

878517

4  
2y.

**UNIVERSIDAD NUEVO MUNDO**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

con estudios incorporados a la

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



**ANALISIS Y APLICACION DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACION  
DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN EL AREA METROPOLITANA**

**T E S I S**

Que para obtener el título de

**INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

Area Industrial

presenta

**JOSE ANTONIO TURQUIE LOZANO**

*México, D. F.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1987



## **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.

# I N D I C E

	págs.
1. <u>INTRODUCCION</u>	
1.1. Antecedentes	1
1.2. Marco Histórico	4
1.3. Objetivo	5
2. <u>LA PROBLEMÁTICA SOCIAL DE LA BASURA</u>	
2.1. Repercusiones sociales	6
2.2. El problema de la basura en la Ciudad	6
2.3. El problema actual en los tiraderos	7
3. <u>LOS MEDIOS DE TRANSPORTE PARA LA RECOLECCION</u>	
3.1. Sistemas de recolección	13
3.2. Diferentes tipos de barredoras en el mercado	16
4. <u>EL COMPOST. CLASIFICACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS REUTILIZABLES E INCINERACION</u>	
4.1. ¿Qué es el Compost y de dónde se obtiene?	17
4.2. Su evolución en la historia	17
4.3. Su obtención o fabricación	18
4.4. Importancia del Compost como abono orgánico	23
4.5. Desechos reutilizables y biodegradables	28
4.6. Forma de selección y proceso de recuperación	29
4.7. Usos posteriores (reutilización):	31
a) Papel y cartón	31
b) Vidrio	35
c) Plástico y llantas	36

	págs.
4.8. Incineración	39
4.9. Costos, ventajas e inconvenientes de la incineración central	
5. <u>DATOS ESTADISTICOS, LOCALIZACION Y TAMAÑO DEL PROYECTO</u>	
5.1. Cuadros estadísticos	51
5.2. Método propuesto para la aplicación del proceso de industrializar los desechos sólidos	54
5.3. Localización y tamaño del proyecto	56
5.4. Determinación del proceso de producción	59
5.5. Definición de las diferentes áreas de trabajo	63
5.6. Selección y descripción de equipo	79
5.7. Costos del sistema actual	83
5.8. Costos de operación	85
5.9. Análisis del proyecto	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFIA	95

# 1. INTRODUCCION

## 1.1. ANTECEDENTES

El hombre realiza un sin número de actividades para subsistir y en las cuales genera desechos y basura.

En épocas pasadas el hombre tiraba su basura en tierras sin cultivar fuera -- del alcance de su vista y donde los olores que producían no les fueran desa-- gradables. Bastaba solo con dejar los desechos en un sitio acomodandolos ó -- solo depositándolos en diferente lugar, esto vendría a ocasionar problemas de salubridad, pero como los desechos solo eran materia orgánica y en pocas can-- tidades no tenia mayor consecuencia, ya que la propia naturaleza se encargaba de transformar esos desechos, conservando el equilibrio ecológico y evitando-- la contaminación del medio ambiente.

La creación de nuevos productos a ocasionado que nosotros los consumidores -- día con día tiramos más y más basura, alejar la basura de la presencia del -- hombre, no funciona puesto que ya no es posible que la naturaleza se haga car-- go de todo, es ahí donde el hombre tiene que planificar la manipulación y dis-- posición de sus desechos sólidos para evitar la contaminación del medio am-- biente; si a esto no se le da una solución adecuada y si no se da importancia a la situación, terminaremos aceleradamente con nuestro medio ambiente.

Parte de la solución puede ser una planta procesadora de desechos sólidos con la cual, todos los focos de infección que pudieran existir se eliminarían por la separación y clasificación de cada uno de los desechos.

En México no se ha dado suficiente importancia al problema que causa la gene-- ración de desechos sólidos, el cual se agranda cada vez mas debido al ritmo -- de vida industrializado y acelerado que llevamos, dentro del cual día con día crece el número de productos sintéticos y empaques plasticos que vienen a for-- mar parte de los desechos solidos no degradables (no orgánicos).

Por lo que se tiene que contar con un adecuado sistema de recolección, disposición y tratamiento de sus desechos generados y con la cooperación de sus habitantes para cumplir con las indicaciones dadas por las autoridades encargadas, de esto dependerá la limpieza, belleza y sanidad de la ciudad.

Debe entonces, determinarse el sistema idóneo para disponer de los desechos generados en una ciudad, en función de sus características y circunstancias propias, con el fin de lograr mediante una buena planeación y organización del sistema, mantenerla limpia y en condiciones saludables, eliminando de la forma más conveniente la basura, evitando de esta forma el surgimiento de fuentes de infección, como la proliferación de roedores y otros animales que son nocivos para el hombre siendo éstos los principales transmisores de muy diversas y peligrosas enfermedades.

Las basuras son conjuntos cambiantes en su composición y características; en su recolección influyen problemas relativos a las costumbres de los usuarios, a las condiciones y características de las vías de comunicación y de manera especial a los problemas técnicos y económicos por resolver su tratamiento y disposición final.

La generación de basura ó desechos sólidos en cualquier lugar está relacionada con el consumo de sus habitantes. El consumo es sumamente variable por lo que la composición de los desechos sólidos generados difiera de un lugar a otro.

El hombre primitivo no tuvo problemas referentes a la basura; su estilo de vida era limitado en su consumo, su forma de subsistir consistía en cazar para comer, esto lo llevo a recorrer diferentes lugares en busca de sus alimentos, y los desechos sólidos que generaba quedaban lejos de él, siendo estos materia orgánica de animales que cazaba y de las frutas que empleaba para su alimentación. La vida del hombre fue evolucionando haciéndose el hombre sedentario, éste vivía en una aldea con grupos de personas en donde se originaron las organizaciones en sociedad, con lo que se tuvieron que satisfacer las necesidades de un grupo mayor de personas, incrementándose los desperdicios.

El hombre ya establecido en sociedad, entre otras cosas, empezó a convivir -- con los desechos sólidos, y empezó a afrontar las consecuencias de esta convi-- vencia, surgen los problemas de la contaminación por la basura del medio am-- biente, la creación de focos de infección de enfermedades y molestias de los-- malos olores producidos debido a la degradación de los desechos. La vida en -- sociedad condujo al surgimiento de nuevas necesidades de consumo.

A partir de la época de la revolución industrial el desarrollo de la humani-- dad crece aceleradamente, hasta llegar el momento en que la creación de nue-- vos productos es indispensable para la supervivencia, las cosas que se produ-- cen no son permanentes, la dura competencia de productos provoca cambios ace-- lerados, surge una gran cantidad de variedad de diferentes productos, esto ha ocasionado que la tecnología alcance un auge que permita al hombre crear ma-- yor cantidad de artículos y productos industriales que satisfacen sus necesi-- dades reales o creadas, si a esto sumamos que los países capitalistas han cam-- biado radicalmente el concepto de "valor de uso" por el "valor de cambio" com-- prenderemos la magnitud del problema que crea el consumismo y sus resagos en-- la organización social. Por consiguiente esto ha aumentado los desechos sólidos; en la actualidad la generación de desechos sólidos, en cualquier pobla-- ción, depende del grado de industrialización y desarrollo que se haya alcanza-- do.

## 1.2. MARCO HISTORICO

En el Distrito Federal, área metropolitana en la que habitan más de 17 millones de habitantes y que crece aceleradamente en extensión y densidad de Población, produce un promedio de 8,000 toneladas diarias de basura. Se estima -- que para 1990, esta cifra crecerá, debido a una población que va en aumento -- día con día y se produce aproximadamente un kilogramo diario de basura por -- persona. Con esto nos podemos dar cuenta la importancia que tiene la reutilización de los desechos.

Los servicios urbanos tales como: alumbrado público, drenaje, transportes, -- limpia, etc., forman parte de la propia vida de los habitantes de una ciudad -- y por lo tanto esto demanda que los servicios se presenten ininterrumpidamente para que exista mayor sanidad en c/u de los habitantes.

Se han hecho estudios y diseñado algunos proyectos para el sistema integral -- de recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos, en el que contempla la instalación de nuevas plantas industrializadoras, además la -- construcción de estaciones de transferencia y la ampliación de los programas -- de relleno higiénico.

El término "Desechos Sólidos" lo hemos utilizado para indicar todos los residuos no gaseosos o líquidos que provienen de las comunidades, viviendas, industrias y comercios.

El problema actual es la gran cantidad de envases desechables que existen en el mercado, esto viene a representar un porcentaje bastante elevado en el incremento de la cantidad de basura.

En la actualidad una ciudad limpia, se debe principalmente a la educación de sanidad que existe en c/u de los habitantes, ya que ellos están concientes de que si se tiran papeles ó colillas de cigarros en la calle, los desechos se -- acumularían indefinidamente.

### 1.3. OBJETIVO

Por medio de este estudio se pretende determinar la factibilidad económica, técnica y social para la optimización del proceso de la industrialización de los desechos sólidos, en donde se recolecta todo tipo de desechos domiciliarios e industriales.

La optimización del proceso de industrialización de la basura nos facilitará a conseguir el logro de los siguientes objetivos:

- 1) Fabricación en base a los desechos sólidos biodegradables - de compost para abono y fertilizante de las tierras.
- 2) Recuperar y aprovechar en forma más eficiente todos aquellos materiales que son desechados diariamente en una cantidad -- considerable que pueden ser utilizados como materia prima -- alimentadora de diversos procesos y manufactura.
- 3) Colaborar con el desarrollo de las actividades de recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos que son necesarios para la limpieza de la ciudad y la lucha contra la contaminación ambiental.

## 2. LA PROBLEMATICA SOCIAL DE LA BASURA

### 2.1. El problema social de la basura

Como ya hemos mencionado con anterioridad, los desechos generan un sin número de enfermedades. Muchas de las personas han adquirido enfermedades en las vías respiratorias, provocadas por las materias orgánicas de la basura que desprenden sustancias tóxicas para el organismo. Así también existen otros tipos de enfermedades tales como: tuberculosis, parásitos de todas clases, infecciones, etc.; además se facilita la procreación de roedores (siendo ésta su fuente de alimentación), originan que se propaguen con mayor facilidad y rápidamente todo tipo de epidemias, además éstos roedores son los principales portadores de hidrofobia (rabia). Existen varias clases de insectos que se generan con la basura tales como moscas, cucarachas, gusanos, etc.

