4.52 \%$$

COTIZANTES	E.G.M. %	I.V.C.M. %	R.P. %	SUMA %
PATRON	8.4	4.2	6.5621	19.1621
TRABAJADOR	3	1.5	---	4.5
T O T A L :				
SAL MINIMO	11.4	5.7	6.5621	23.6621
SAL MAYOR MIN	8.4	4.2	6.5621	19.1621

4.- Factor por Cuotas Guarderia: 1 %

5.- Factor DEL I.S.P.T. : 1 %

TABLA DE CALCULO DE LOS SALARIOS MINIMOS REALES UTILIZADOS EN LOS PRECIOS UNITARIOS

	SOBRE SALARIO		DIARIO BASE							
	SALARIO	PRIMA	AGUINALDO	SUMA	I.M.S.S.	I.M.S.S.	TOTAL	SALARIO	TOTAL	
	BASE	VACACIONAL			%	%	PRESTACIONES	REAL	%	
		0.41 %	4.11 %		23.6621 %	1 %	1 %			
Base Topografo	\$25,000.00	102.50	1,027.50	126,130.00	5,007.06	1261.30	250.00	31,640.36	139,560.45	11.5824
Bodeguero o Almacamista	\$11,385.00	46.68	467.92	111,899.60	2,280.21	1119.00	113.85	14,412.66	118,015.83	11.5824
Operador Maquinaria mayor	\$12,435.00	55.08	552.18	114,042.26	2,690.79	1140.42	134.35	17,007.83	121,229.78	11.5824
Chofer	\$12,910.00	52.93	530.60	113,493.53	2,585.64	1134.94	129.10	16,343.21	120,429.01	11.5824
Peon	\$8,640.00	35.42	355.10	9,030.53	2,136.81	903.1	86.40	11,344.05	114,180.06	11.6412
Velador	\$11,150.00	45.72	458.27	111,653.98	2,233.15	1116.54	111.50	14,119.17	117,643.96	11.5824

NOTAS:

- EL PORCENTAJE CALCULADO PARA EL FACTOR DEL I.M.S.S. ES PRESENTADO EN UNA HOJA ANEJA
  - 23.6621% - Porcentaje del I.M.S.S. correspondiente a salarios iguales al minimo
  - 19.1621% - Porcentaje del I.M.S.S. correspondiente a salarios mayores al minimo
- SALARIOS ACTUALIZADOS AL 1o DE ENERO DE 1999

### V.3.- ANALISIS DE PORCENTAJE DE INDIRECTOS Y UTILIDAD

#### I.- INDIRECTOS :

##### A) Honorarios, Sueldos y Prestaciones:

1.- Personal Directivo.	3.50
2.- Personal Tecnico.	1.25
3.- Personal Administrativo.	0.45
4.- Personal en Transito.	0.30
5.- Cuota atronal del Seguro Social.	0.25
6.- Prestaciones que obliga la Ley.	0.15
7.- Pasajes y viaticos.	1.80

Sub-Total: 7.70%

##### B) Depreciacion, Mantenimiento y Renta:

1.- Edificio y Locales.	1.10
2.- Locales de mantenimiento y guarda.	0.40
3.- Bodegas.	0.50
4.- Instalaciones Generales.	0.60
5.- Muebles, equipos computo y enseres.	0.45
6.- Depreciacion o Renta y Operacion de vehiculos.	0.50

Sub-Total: 3.55%

##### C) Servicios:

1.- Consultoria y Asesoría.	0.50
2.- Estudios, Proyectos e Investigacion.	0.40

Sub-Total: 0.90%

##### D) Fletes y Acarreos:

1.- De Campamento.	0.40
2.- De Equipo de Construccion.	0.60
3.- De Planta y Elementos para Instalacion.	0.40
4.- De mobiliario.	0.10

Sub-Total: 1.50%

E) Gastos de Oficina:

1.- Papeleria y Utiles de Escritorio.	0.40
2.- Correo, Telegrafo, Telefono, Radio.	0.30
3.- Situacion de Fondos.	0.50
4.- Copias y Duplicados.	0.10
5.- Luz, Gas y otros Combustibles.	0.20
6.- Gastos de Concursos.	0.05
	<hr/>
Sub-Total:	1.55%

F) Seguros, Fianzas y Financiamientos:

1.- Primas de Seguros.	0.48
2.- Primas por Fianzas.	0.34
3.- Financiamiento (VER ANEXO).	2.88
	<hr/>
Sub-Total:	3.70%

G) Otros:

1.- Cargos Adicionales.	0.10
2.- Depreciacion, Mantenimiento y Renta de Campamento.	0.10
	<hr/>
Sub-Total:	0.20%

TOTAL DE CARGOS INDIRECTOS: 19.10%

II.- U T I L I D A D :

A) Se propone una utilidad del 10 %

Total indirectos y utilidad :  $1.1910 \times 1.10 = 1.3101$

T O T A L : 31.01 %

## C A P I T U L O V I : C O N C L U S I O N E S

## CAPITULO SEIS

### CONCLUSIONES:

A lo largo de este trabajo se ha insistido en la necesidad inmediata de solucionar el problema de la basura; se ha presentado las diferentes opciones que son viables y aplicables a nuestro país.