### 2.2. El problema de la basura en la ciudad

El problema de la generación de basura se da en función del número de habitantes y de la cantidad de industrias y comercios que existen en ella.

En la zona urbana una de las formas más adecuadas de recolección consiste en colocar en los lugares donde la gente deposita con mayor frecuencia la basura un contenedor o más para que tanto a los ciudadanos como a los servidores públicos se les facilite el manipuleo de los desperdicios.

Los "Containers" o contenedores deben ser de fácil vaciado y limpieza, deben de disponer de un dispositivo para el cierre, llevar una ranura en la parte inferior para la salida de los líquidos y el agua del lavado debe de llevar cuatro ruedas, una en cada extremo de la caja, que a su vez puedan rodar con facilidad y dispositivos para fijarlos en el lugar a disposición de los usuarios, el interior debe ser liso y sin asperezas que retengan la basura y las bacterias contaminantes, deben fabricarse de hierro galvanizado, para su mayor durabilidad, además deben contar con un dispositivo para su levantamiento y vaciado, el cual son unos brazos laterales o canales donde entran los brazos de los elevadores de los camiones.

El uso de los contenedores permite un almacenamiento y manejo de la basura higiénicamente perfecto, además su mayor capacidad disminuye el trabajo y costo de los operarios. Sin embargo, para poder emplear éstos recipientes, es necesario adaptar cajas especiales con eleva containers en los camiones recolectores, lo que implica, en las ciudades de la República Mexicana una restauración completa de los sistemas de recolección.

Como podemos ver, ésta es una tarea difícil de realizar, pero se puede empezar por los lugares donde existan mayor número de programas especiales de recolección y donde el volumen de basura generada es muy grande, como el que se presenta en los mercados, centros de abastos, centros deportivos, estadios, etc., además con éste tipo de contenedores es muy difícil que los maltraten, cambien de lugar o en su caso, se los roben.

### 2.3. El problema actual de los tiraderos

Uno de los sitios de disposición final de la basura son los tiraderos o depósitos, los cuales funcionan a cielo abierto desde el inicio de su operación. Cuando las posibilidades económicas en una población no le permiten adaptar ninguno de los modernos sistemas de disposición final de los desechos y no se tenga otra opción más que la de recurrir a alejar y tirar la basura en cualquier sitio, se deberá por lo menos de considerar las siguientes recomendaciones para elegir el lugar e implementar un tiradero que cause menos problemas a la comunidad.

El tiradero tendrá que tener los siguientes requisitos:

- a. El tiradero deberá estar situado con un mínimo de dos kilómetros de distancia retirado de la periferia de la población.
- b. El sitio deberá estar ubicado y orientado de tal forma que los vientos dominantes vayan de la ciudad al tiradero para evitar los malos olores que lleguen a la ciudad.
- c. Elegir de preferencia barrancos o terrenos de desnivel, para que de éste modo se pueda vertir en ellos mayor cantidad de basura, evitando estar cambiando el tiradero de lugar.

- d. Tener un control sobre el tiradero y contar con el personal y - equipo reglamentario contra incendio.
- e. Deberá estar cercada la periferia del tiradero para evitar la - dispersión de los desechos hacia otros sitios.
- f. Fumigar frecuentemente para evitar las ratas y todo tipo de roe - dores, así como el desarrollo de las larvas de moscas y otro ti - po de insectos.
- g. Permitir a los pepenadores realizar su trabajo siembre y cundo - cuenten con la indumentaria adecuada, es decir: guantes, batas, mascarillas y botas.
- h. Deberá estar el lugar lejos de los ríos, lagos o mares para evi - tar la contaminación de las aguas y deberá de contar el terreno con un sistema de drenaje para poder captar las aguas que se -- transmiten a través del tiradero y se lleven los desechos conta - minantes.
- i. Instalar una bascula a la entrada para poder llevar un control de la basura que entra diariamente.
- j. Instalar baños en el tiradero para una mayor higiene de los pe - penadores.

Podemos hablar a continuación de uno de estos tiraderos, que es el de Santa - Fé, que funciona hace aproximadamente 16 años, en el se reciben todo tipo de - desechos provenientes de los sectores de recolección domiciliaria que quedan - ubicados en las delegaciones: Azcapozalco, Miguel Hidalgo, Alvaro Obregón, - Magdalena Contreras y Cuajimalpa. También desembocan en algunas de las rutas de recolección industrial y programas especiales.

Existen montones de desperdicios donde los pepenadores llevan a cabo la selec - ción manual para recuperar y reaprovechar los materiales. Una vez realizada - esta selección, la materia orgánica se translada por medio de "Bulldozers" -- hasta las honconadas, en las que se desarrolla un programa de relleno higieni -

nico o sanitario. Este relleno sanitario debe de considerar los siguientes puntos:

- a. Evitar la reproducción de ratas, moscas y otros animales molestos y dañinos, eliminando todo lo que pueda servirles de refugio o alimento.
- b. No producir contaminación atmosférica con el polvo, el humo y malos olores.
- c. Eliminar el peligro de incendios durante las fases operativas.
- d. Excluir las posibilidades de contaminación de aguas superficiales o freáticas.
- e. Evitar todos los factores que originen molestias.

En el año de 1975, el depósito de Santa Fé recibió en promedio 920 toneladas de basura diarias provenientes de la recolección domiciliaria, en 1976 se estimó un promedio diario de 950 toneladas, fué aumentando a 1,085 toneladas en 1980 y así ira aumentando hasta llegar a 1,300 toneladas para el año de 1985.

México es uno de los pocos países en el mundo, en el que existen comunidades compuestas por familias de pepenadores en los tiraderos de basura. Familias en las que desde el padre hasta el hijo más pequeño separa a mano lo reprocesable o reaprovechable de lo inservible, independientemente del trabajo realizado por algunos empleados del sistema de recolección.

El medio ambiente en que viven estas comunidades, las características del trabajo que desarrollan en las condiciones en que lo realizan y principalmente la estructura de su organización social, son factores que provocan la existencia de una vida de miseria, ignorancia, enfermedad y opresión para los individuos que las componen.

En el depósito de Santa Fé existe un promedio de 350 familias que subsisten de la recolección y venta de materiales de desecho. Los miembros de estas familias son personas que tienen un nivel de ingreso inferior a lo que se considera el mínimo para subsistir y un bajo nivel educacional, lo cual permiten que existan unas cuantas personas que aprovechan en beneficio propio la actual situación manteniendo a los trabajadores de los tiraderos en condiciones de insalubridad, analfabetismo, hacinamiento, promiscuidad y carencia de servicios públicos.

Los líderes de los tiraderos tienen bajo su mando cada uno de ellos a un grupo de pepenadores a los cuales a través de unas personas denominadas "Cabos", se les asigna el montón de basura que tienen derecho a seleccionar en el cual, apalean (remueven y cambian de lugar) la basura y apartan los materiales para cargarlos después en una barsina (especia de malla hecha con mecate), la cual sirve para facilitar su manejo y transporte.

Para llevar a cabo su trabajo cada pepenador, consume aproximadamente medio día y ocupa la mano de obra representada por sus hijos. Una vez obtenido los productos reciclables el pepenador no puede elegir libremente el lugar para vender su mercancía, tiene la obligación de llevarla a unas casetas ubicadas dentro del mismo tiradero (pesaderos) y que pertenecen a los líderes. En estos se les paga a cada pepenador por el material que entrega y los líderes son los que se encargan de comercializar los materiales al exterior del tiradero. Cada familia de pepenadores procesa en promedio 3 toneladas diarias de basura, pero percibe tan solo una mínima parte del valor que tienen los materiales recuperados, con el resto se quedan los líderes o consecionarios.

La edad promedio de los jefes de familia es de 41 años en adelante y de acuerdo a sus condiciones de vida se les considera decrepitos, por lo cual es muy difícil que puedan ser empleados fuera del depósito. En su mayoría los jefes de familia declararon estar casados legalmente, pero al parecer el dato es falso por la carencia de papeles, y se piensa que predomina la unión libre. Menos de la mitad son originarios del Distrito Federal, el resto proviene de distintas entidades, los cuales emigraron al Distrito Federal a consecuencia del desempleo y al no encontrar fuentes de trabajo han tenido que refugiarse en el depósito.

Por consecuencia lógica del establecimiento del tiradero de Santa Fé, se detectó que el 35% de la población tiene de 12 a 16 años viviendo en el lugar. El número de integrantes por familias en matrimonios jóvenes, es de 5, en promedio y de 9 a 11 por personas, en matrimonios adultos.

En general las relaciones familiares son buenas, así como las relaciones de familia a familia, aún cuando no dejan de existir fricciones entre los integrantes de la comunidad. El total de la población en el tiradero carece de agua potable y se abastece de ella por medio de una pipa que envía el Departamento del Distrito Federal y una llave colectiva. La mayoría de las personas satisfacen sus necesidades fisiológicas al aire libre por carecer de sanitarios y de instalaciones de drenaje.

Una gran parte de la población en el tiradero se dedica a la cría de animales, entre los que predominan: los puercos, y una gran cantidad de perros.

En fin, con esto nos podemos dar cuenta de como viven y cual es la explotación a las que estan sujetos, debemos tomar conciencia y dar fin a este tipo de problemas instalando una planta procesadora de basura en vez de estos tiraderos, y a las comunidades que habitan estos, darle una mayor fuente de trabajo en la misma planta.

Los sistemas de recolección existentes son los siguientes:

Domiciliario.- Es el servicio que se presta a las casas habitación conforme a una ruta y frecuencia de recolección establecida por el servicio de limpieza municipal, con previos estudios efectuados para ello. En este servicio se recoge todo tipo de desperdicios domésticos, cenizas, escorias de calefacción, restos de vidrio y varilla, polvo de barrido, latas, material de empaque, incluso objetos indebidos pero que se introducen a la hora de llevar a cabo la recolección en los botes, recipientes, sacos o bolsas que se hayan determinado y colocado en los lugares señalados para la recogida.

Industrial y Combustible.- Se realiza previa solicitud del usuario y pago a la Tesorería del Estado de acuerdo al peso y volumen máximo recolectado a determinar por cada ayuntamiento. Es la recolección de desperdicios industriales y comerciales privados que puede ser efectuada por el servicio de limpieza municipal (si esto no afecta al sistema de recolección domiciliaria). En principio, toda industria o comercio debe disponer de un servicio de recolección particular o privado, para los desechos sólidos que se generan.

Programas Especiales.- Estos son establecidos para efectuar las recolecciones de desechos generados en mercados, centros de abasto, en locales de ferias, en fiestas municipales o públicas y en los edificios públicos.

Barrido Manual.- Es el servicio que realiza en personal adscrito a las oficinas de recolección y que consiste en el barrido a pie de los arroyos de las calles, banquetas, parques, algunas vías rápidas y jardines de la ciudad, para mantenerla limpia, recogiendo cualquier desperdicio u objeto abandonado en la vía pública, incluyendo excrementos de los animales.

Barrido Mecánico.- Se efectúa con equipos mecánicos especiales y se lleva a cabo en las principales avenidas y vías rápidas de la ciudad. Los sistemas para descargar la basura son los siguientes: manual, por vibración, caja de volteo, caída libre (vertical), caída libre (plano inclinado), por aire a presión.

### 3. LOS MEDIOS DE TRANSPORTE PARA LA RECOLECCION

#### 3.1. Sistemas de Recolección.

Es necesario el estudio de los medios o sistemas que existen para efectuar el almacenamiento y recolección de los desechos sólidos, tratando de evitar el manejo inadecuado de la basura y las condiciones insalubres a lo que esto nos conduce.

Se debe prevenir y controlar la contaminación del medioambiente ocasionada por los desechos sólidos, para esto es necesario partir de un adecuado e higiénico almacenamiento.

El fin inmediato de los sistemas de recolección de la basura es eliminar de los domicilios, calles, parques y centros sociales en general, los peligros inherentes a la acumulación de materia putrescible y combustible.

Todo sistema de recolección debe cumplir con las siguientes disposiciones:

- a. El manejo de la basura se debe efectuar sin ocasionar molestias o problemas a los ciudadanos evitándose los malos olores, ruidos, etc.
- b. Que abarque todos los lugares y centros de reunión social de la población.
- c. Que cumpla con las reglas de higiene y que evite la contaminación por los desechos sólidos.
- d. Que sea lo más económico posible sin descuidar los límites sanitarios.
- e. Que sea un sistema funcional y eficiente en todos los aspectos.

La función de las cajas compresoras en los camiones es de comprimir todo los desechos para permitir que entre mayor cantidad de desechos sólidos, logrando que la densidad de la basura pase a ser de 400 a 600 Kg./m<sup>3</sup>. Existen 2 tipos de cajas compresoras, en una el movimiento es continuo y en otras es discontinuo. En este último caso los operarios deben poner en movimiento la palanca compresora cuando la tolva a quedado llena. La mayor parte de estas cajas pueden ir provistas de elevacubos normalizados o elevacontainers. El sistema de las dos cajas es de compresión hidráulica, con lo que se consigue mayor índice de compresión. Para el sistema de movimiento continuo, la caja tiene en la parte inferior un cerpetín que esta en movimiento constante y es el que actúa para que la basura se traslade a la parte trasera de la caja, así comprimiendola constantemente.

Esiten también varios camiones recolectores con diferentes cajas compresoras- que se pueden utilizar, como son:

- a. Camión con caja tubular con tolva de recepción abierta por un costado.
- b. Camión con caja cuadrada con tolva de recepción abierta por un costado.
- c. Camión con caja cuadrada con tolva de recepción abierta por la parte posterior.

Este último es el que consideramos mas adecuado, ya que con este camión recolector se facilita el trabajo, se necesita menos personal y se produce un ahorro considerable de tiempo, puesto que no tiene que ir ningún peón arriba de la caja cachando los recipientes o bolsas, depositandolos o basiandodos y devolviendolos, puesto que la toma de alimentación de la caja es por atras y abajo.

El método de recolección mecánica hermética se emplea solamente en cajas contolvas de recepción en la parte posterior, a las que se les adapta el mecanismo de elevacubos o el de elevacontainers según sea el caso. La mejor ventaja del sistema es que, es el más higienico de todos los sistemas de recolección.

Una vez que hemos mencionado algunos de los tipos de camiones que existen en nuestro país podemos decir que después de su recorrido los camiones que transportan la basura llegan al tiradero y registran su ingreso en una caseta de recepción, para después proceder a la descarga de su contenido en el área de depósito formando montones que son sometidos a un proceso de selección manual para recuperar materiales reaprovechables.

Tradicionalmente los sitios de disposición final después de haber recolectado la basura en 20 sectores del área metropolitana y que a su vez existen aproximadamente 30 rutas de recolección domiciliaria, han sido destinadas a los 2 grandes tiraderos ubicados en las afueras de la ciudad: Santa Cruz Meyehualco y Santa Fé, en estos se lleva a cabo los programas de relleno higienico.

3.2. DIFERENTES TIPOS DE BARREDORAS EN EL MERCADO

MARCA	CAPACIDAD EN M <sup>3</sup> DE ALMACENAJE	MECANISMOS EMPLEADOS	TAMAÑO APROX. (M)	USO	TIPO DE MOTOR
HIDRODYNE 46	0.239	CEPILLOS Y SUCCION	2.2 x 1.1	INDUSTRIAL	1 A GASOLINA
HIDRODYNE 33	0.140	CEPILLOS Y SUCCION	1.9 x 0.9	INDUSTRIAL	1 ELECTRICO
HYDRODINE 60	0.775	CEPILLOS Y SUCCION	2.5 x 1.5	INDUSTRIAL	1 A GASOLINA
ELGIN WHIRLWIND 11	5.3	CEPILLOS Y SUCCION	6.6 x 2.4	MUNICIPAL	1 A GASOLINA
ELGIN PELIDAN	2.6	CEPILLOS Y BANDA TRANS. PORTADORAS	3 x 2.2	MUNICIPAL	2 A GASOLINA
AMERICAN HOIST MOBIL	3.2	CEPILLOS Y BANDAS TRANS. PORTADORAS	5.5 x 2	MUNICIPAL	2 A GASOLINA
TYMCO	4.3	CEPILLOS Y SUCCION	6.2 x 2.5	MUNICIPAL	2 A GASOLINA
TYMCO	2.6	CEPILLOS Y SUCCION	6 x 2.4	MUNICIPAL	2 A GASOLINA
FMC	3.2	CEPILLOS Y SUCCION	5.3 x 2.1	MUNICIPAL	2 A GASOLINA
TRADIN - COSMO 500	2.3	SUCCION	4 x 1.8	MUNICIPAL	2 A GASOLINA

La velocidad de barrido de cada una de estos tipos de barredoras es de:

SUCCION  
24 Km/h.

CEPILLOS  
15 Km./h.

#### 4. EL COMPOST. CLASIFICACION DE LOS DESECHOS SOLIDOS REUTILIZABLES E INCINERACION

##### 4.1. Que es el Compost y de donde se obtiene.

La palabra Compost esta en Inglés y significa en español "Mantillo, abono, estiércol". En México se conoce como "compost", "composting", ó "Composta", al producto obtenido del tratamiento realizado a la basura para lograr su degradación bacteriana; el método en términos generales se define como la descomposición biológica o degradación bioquímica de la materia orgánica para obtener un humus estabilizado, que puede ser utilizado para mejorar los suelos dedicados a la agricultura.

##### 4.2. Su Evolución en la Historia.

Desde la antigüedad se ha estado utilizando la materia orgánica en forma de humus para mejorar la calidad fertilizante del terreno agrícola.

Hace más de 4,000 años, en ciertas regiones de China y de la India, se empleaba la práctica de mezclar la materia orgánica con la tierra.

El terreno agrícola, además de la propiedad fertilizante que requiere para el desarrollo normal de las plantas, debe retener la humedad y resistir la erosión, propiedades que en buena medida las proporciona el humus orgánico y por consiguiente hay que destacar que el proceso de digestión bacteriana conduce a dos objetivos básicos:

- La disposición final de la basura.
- La producción de humus estable aprovechable en la agricultura.

Tal vez el primer desarrollo significativo del tratamiento bacteriológico de la basura como proceso planificado, se realizó en la India en el año de 1925, cuando Sir Albert Howard, en colaboración con otras personas, sistematizó el procedimiento que durante muchos años habían utilizado campesinos y jardineros para producir Humus, que depositaban mas tarde en el suelo. Los métodos para obtener Compost han evolucionado y actualmente se emplea las técnicas y los equipos modernos para auxiliar la fabricación de este abono orgánico.

#### 4.3. Su obtención ó Fabricación.

Existen dos métodos fundamentales para obtener la Compost, ha saber:

- a) La fermentación lenta natural. Esta consiste en que después de molido y eventualmente regado con agua, se coloca el producto en forma de pirámide con una altura de 2 metros sobre el área de fermentación. Durante el primer mes debe removerse cada 10 días aproximadamente y una sóla vez al mes durante los dos meses siguientes, aunque a veces se requiere mayor cantidad de volteos. Después de cada volteo se puede constatar una elevación de la temperatura provocada por la aceleración de la degradación aeróbica y termofílica de la materia orgánica, por acción de los mismos microorganismos. Si las pirámides o montones no se remueven, se producirá una fermentación anaerobia, poco calorífica y con emanación de malos olores. Transcurridos tres meses, la fase activa de la fermentación está determinada y queda solamente esperar la maduración.
  
- b) La fermentación acelerada. En este caso el producto triturado se almacena en torres, silos, cilindros o células, añadiéndole agua e inyectándole aire, o también se pone en movimiento el producto. Con éste proceso se reduce la fase de fermentación a quince días, y tiene la ventaja de favorecer la oxidación de los compuestos orgánicos, controlar mejor la fermentación y evitar contacto exteriores con insectos o roedores, destruyéndose mejor las bacterias patógenas al mantenerse mejor la temperatura.