La idea general de solucionar el problema a base de rellenos sanitarios es por la rapidez con que puede aplicarse y por su bajo costo económico; forzosamente no es la mejor solución, de hecho podría ser a la larga la peor de las alternativas, pero dada la emergencia que nuestro país afronta resulta ser una adecuada y veloz solución.

Actualmente se han desarrollado nuevas técnicas de aprovechamiento de la basura en la que con una previa selección de materiales reutilizables y la elaboración de algun producto proveniente de la basura ( energía eléctrica, composta, etc ), se pueden obtener ganancias formidables que contribuirían al desarrollo de nuestro país. Desgraciadamente esto no puede suceder en México, ya que la legislación en algunos casos no lo permite de esa manera, el ejemplo mas claro sería en la producción de energía eléctrica a través de alguna compañía privada. No es que el gobierno no pueda producir energía eléctrica incinerando basura, sino que su aparato burocrático es tan grande que hace incosteable el servicio, por lo que necesitaría de un gran subsidio y al final terminaría por cerrarse.

Otro problema al que nos enfrentamos es que existe uno de los sindicatos mas fuertes que es el de los "recolectores de basura" conocido como el de los "pepenadores", es tan grande su fuerza política que se han planteado tantas soluciones para el caos de la basura que ninguna ha resultado por el poder tan grande que tiene este grupo.

## CAPITULO SEIS

A manera de conclusión, la verdadera y única solución al problema de la contaminación provocada por los desechos sólidos es que el gobierno privatice los servicios de limpieza.

La solución al problema no es tan sencilla, ya que se puede revertir en un problema social, el sindicato de limpia no va a aceptar de una manera tan sencilla el perder tanta fuerza política sin recibir nada a cambio. Al reprivatizar el servicio de recolección y disposición final de la basura, se otorgarían ciertas prestaciones a los agremiados del sindicato, de tal forma que la posibilidad de algún choque social se disminuya. De esta manera el servicio de limpieza sería a la altura de nuestras necesidades.

Es necesario tomar conciencia de la magnitud del problema al que nos estamos enfrentando, las alternativas están planteadas, la decisión final quedará otra vez en manos de políticos.

## BIBLIOGRAFIA

**Bibliografía :**

- 1.- Castillo Berthier Héctor  
" La sociedad de la basura: caciquismo en la ciudad de México "  
Instituto de Investigaciones Sociales - U.N.A.M., 1983.
- 2.- Cuenca Dardon José  
" Orientación del manejo de los desechos sólidos en el D.F. "  
Agosto de 1987.
- 3.- Informe de trabajo del Comité de Residuos Sólidos de la Red Nacional de Formación Ambiental  
Noviembre de 1986.
- 4.- Programa de desarrollo de zona metropolitana de la ciudad de México y de la región centro.
- 5.- Restrepo Ivan Phillips  
" La basura. Consumo y desperdicio en el Distrito Federal " México 1985
- 6.- IDEM al punto No 4
- 7.- Aquiles Escalante, Renteria García, Vadillo Sánchez  
" Manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos " Servicios Interdisciplinarios de consultoría y tecnología Enero de 1987
- 8.- Castillo Berthier Héctor  
" Reciclaje de desechos en la ciudad de México " U.N.A.M. - 1987
- 9.- Altamirano Perez René  
" Residuos Industriales y Hospitalarios " México 1987

- 10.- IDEM al punto No 2
- 11.- IDEM al punto No 8
- 12.- IDEM al punto No 8
- 13.- Mendoza Garces  
 " Contaminación por Desechos Sólidos en el D.F. "  
 Tesis profesional - IPN  
 1982
- 14, 15, 16, y 17 IDEM al punto No 1
- 18 y 19 :
- Sistemas de ingeniería Sanitaria  
 " Problemática actual de la disposición final de  
 desechos en nuestro país "  
 1986
- 20, 21, 22 y 23 IDEM al punto No 7
- 24, 25, 26 y 27 :
- Favoni Joeseoph  
 " Handbook of Solid Waste Disposal "  
 Masachusetts Institute of Technology  
 Van Nostrand Reinhold
- 28 y 29 IDEM al punto No 7
- 30.- Tecnología del Medio Ambiente, S.A. de C.V.  
 Comentarios y propuestas para un relleno sanitario  
 1985
- 31.- Olivas Caro J.R.  
 Fundamentos de Diseño de un Relleno Sanitario  
 Tesis profesional - U.N.A.M.  
 1987
- 32, 33- IDEM al punto No 24