Es evidente que el segundo sistema es más perfecto, pero las investigaciones llegan a ser de 6 a 10 veces más elevadas que el primer procedimiento.

En general cualquiera de los procesos usados actualmente para obtener Compost, consiste en tres operaciones básicas:

- Preparación del desperdicio o desecho.
- Proceso de fermentación.
- Terminación o acabado final del producto.

#### PREPARACION DE LOS DESECHOS :

La preparación de los desperdicios consiste en recibir, clasificar, separar, moler (pulverizar) y añadir agua y/o nitrógeno si así lo requiere.

En cualquier planta de fabricación de la Composta se debe hacer una clasificación manual o mecánica de todo el material que entra al proceso. Esto se debe hacer puesto que la basura doméstica tiene ciertos materiales que pueden interferir y perjudicar operaciones posteriores dentro del proceso, y se tiene que eliminar antes que esto ocurra. Los materiales que se separan son los siguientes: papel, vidrio, plástico, trapo, hule, hueso, cartón, etc. De una banda transportadora en movimiento lento llamada "Banda de selección de subproductos" y posteriormente la separación magnética de material ferroso contenido en la basura. Esta separación también se hace para la venta y obtención de ingresos adicionales, esto es, mucho residuo pueden reintegrarse nuevamente a la obtención del mismo y otros productos mediante el reciclaje.

El siguiente paso consiste en pulverizar los desechos para homogenizar su tamaño. La molienda puede ser efectuada con diferentes sistemas de trituración, pero lo más recomendable es usar un molino de matillos lo suficientemente grandes para que toda la basura que llega en el día, alcance hacer molida. Posteriormente el material se humedece si así se requiere.

#### PROCESOS DE FERMENTACION :

El siguiente paso es la fermentación a la materia orgánica que como hemos dicho existen dos métodos para conseguirla, esto es, por medio de una fermentación natural lenta aplicando ciertos sistemas de operación o usando medios mecánicos para conseguir una fermentación acelerada. A continuación veremos algunos métodos mecánicos que se utilizan para acelerar el proceso de la fermentación:

#### SISTEMA FAIRFIELD

Existe una planta que usa este sistema en Altona, Pensilvania U.S.A., que procesa aproximadamente 25 toneladas diarias de desechos separados. Estos son separados con anterioridad por lo cual los desechos orgánicos y los demás desechos son recolectados por separado. Con esto se sustituye la separación manual; el material entregado pasa directo al triturador de martillos, lo cual no es necesario las bandas de selección previas. Después de la molienda inicial una secundaria se realiza; en esta unidad se le aplica aguas negras a los desechos para incrementar la humedad y enriquecer el material para la operación final. Después de ser pasado por igual el material, pasa por una barrapantalla que elimina plásticos, hojalata y otros artículos.

El material pasa por una prensa para que se reduzca la humedad al 55% y después se deposita a un asimilador circular, en donde es inyectado aire para mantener una mezcla aeróbica (o con ambiente propicio), diferentes cantidades de aire puede estar soplando a varias secciones del asimilador. Se agita el desperdicio por medio de un brazo revolvedor que esta en continuo movimiento para mezclar todo el material e inmediatamente licúa la humedad que contiene la mezcla.

Después de cinco días de asimilación, el material es quitado y curado en campos al aire libre por aproximadamente 3 semana. El material procesado y curado es humedecido con una suspensión almidonada, granulada y secado. Con esto se acelera el proceso ahorrando unos 60 días a la duración de la fermentación, el sistema tiene una principal desventaja en los costos de asimilador, que son relativamente altos, ya que la agitación debe de ser continua, además la planta requiere de una nueva y complicada construcción de un tanque asimilador adicional.

#### TANQUES DIGESTORES

Tanques digestores A. CRANE: Es una unidad de 3 pisos, con mecanismo de agitación y aireación independientes para cada nivel. Se a previsto la introducción de una cantidad de productos terminado en cada piso para que sirva de semilla y el aumento de la aireación mediante aire a presión y ventiladores.

Tanques digestores EARP - THOMAS: Es un cilindro vertical de 8 pisos, el material se agita y airéa mediante unas paletas montadas en unos brazos giratorios y a su vez están colocados en un eje vertical central.

Tanques digestores DANO: El uso de este tanque está muy extendido en -- Europa, el cual consiste en un cilindro horizontal que gira lentamente, y en este se mantienen enserrados los materiales de uno a cinco días, - el tratamiento se termina amontonando los materiales (volteandolos o no) durante un tiempo de dos a cuatro meses.

Sistema de montones modificados: Consiste en formar montones de material triturado como en el caso del sistema de fermentación natural, ---

pero con la diferencia de que en este método se utiliza parte del producto final del tratamiento como semilla, se inyecta aire a presión y se efectúan volteos y trituraciones periódicamente, lo que hace de este método, un sistema más eficaz que exige aproximadamente la mitad del tiempo que el tratamiento en montones ordinarios (fermentación lenta). Con el método modificado el material se puede acopilar en largos montones de 1.20 metros a 1.85 metros de alto y de 2.40 metros a 2.70 metros de ancho, y se puede inyectar en él cantidades controladas de aire a presión de varias formas.

**Sistema de tratamiento bacteriológico sobre superficies:** Este sistema se suele confundir con el de "Montones Modificado" pero son dos tipos de procesos diferentes. En este sistema bacteriológico sobre superficies, el material se aplica con una altura uniforme sobre unas superficies o plataformas grandes y bien definidas, por debajo de las cuales se distribuyen cantidades controladas de aire que pasa por unos conductos, a través del suelo poroso y arenoso, a lo que es preferente un suelo poroso de diseño especial. Puede utilizarse la siembra de pequeñas cantidades de productos terminados y suelen voltearse los residuos.

Cuando se hacen estas dos cosas, el proceso sólo tarda de 10 a 14 días. La diferencia esencial entre estos dos sistemas es que el bacteriológico, sobre superficies exige una extensión superficial (un área de terreno) de solamente la tercera parte de la que exige el tratamiento por montones.

**Proceso INDORE:** Este proceso es de Sir Albert Howard y se conoce con ese nombre por la región en que se desarrolló, consiste en depositar residuos orgánicos como paja, hojas, etc. En un pozo o trinchera de 60 a 90 cm. de profundidad o en montones al aire libre de 1.5 m. de altura, en capas alternas con haces de letrinas, fangos cloacales ó estiércol. Esta masa se voltea dos veces en un período de seis meses y se mantiene húmeda en aguas residuales para después utilizar el producto como abono.

En la actualidad en algunas partes del mundo, este método se sigue usando, con algunas modificaciones para mejorarlo, principalmente efectuando mayores volteos para acelerar la acción aerobia y mitigar los malos olores.

Todos los procesos mecánicos que hemos visto se pueden clasificar en 3 grupos los cuales son:

a) El compost se sitúa en células, unas encima de las otras, si se desplazan de arriba hacia abajo. Es como una torre de varios pisos en la que el compost desciende un piso cada día, con lo que se airea la masa total y se remueve toda.

En cada piso se instalan dispositivos de riego para humedecer la masa con el objeto de facilitar la fermentación aerobia y también --- planchas con tubos que permiten inyectar aire en el interior de la masa. Un procedimiento derivado de este es, una torre en la que todos los días un tornillo sinfin translada el compost de la base y lo sube a la parte mas alta.

b) El mismo procedimiento señalado pero en forma horizontal, desplazándose las basuras, cada día, de un compartimiento a otro. Por la parte inferior se inyecta aire y por la superior se induce agua. El primer procedimiento consume menos energía, pues la basura se eleva y luego va cayendo por gravedad; en el segundo se evita la construcción de la torre o tanque vertical que es de elevado costo.

c) El tercer sistema básico consiste en inyectar aire por la parte baja de los montones situados sobre plataformas especiales, y que pueden permanecer al aire libre o bien en células cubiertas o no.

#### TERMINACION O ACABADO FINAL DEL PRODUCTO :

En este último paso consiste en dar el acabado final a producto obtenido (compost).

Primero se deja por espacio de 60 días en el campo de maduración, donde se lleva un control de cada pila de material, checando su temperatura y humedad, siendo a veces necesario efectuar un curado del material.

Después, una vez contemplado su ciclo de degradación total, el material es sometido a una molienda fina, para obtener un producto mas fino y de mayor calidad.

En algunos países europeos los agricultores exigen cada vez más un compost de mayor calidad, más limpio y de mejor aspecto; por ejemplo, en Francia es obligatorio fabricar compost con malla máxima de 35 mm. en la molienda gruesa y algunos fabricantes trabajan con mallas más finas, aún hasta de 20 mm. En la molienda gruesa y de 3 mm. en la molienda fina; de este modo se elimina un porcentaje mayor de plástico logrando un producto más presentable y de mejor calidad.

#### 4.4. IMPORTANCIA DEL COMPOST COMO ABONO ORGANICO

Esta técnica demostrado que las tierras de cultivo se mineralizan paulatinamente, esto es, pierden su contenido en materia orgánica.

Para evitar la falta de materia orgánica se conoce una serie de fertilizantes o abonos como: algas marinas, guano, harina de pescado, abonos verdes, turbas y estiércol. El de mayor uso es el estiércol por su fácil adquisición y economía; sin embargo, la industrialización de la agricultura en algunos países, ha provocado que los agricultores prácticamente necesiten animales para el trabajo, con lo cual es estiércol comienza a escasear.

Es absolutamente necesaria la presencia de materia orgánica si queremos restituir a los terrenos su actividad agronómica, ya que la fertilidad del suelo la da su contenido de materia orgánica. El uso de fertilizantes químicos a lo largo de muchos años sobre el mismo suelo, sin la aportación de materia orgánica perdida por medio del cultivo, conduce al empobrecimiento de las condiciones físicas y biológicas del suelo y consecuentemente a la pérdida de productividad.

Los fertilizantes químicos ejercen importantísima función en el rendimiento del cultivo, pero necesitan la acción de la materia orgánica y la flora bacteriana por su degradación a compuestos fácilmente asimilables por las plantas.

El "compost" es un compuesto orgánico hecho con productos que han tenido su origen en el suelo y que al unificarse mediante un proceso acelerado de descomposición bacteriana dan como resultado un mejorador orgánico de suelos, cuyo valor energético y nutritivo es superior a cualquier estiércol. A continuación una gráfica donde nos muestra la comparación con los diferentes estiércoles más comunes y la compost.

	<u>VACUNO</u>	<u>CABALLO</u>	<u>CERDO</u>	<u>POLLOS</u>	<u>BORREGOS</u>	<u>COMPOST</u>
Fosforo	.29	.27	.46	.48	.48	.70
Nitrógeno	.53	.55	.63	.89	.89	1.20
Calcio	.40	.38	.27	.53	.53	8.10
Potasio	.48	.57	.41	.83	.83	1.20
Materia Orgánica	16.74	27.06	15.50	30.70	30.70	36.38

(EN PORCENTAJES)

Las principales características de la materia orgánica, desde el punto de vista edafológico, son:

- a) Mejora la estructura del suelo.
- b) Estimula el desarrollo Radicular.
- c) Los fertilizantes minerales son mejor aprovechados.
- d) El principal soporte de la actividad microbiológica del suelo.
- e) Incrementa el poder retentivo del suelo para el agua y los fertilizantes.

Hay dos maneras de utilizar la basura como abono orgánico, ya sea como agono verde (basura cruda seleccionada y triturada) o como compost (basura transformada en hummus).

La aplicación de abonos verdes se practica desde mucho tiempo atrás, ya que el volteo de una cosecha verde para mejorar las condiciones del suelo, ha sido práctica agrícola muy común; el uso del frijol y altramuces para tales objetos, fue bien comprendido por los romanos, quienes tomaron esta práctica de otras naciones. Actualmente, los abonos verdes están considerados como una parte del manejo de suelos bien establecidos, por lo tanto siempre tendrán un lugar en cada plan racional de manejo de suelos minerales.

El abonamiento verde se refiere a la práctica del volteo del suelo con tejido de plantas verdes no descompuestas, y en este caso también formarán parte de este abonamiento, la materia orgánica no descompuesta de origen animal, ambas convenientemente trituradas para su mejor incorporación al suelo.

Los compuestos de hummus resultantes de la descomposición de los abonos orgánicos indudablemente que aumenten la capacidad absorbentes del suelo, promueven la aereación, el drenaje y la granulación, estas son extremadamente importantes para el éxito del desarrollo vegetal, por lo tanto, la materia orgánica es uno de los factores mas importantes para determinar la condición física óptima de cualquier suelo.

Sirve también como pegamento para los suelos arenosos y aumenta su capacidad de retención de agua como ya hemos dicho. En las arcillas, promueve la estructura de los agregados y prácticamente determina el ajuste del suelo para funcionar como soporte para las plantas.

Las propiedades físicas del compost aplicado a la agricultura son:

- a) Facilita las labores de cultivo
- b) Aumenta la cohesión en las arenas.
- c) Disminuye la cohesión de las arcillas
- d) Aumenta la retención del agua.
- e) Calienta las tierras.

Las propiedades químicas del compost son:

- a) Mayor poder absorbente
- b) Facilidad de retención de potasa y amoníaco.
- c) Formación de sales orgánicas más asimilables.

A las propiedades físico-químicas haya que añadir la muy importante propiedad biológica de incorporar al suelo millones de microorganismos que producen reacciones benéficas en el suelo.

El compost está compuesto por la siguientes sustancias químicas: Carbono, hummus, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y P H (potencial hidrógeno).

La importancia del compost radica en la falta de materia orgánica que en la actualidad acusan los suelos agrícolas de nuestro país y de todo el mundo, que ha dado origen, entre otros, a los siguientes hechos:

- a. Necesidad de añadir cantidades cada vez más crecientes de abono minerales para mantener el mismo rendimiento, lo que representa un en carecimiento de los productos del campo y una disminución en los beneficios del trabajo y del capital empleado por el agricultor.
- b. Peligro, cada vez mayor, de erosión eólica e hidráulica, por que -- cuando se explota el suelo, privándose de su cubierta protectora, -- arrasando, quemando y agotando el hummus, el suelo es barrido con -- facilidad.
- c. Aumento de la posibilidad de enfermedades carenciales en las cosechas por falta de oligoelementos en el suelo, ya que en su mayor -- parte, los oligoelementos son proporcionados por las sustancias orgánicas.
- d. Mayor sensibilidad a la sequía, puesto que la materia orgánica tiene una capacidad de retención, de agua, muchas veces superior a la de la mejor arcilla.
- e. Necesidad de aumentar la potencia de los tractores para el cultivo por la progresiva pérdida del estado grumoso y la estructura del -- suelo, por cuanto la materia orgánica es quizá el factor importante que condiciona y mantiene esas características tan necesarias de los terrenos, aligerando los pesados y dando consistencia a los ligeros. Además, una pobre estructura de suelo puede causar una reducción en rendimiento de las cosechas de mas del 20%.

- f. Mayor susceptibilidad de las cosechas para adquirir enfermedades parasitarias, lo que exige un mayor consumo de fumigicidas, pesticidas y herbicidas.

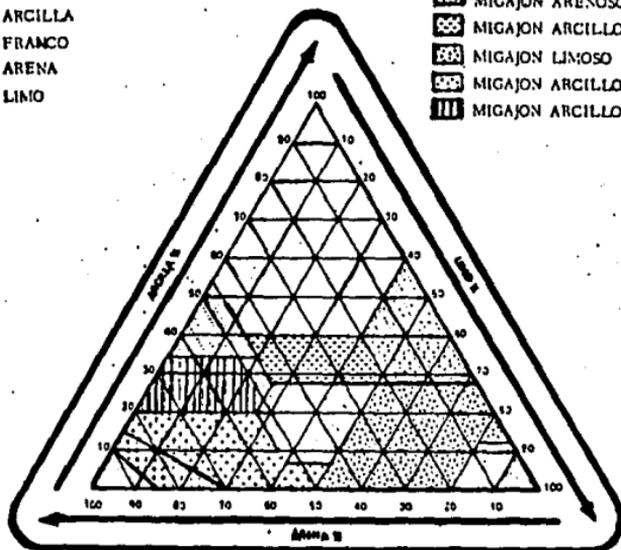
En cuanto a la dosis de compost que debe aplicarse al suelo, no puede darse una norma generalizada, esto es, cada suelo tiene sus características propias, definidas por su composición, y la cantidad de la compost a utilizar dependerá, entre otros factores, del contenido de materia orgánica que tenga ese suelo, de su textura, del cultivo que haya de implantarse, etc.

En suelos muy pobres, y para cultivos intensivos, la dosis inicial -- pueden llegar hasta los 20'000 Kg. por hectárea. Para suelos provistos de materia orgánica, una dosis de mantenimiento de 5000 a 6000 Kg. por hectárea puede ser suficiente. En todos los casos la dosis de compost debe deducirse de un análisis de suelo, realizando por un laboratorio.

A continuación mostramos el diagrama para determinar la textura en los suelos.

-  ARCILLO ARENOSO
-  ARCILLO LIMOSO
-  ARCILLA
-  FRANCO
-  ARENA
-  LIMO

-  ARENA MIGAJOSA
-  MIGAJON ARENOSO
-  MIGAJON ARCILLOSO
-  MIGAJON LIMOSO
-  MIGAJON ARCILLO LIMOSO
-  MIGAJON ARCILLO ARENOSO



#### 4.5. Derechos reutilizables y biodegradables.-

Una parte muy importante del proceso industrial realizado para obtener compot, es la recuperación ó separación de desechos reutilizables de la basura.

Varias ciudades han puesto en práctica programas para convertir sus inútiles - montañas de basura en productos útiles por medio de métodos tales como la reutilización, o sea, volviendo a reciclar en material en el proceso con el que - fué creado, otro método es el llamado "recuperación de los recursos", por medio del cual los desperdicios sólidos se convierten en nuevas materias y en -- productos, inclusive en energía.

La fuente principal de material actualmente no reutilizado y con mayor potencial de reaprovechamiento son los desperdicios sólidos urbanos. Los desechos de hierro y acero, como también los de papel, ya los están reutilizando las industrias que los producen, y muchos de esos productos llevan una etiqueta que dice que fueron fabricados con materiales residuales reutilizables.

Los Estados Unidos y otros países Europeos han demostrado gran interés en la reutilización, por razones económicas y de salud, ya que los métodos que emplean para deshacerse de la basura causa con frecuencia contaminación ambiental.- Al reutilizar los desperdicios para convertirlos en energía, no solo se elimina el costo de deshacerse de ellos, sino que su conversión en energía o cualquier otra transformación provechosa, representa un gran ahorro de dinero.

Puede definirse a la basura como "un conjunto de elementos heterogéneos resultantes de desechos ó desperdicios del hogar y de la comunidad en general". Así los elementos heterogéneos que integran la basura son entre otros:

papel	trapo	vidrio blanco (transp.)
cartón	algodón	vidrio ambar
hueso	fierro	vidrio verde
hule	hojalata ó lata	materiales
madera	plastico (pe	materiales de cocina (materia qrg.)
cuero	plástico (rigido)	materiales de construcción

poliestireno expandido  
fibras de esclerenquina  
envases tetrapack  
otros.

Dentro de los miles objetos que diariamente se desechan, hay toneladas de artículos que pueden convertirse en materia prima alimentadora de diversos procesos de manufactura.

Podemos mencionar las fábricas de laminas de cartón, las cuales son -- buenos clientes de todo el papel y el cartón, las botellas y los envases hacen ofertas por el vidrio; el desperdicio de metales lo llevan a las fundidoras y el trapo a las imprentas y fabricantes de borras, estopas y guatas.

Las materias orgánicas constituyen alrededor del 40 ó 50 por ciento -- del contenido total de la basura y a partir de ellas pueden fabricarse abonos y fertilizantes utilizables en la agricultura.

Los desechos biodegradables son todos aquellos productos que por su -- composición química, con el contacto del medio ambiente, (aire) y el -- tiempo van cambiando su constitución hasta llegar a pulverizarse; este proceso es muy tardado, pero a la larga todos los desperdicios que fue ron fabricados con este tipo de material, se reintegran al proceso de materia orgánica y a su vez se incorpora al compost como abono orgánico.

#### 4.6. FORMA DE SELECCION Y PROCESO DE RECUPERACION

Se efectúan 2 tipos de separación ó selección, en una se busca separar todos aquellos desechos que puedan causar algún daño al equipo que se encuentra operando más adelante en la línea de producción, como en las trituradoras, y también separan los desechos que sean dañinos o perjudiciales para la calidad requerida del producto final de compost. En -- la otra separación se busca seleccionar todos aquellos materiales que -- contiene la basura que pueden ser reutilizados, es decir, que tengan -- un valor comercial.

La selección de desechos reutilizables se efectúa en bandas de clasificación, de donde se separarán para depositarlos en tolvas particulares - para cada clase de material recuperado donde se van vertiendo para posteriormente adecuarlos para su venta.

Entre los desechos de basura que pueden ser perjudiciales para el proceso y deben ser separados, citaremos algunos que no deben pasar nunca a la etapa de molienda;

- Recipientes con sustancias inflamables y objetos impregnados de ellas.
- Recipientes cerrados.
- Piedras, arenas ó escombros.
- Piezas metálicas grandes.
- Llantas y compuestos ahulados.
- Piezas de madera.
- Objetos explosivos, etc...

Los subproductos reutilizables que pueden recuperarse son variables en cantidad.

dicha cantidad anda del orden de un 15% a un 18% del peso total de la basura " CRUDA " que entra a la planta para ser procesada.

Al igual que la cantidad y la calidad ó clase de basura difiere de una ciudad a otra, también sucede con los subproductos. Para confirmar esto, a continuación enlistamos los subproductos que contiene la basura cruda que entra a la planta del Distrito Federal, según nuestro:

Papel.....	9.30%
cartón.....	0.18%
vidrio blanco.....	2.06%
vidrio color.....	2.68%
trapo.....	0.91%
metales.....	1.19%
plástico rígido.....	0.91%
plástico blando.....	0.12%
hueso.....	0.07%
chacharas.....	0.05%
madera.....	<u>0.05%</u>

Total 17.52%

La cantidad de subproductos recuperados depende mucho de la eficiencia de los encargados de la separación en las bandas, por lo tanto, las cantidades dadas por un muestreo en el laboratorio suelen ser muy diferentes a las cantidades reales de subproductos en un día de labor.

#### 4.7. Usos posteriores (Reutilización)

A continuación mencionaremos algunos de los productos reciclables, la forma de reutilización y su análisis de mercado.

##### a) PAPEL Y CARTON DE DESPERDICIO.-

Desde hace algunos años los desechos de papel se han reutilizado, reciclado o recirculándose al proceso industrial para producir nuevamente papel; sin embargo existen muchos factores que limitan dicha recirculación, entre ellas la contaminación de los desechos de papel por otros cuerpos, algunos de los cuales pueden removerse fácilmente de la masa de papel en los sitios de recolección, como: Arenas, vidrios, partículas metálicas, restos de alambres, clips y grapas; así como también trozos de madera y de plásticos. Existen además algunos contaminantes fijos que constituyen alrededor del 10% del total del papel, tales como tintas, barro, papel de aluminio y estaño, substancias adhesivas y revestimientos plásticos, los cuales dificultan la recirculación del papel y cuando pueden quitarse constituyen un nuevo problema de contaminación.

Otra limitación para la reutilización de los desechos del papel es la reducción del tamaño de las fibras de papel recirculando, motivo por el cual el producto obtenido tiene una resistencia menor y es necesario agregarle alguna cantidad de material nuevo para darle la resistencia requerida, tal como sucede con las cajas de cartón fabricadas con papel reciclado.

Por otra parte una de las limitaciones más importantes es el costo de recolección, clasificación y transportación de estos desechos, que representan un porcentaje elevado de los costos de producción.

A pesar de estas limitaciones, se reutilizan los desechos de papel, -- principalmente los obtenidos de las siguientes fuentes:

- a. Desechos de las fabricas de papel y las de cartón, así como tam -- bién de las impresoras.
- b. Cajas de cartón corrugado recolectadas de plantas industriales y - de almacenes.
- c. Periodicos de agencias editoriales y del público, imprentas.
- d. Papel escrito procedente de oficinas.
- e. Centro de proceso de datos.
- f. La comunidad en general.

Los procesos que se realizan para la recuperación son muy diversos, es to da origen a la amplia gama de grados de calidad que para el papel y el cartón de desperdicio existen en el mercado industrial y de los cua les mencionaremos a continuación.

Viruta de primera y segunda (blanca y pintas), viruta couche, periodico # 1, 2, bolsas, manila, grises, revistas, papel comercial y corruga do.

Por las características del papel y cartón que va incluyendo en la basura y por el manejo de ésta, dentro de las actividades de recolección transportes y disposición final, puede afirmarse que una planta seleccionadora de basura solo puede ofrecer a los usuarios industriales los grados comercial y corrugado y es hacia este tipo de papel y cartón de desperdicio al que se enfoca el presente análisis.

#### DESCRIPCION Y USOS DEL PRODUCTO.-

El papel de desperdicio grado "Comercial" es aquel que incluye una re-voltura de toda clase de papeles y cartoncillos, incluyendo papel pe--riodico y otros papeles hechos de fibras cortas como el San Rafael, Revolución y Pipsa.

El grado de calidad "Corrugado" esta compuesto por cajas de cartón co--rrugado del que se produce en el mercado nacional, así como pedacería y recortes de éstas, contiene algunos otros tipos de papel tales como--mamila, kraft y cartones grises.

Estos 2 tipos de papel y cartón de desperdicio se utilizan para la fabricación de los siguientes productos:

- A) Láminas de cartón.
- B) Papeles y cartoncillos plegadizos utilizados para fabricar cartón, que a su vez servirá para la manufactura de cajas y empaques.
- C) Diversos tipos de cartones (corrugados, de agua, grises).
- D) Cartulinas y cartoncillos.
- E) Papeles kraft y semikraft.

#### CONSIDERACIONES DE CALIDAD.-

Una vez definido los grados de calidad (tipo de papel de desperdicio) mencionaremos las especificaciones del papel para saber los aspectos relativos al estado en que los usuarios aceptan el material que se les ofrece.

En el orden de importancia, las especificaciones de calidad se refieren a la presencia de la humedad y materiales nocivos dentro del papel y cartón de desperdicio.

Uno de los factores que se debe tomar muy en cuenta es la humedad puesto que los usuarios de papel "Comercial" y "Corrugado" prefieren recibir en su planta aquel material seco ó con un grado máximo de humedad del 10% para aceptarlo.

Los materiales nocivos dentro del papel y cartón de desperdicio pueden dividirse en 2 grupos:

- 1.- Papeles nocivos.
- 2.- Cuerpos extraños.

- Dentro de los papeles nocivos están: papel carbón, papeles asfaltados, revestidos en plásticos, resistentes de la humedad, a prueba de grasas, sacos de productos químicos, glassine, pergamino, encerrado ó para finado y celofán.
- Los cuerpos extraños son: vidrios, metales, alambre, hojillas de metal, trapo, cuerda, caucho, basura, grasa y aceites.

Todos los materiales nocivos antes señalados obstruyen los procesos de fabricación de papeles y cartón.

#### ANALISIS DE MERCADO.-

Para conocer los aspectos relacionados con la oferta y la demanda de papel y cartón de desperdicio, grado "comercial" y "Corrugado", se determinarán los 2 factores siguientes:

A) La demanda de papel y cartón de desperdicio es mayor que la oferta ya que todo este tipo de material que es recuperado y ofrecido a los compradores por las diversas fuentes de capacitación, es absorbido por los usuarios industriales y estos a su vez también realizan importaciones de esta clase de materia prima.

B) La planta seleccionadora de basura no incrementará la oferta desperdicios de papel y cartón, únicamente modificará el sistema de recuperación de un material que ya es absorbido por el mercado.

Tomando en cuenta lo anterior, se estructuró un cuestionario que, aplicado a los usuarios industriales (23 empresas fabricantes de papel, cartón, laminas etc.) Ubicadas en el area de mercado aunado a una serie de entrevistas con personas conocedoras, permitió conocer las características del mercado para los desperdicios nacionales de papel y cartón.

Pueden distinguirse 4 tipos de oferentes de papel de desperdicio "Corrugado" y "Comercial" los líderes de los pepenadores que trabajan en el tiradero, los empleados del sistema de recolección de la basura (choferes y ayudantes de los camiones de rutas domiciliarias y empleados de los programas de barrido manual), la planta industrializadora de desechos solidos de San Juan de Aragón y las bodegas ó depositos dedicados a la compra venta de desperdicios.

Respecto al papel de desperdicio grado "Comercial", los requerimientos en total de los usuarios entrevistados asciéndose a 79.37 toneladas diaria de las cuales los proveedores actualmente alcanzan a abastecer el 82.2% (61.21 toneladas diarias) quedando una demanda insatisfactoria al día de 14.2 toneladas.

Para el papel "Corrugado" se detectó una demanda total equivalente a - 741.7 toneladas al día de las cuales los proveedores cubren el 80% -- (594.2 toneladas/días) y la demanda insatisfecha asciende a 147.5 ton/día.

La reutilización de los desechos de vidrio pueden efectuarse ya sea re circulando al proceso industrial para la fabricación de dicho material o utilizando como materia prima para elaborar otro producto.

b)- VIDRIO DE DESPERDICIO.

Aproximadamente un 8.5% del volumen de basura que se maneja en el tira / dero de Santa Fé es vidrio de desperdicio. Este material proviene de - toda clase de botellas y envases, pedacería de ventanas y lámparas, va sos y otros artículos que la comunidad en general desecha.

El desperdicio de vidrio se presenta en la basura en forma de piezas - enteras y más frecuentemente como pedacería de diversos tamaños.

Entre las materias primas utilizadas en la fabricación de vidrio ó artículos de vidrio pueden mencionar se la arena silica, soda ash, etc., sin embargo, dependiendo de la calidad que se quiera obtener junto con la materia prima original para producir principalmente los siguientes- artículos:

- A) Garraiones para agua purificada.
- B) Envases para refrescos, leche, etc.
- C) Frascos para perfumería.
- D) Artículos de vidrio prensando (vasos, ceniceros, etc.)
- E) Artículos de vidrio soplado.

PROCESO DE SEPARACION.-

Existen varios métodos de separación, siendo el más sencillo el que se efectúa separando manualmente los trozos de vidrio del resto de la basura, la cuál circula por una banda transportadora.

La clasificación se hace tomando en cuenta los colores y las clases -- del vidrio, los cuales son: cristal, vidrio de color ámbar, de color esmeralda, de color verde claro, y ópalo; el cristal a su vez se separo en tres categorías:

Cristal de bórax, cristal de plomo y cristal de cal. El cristal de plomo procede principalmente de cinescopios de televisores, cristal tallado y adornos de cristal; el cristal de cal procede principalmente de recipientes de alimentos, bebidas y medicinas; el cristal de borax de artículos resistentes al calor.

La clasificación del vidrio por colores se puede efectuar manualmente o utilizando fuerzas magnéticas de gran intensidad.

Una vez que los desechos de vidrio se han separado del resto de la basura y que se han clasificado, se procede a acondicionarlos antes de alimentarlos al proceso de fabricación de vidrio.

Este proceso generalmente se inicia en las negociaciones de desechos para darles un tamaño de 0.5 a 1 pulgada, en tal forma que puedan pasar através de una malla numero 4. Posteriormente se lavan con agua -- que continene las substancias químicas necesarias para quitarles cualquier contaminante.

En algunas industrias es necesario pulverizar el vidrio, además del -- proceso anterior. Debe secarse el vidrio en un secador rotatorio, para después pulverizarlo en un molino de rodillos y luego mediante un separador de ciclón de aire, separan las partículas que atravesen un tamiz de 200 mallas; este vidrio es el que se utilizara en la industria.

La ventaja de utilizar ó emplear los desechos de vidrio en la fabricación de este mismo material, reside no solamente en que se aumenta el suministro de materiales virgenes, si no que se funde más rápidamente que estos, reduciendo en esta forma el tiempo de fundido en los lotes de horneado.

#### C)- PLASTICOS Y LLANTAS.

Los plásticos constituyen la clase de desechos cuya reutilización ha -- sido encontrada menor factible, debido a que muchas de las técnicas --

investigadas para ese fin son económicamente improductivas, tal como sucede con los desechos urbanos, en los cuales las diferentes clases de plásticos están mezcladas entre sí y con el resto de la basura, motivo por el cual aumentan los costos de la reutilización, ya que se ven efectuados por el costo de recolección, transporte, clasificación del resto de la basura y por los diferentes tipos de plásticos, y por el costo de la limpieza de los diferentes plásticos que se encuentran contaminados, como sucede en los envases.

En el caso de los desechos industriales no existe esta serie de dificultades, porque se tienen en la misma fábrica los desechos de los plásticos los cuales pueden mezclarse fácilmente con la materia prima, sin que se causen cambios al proceso ó a las propiedades del producto. Ya que se está utilizando y además no están contaminados.

Sin embargo, se han investigado diferentes técnicas que permiten reutilizar los desechos plásticos, inclusive los desechos urbanos, ya sea por cambios de las propiedades físicas de los plásticos o por transformaciones químicas de los mismos.

Debido a que la escasez mundial de plásticos, la empresa Automatic Liquid Packaging de México localizada en Naucalpan, Edo. de México que se dedica al empaque y maquila de jabones y detergentes líquidos, desarrolló un proceso para recuperar desechos de polietileno de alta y baja densidad que se generan en la misma planta.

La totalidad de los desechos que se recuperan está constituida por los siguientes cuerpos: "Colas" y "Copetes" de botellas que resultan de la operación normal de la máquina, botellas mal formadas que no contienen producto, botellas agujeradas ó abiertas que son rechazadas por control de calidad y que tampoco contienen líquido, botellas que resultan dañadas en el manejo del almacén, trozos de plásticos que no fueron soplados, y grandes bloques de plásticos apelmazados.

#### REUTILIZACION DE LLANTAS.-

Existen algunas formas de aprovechar los neumáticos desechados, tal como son ó empleando el material con el que están hechos.

Entre algunos usos que se les puede dar tenemos los siguientes:

A) Utilización de llantas desechadas en obras marítimas. se construyó el más grande rompeolas flotante formado por 19,000 llantas de desecho y este servirá para un nuevo centro recreacional y navegación deportiva que se le construirá en Lago Erie, Ohio.

El rompeolas realizado según con diseño de Good Year fue remolcado hasta la Bahía Loraine, en Ohio. Tiene 82 metros de largo por 25m de ancho. Está anclado al fondo de la Bahía mediante 18 bloques de cemento de 5 toneladas c/u los funcionarios del puerto indicaron que el rompeolas integrado por una enorme plataforma de llantas flotantes, fue una alternativa de bajo costo en comparación con las barreras protectoras, y que serviría efectivamente para la protección de las embarcaciones. En la construcción de los módulos de 19,000 llantas los trabajadores utilizaron casi 10 kilómetros de banda transportadora de desechos; -- 9,000 juegos de tornillos y rondanas, y 38,000 piezas de espuma de estireno situadas en la parte superior de las llantas para obtener una flotación adicional.

Además la compañía Boward Artificial Reef inc. considerará que las cubiertas de las llantas son un alimento excelente para los peces, además de proporcionarles un lugar para el desoque.

B) Utilización del material de las llantas: La Firestone Tire & Rubber, Co. junto con la Universidad de Rutgers han investigado el empleo del hule que constituyen las llantas, para aportar el crecimiento de alimentos a base de levaduras aprovechables para el consumo humano, también se encontró que pulverizado puede purificar parcialmente el agua mediante intercambio de iones.

También se puede realizar la reutilización de las llantas mediante cambios químicos en las mismas.

#### USOS DE LLANTAS DESECHABLES MEDIANTE TRANSFORMACIONES QUIMICAS.-

La U.S. Rubber Reclaiming Co., encontró que una substancia fabricada a partir de llantas viejas pueden utilizarse para prevenir escurrimientos de las carreteras de asfalto. Esta compañía también ha sugerido --

que los productos de procesos de llantas desechadas pueden utilizarse - como acondicionamiento de sellos.

El problema de los neumáticos desechados es muy grande, por cada millón de automóviles en rodaje, con una media de 12,000 kilómetros por vehículo, un año y una duración del neumático de 25,000 km, tendremos los siguientes neumáticos que eliminan al año :

$$\frac{1'000,000 \times 4 \times 12,000}{25,000} = 1'920,000 \text{ NEUMATICOS}$$

es decir, 2 llantas por coche y año. Ello da idea del problema que en los países con gran índice de circulación de los vehículos esto crea. Por ello se han efectuado muchas investigaciones y existen muchas formas de eliminar éstos desechos sólidos.

Hasta ahora las experiencias más avanzadas se encaminan hacia la trituración de las llantas en grano fino y con éste producto obtener una materia bituminosa para :

- Capa flexible de las carreteras
- Fabricación de briquetas
- Recubrimientos impermeables

En los E.E.U.U. está ya en experimentación una carretera de 190 km cuya capa flexible es precisamente de éste material.

#### 4.8. INCINERACION

La incineración podemos definirla como el proceso de someter de una manera práctica mezclas variables e indefinidas de materiales residuales a las leyes exactas de la combustión, con la finalidad de destruir los desechos combustibles para convertirlos y reducirlos a materia inerte por medio de la combustión a altas temperaturas.

Este proceso de quemar la basura es reciente, fue en Inglaterra en 1870 -- donde existieron las primeras formas de incinerar los desechos y es en -- 1874 cuando se construye el primer incinerador municipal de desechos sólidos, pero tuvieron dificultades con la operación de incineración, puesto que la basura recolectada era muy húmeda y el monto de combustible fue ex tremadamente poco, lo cual produjo gran cantidad de smog y olores desagradables. Se fue perfeccionando el método y en 1885 se construyó un incinerador que disponía de un fuego secundario en la embocadura principal para acabar con el humo y los olores por medio de una combustión a alta temperatura.

En 1919 se construyó en Inglaterra una planta de incineración, en donde se empleó un nuevo sistema denominado " SEPARACION - INCINERACION ", que consistía en separar los materiales no combustibles y dejar solamente --- aquellos residuos que se pudiesen quemar, con lo cual se aumentó el valor calorífico de los desechos que eran sometidos a incineración aumentando - considerablemente la eficiencia.

El primer incinerador en el Continente Europeo se construyó en Alemania - en 1896 con el mismo sistema que los Ingleses.

En los Estados Unidos se construye el primer incinerador en 1885, y a partir de 1900 creció aceleradamente el empleo de incineradores en éste País, surgiendo así modernos tipos de incineradores, pero de los cuales ninguno mostró ser práctico para la eliminación de desechos, sobre todo por la contaminación del medio ambiente que se producía. Después surgieron los - hornos circulares que fueron muy usados en 1940 hasta 1950.

En años más recientes el diseño de los incineradores se vió influido por - el carácter cambiante de los desechos sólidos, en la actualidad y por la necesidad de una más eficiente operación de los mismos, a menor costo y - produciendo menor contaminación del aire; dicha situación ha conducido al desarrollo de nuevos sistemas, como son : la alimentación continua y de - atizado del fuego por medios mecánicos, medios para eliminar las cenizas

dispersas, sistemas de soplado por control mecánico, sistemas continuos de extinción y descargo de residuos del incinerador, así como el uso de paredes soportadas seccionalmente y de arcos colgados con revestimientos de gran calidad refractaria. Este desarrollo de los sistemas modernos ha hecho posible la construcción de incineradores mayores de combustión mejorada, que causan menos molestias y con la ventaja adicional de tener menores costos de operación.

El uso de tubería de agua (paredes de agua) en lugar del revestimiento refractario ha sido una de las últimas evoluciones de los sistemas de incineración que ha tenido mucha aceptación.

Se han implantado sistemas en los que se tritura la basura antes de ser quemada, y otros en los que se instalan bandas para recuperar los subproductos reutilizables contenidos en la basura para su venta e incinerar únicamente lo que no tenga valor comercial:

Los incineradores modernos alcanzan temperaturas del orden de los 1500 a 1600 grados centígrados.

La incineración es un método que sigue evolucionando en busca de una mayor eficiencia, un menor costo de operación y un mejor aprovechamiento de la energía generada. Actualmente constituye uno de los métodos higiénicos adecuados para eliminar la basura, sin embargo; los resultados que se obtengan con la incineración dependen directamente de la técnica empleada, los residuos en su calidad de cenizas son mínimos, aproximadamente el 10 % del volumen del total de basura procesada, los cuales pueden ser usados con otros productos para fertilizantes o bien como uno de los mejores materiales para relleno compacto de terraplenes permanentes.

Debido a la importancia que adquiere el contenido de humedad de la basura para cuestiones de diseño, se clasifica de diferente forma más significativa y conveniente para el sistema de incineración.

### CLASIFICACION DE TIPOS DE BASURA :

- TIPO I - Contenido de humedad 25 %. Basura combustible, papel, cartón, vi ruta de madera, trapo, aserrín y barreduras domésticas, comercia les e industriales.
- TIPO II- Contenido de humedad 50 %. Basura residencial, departamentos, --  
clínicas, etc.
- TIPO III - Contenido de humedad 70 %. Desperdicios animales y vegetales de  
Restaurantes, hoteles, mercados, supermercados, cafeterías, hos-  
pitales y clubes.
- TIPO IV - Contenido de humedad 85 %. Partes humanas y animales, huesos, am  
putaciones, desechos de laboratorios y hospitales.

Existen otros tipos de basuras principalmente industriales que no entran -  
en ésta clasificación y pueden ser incineradas, el porcentaje de humedad y  
características de las mismas deben ser clasificados específicamente para  
cada caso.

La clasificación de basuras anterior, se refiere exclusivamente al conteni  
do de humedad de los desechos, que es un factor primordial a considerar.

### CLASIFICACION DE LOS INCINERADORES :

Existe una clasificación básica de los incineradores en función de a quién  
prestan el servicio, a saber :

#### 1.- INCINERACION CENTRAL :

El término se aplica al incinerador que recibe la basura recolectada -  
de un área controlada por una Autoridad, como son : un Distrito Municip  
pal; una Ciudad, un barrio o una zona.

Este método es para eliminar las basuras de una Ciudad en forma higié-  
nica y eficaz sin causar molestia alguna siempre y cuando la Instala-  
ción Municipal cuente con los sistemas adecuados, se encuentre perfec-

tamente construída y sea convenientemente explotada.

El principio de la operación consiste en quemar los desechos sólidos de tal forma que los residuos o productos obtenidos estén esterilizados y -- que los gases de salida no produzcan contaminación.

El tamaño que requiere tener una planta de incineración Municipal de una Ciudad cualquiera depende esencialmente de la cantidad de basura generada diariamente. Sin embargo, en la determinación del tamaño se deberá tomar en cuenta los factores siguientes :

- La cantidad y clases de desechos a quemar
- Las horas esperadas en funcionamiento
- Las exigencias por cargas pié y las necesidades de equipo de reserva.
- Su relación óptima con el sistema de recolección

El costo de los sistemas de recolección de una Ciudad cualquiera es muy grande y el principal problema económico que afronta el Municipio año con año es por el servicio de limpia. Es posible que en ciertos casos la Instalación de dos o más plantas incineradoras en una Ciudad, aunque suponga un costo inicial superior al de una sola Instalación, resulten más inconvenientes económicamente hablando, puesto que se puede economizar considerablemente el sistema de recolección existente, pues se producirán ahorros en los kilómetros recorridos, en los gastos de consumo y en la necesidad de vehículos recolectores, ya que las distancias por recorrer para disponer de los desechos, se verán reducidas considerablemente al ubicar los sitios de disposición final de los desechos en diferentes puntos de la Ciudad.

## 2.- INCINERACION LOCAL O " IN SITU "

El término se aplica a aquel incinerador al servicio de una serie de departamentos, establecimiento comercial o Industrial, hospital, de una Institución o de un simple propietario.

El método de quemar las basuras en el lugar que se generan ofrece muchas ventajas y es muy usado en algunos Países por las siguientes razones :

- a) Al eliminar las basuras inmediatamente después de ser producidas se elimina la necesidad de construir Instalaciones de almacenamiento, sobre todo en grandes edificios, Industrias, comercios, y otros centros donde se generan demasiados desechos.
- b) Se evita la presencia de ratas, moscas y el desprendimiento de malos olores.
- c) Al quemar los desechos lo único que quedaría por eliminar serían las cenizas residuales que son muy pequeñas y los materiales incombustibles que no son muchos y que además no generan molestias pues no son putrescibles por no ser biodegradables, por lo tanto; es posible establecer un servicio de recolección muy esporádico, ésto claro está, si se utiliza la incineración IN SITU en los hogares de esa Comunidad. Algunos materiales no combustibles podrían recuperarse como el metal y el papel para posteriormente, poderlos vender por kilo.

Si se utiliza éste tipo de incineración en toda la Ciudad, se ahorrarían muchos miles de millones de pesos al año en servicios de recolección y tratamiento de basura, porque se reduciría en miles de toneladas la cantidad de desechos sólidos por manejar el Municipio.

Ahora bien, pese a que son muy atractivas las ventajas que tiene la incineración local, no es fácil de implantarse en toda la Ciudad sin que se presenten problemas, sobre todo de contaminación ya que para que ésto no suceda se requiere de un buen manejo y supervisión y ésto sería muy difícil de controlar por parte de las Autoridades Municipales.

INCONVENIENTES Y DESVENTAJAS DE LA INCINERACION LOCAL O "IN SITU"

- a) Se requiere un manejo cuidadoso para evitar la contaminación, ésto es, -- algunos de los incineradores existentes deben trabajar a temperaturas demasiado bajas para destruir malos olores. Los olores deben se deben fundamentealmente a los vapores aceitosos que se queman complotamente si las -- temperaturas de combustión llegan a exceder los 1200°F (649°C) para asegurrar la eliminación total del olor es necesario que las temperaturas de incineración estén por encima de los 1300°F (740°C), para ello es necesario proporcionar los volúmenes adecuados de aire y combustión utilizando suficiente combustible auxiliar.
- b) La supervisión durante el proceso para evitar molestias, las cuales pueden ser ocasionadas por los residuos sólidos, éstos no son muy fáciles de quemar por lo que primero, se queman los materiales ligeros para poder -- elevar la temperatura del horno y poder echar los residuos sólidos posteriormente, evitando así cualquier tipo de problema.
- c) Para reducir los mayor olores se debe tomar en cuenta las condiciones meteorológicas, éstas deben ser favorables, puesto que el viento será el -- que haga que los gases asciendan y no se detecten en la atmósfera.
- d) Implantar éste Sistema en nuestro País es muy poco adecuado, pues solamente una pequeña parte de la población podría adquirir un incinerador o -- construirlo, por lo tanto el Municipio tendría que porporcionar los demás y ésto resultaría una inversión demasiado fuerte e imposible de efectuar, pero de no ser así, no podría imponerse éste Sistema o al menos que solamente se implantara en colonias donde la gente sí cuenta con los suficientes recursos económicos, y en las colonias habitadas por gente de escasos recursos se impondría el sistema de recolección tradicional, cosa que sería muy difícil de organizar y planear adecuadamente sobre todo porque en casi todas las colonias existen gente pobre y rica.

Con lo anterior, podemos darnos cuenta que éste tipo de incineración tiene ventajas y desventajas, y debemos tomar en cuenta el costo, puesto que es -- muy importante para entender si es conveniente o no éste sistema.

#### 4.9. COSTOS, VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA INCINERACION CENTRAL

El método de incineración para la eliminación de los desechos sólidos es sumamente caro, los costos varían fundamentalmente en función de lo siguiente :

- a) La peculiaridad del terreno y las condiciones de cimentación.
- b) Los requisitos especiales, incluyendo el equipo de control de la contaminación del aire y la estética.
- c) La diferencia geográfica en costo de mano de obra y materiales.
- d) Hasta que punto tengan que incluirse estructuras por las condiciones meteorológicas y por la necesidad de control de molestias.
- e) Los dispositivos especiales, tales como el equipo de generación de vapor y electricidad, así como el grado de automatización empleado.
- f) El programa de funcionamiento o relación entre el número de horas de funcionamiento de la Instalación y su capacidad funcionando y veinticuatro horas.
- g) Las previsiones de aplicación que se hayan hecho.
- h) El tamaño de Instalación.

#### COSTOS DE LA INVERSION :

El alto costo que implica la inversión requerida para la implantación de una Planta incineradora de basura, es el principal inconveniente de éste Sistema de tratamiento; para que resulte rentable se requiere aprovechar el calor generado, pero a pesar de ésto, generalmente requieren de un fi-

nanciamiento o subsidio por parte del Municipio, para poder operar.

Los costos de inversión de los elementos principales que componen o integran una Planta de Incineración moderna de horno o paredes de agua, pueden clasificarse en los siguientes porcentajes aproximados :

- Edificios : ..... del 20% al 40%
- Hornos y elementos auxiliares : ..... del 25% al 50%
- Dispositivos de control de contaminación del aire : ... del 5% al 10%
- Chimeneas : ..... del 4% al 11%

Para darnos una idea de lo que cuesta implantar un incinerador central en nuestro País, podemos considerar que cada "Celda" puede quemar 2.5 toneladas de basura por hora, cada una, y el costo de éstas celdas oscila entre 100 y 120 Millones de pesos c/u.

Cabe aclarar que cada celda cuenta con las Instalaciones y equipo necesarios para realizar la incineración de los desechos.

En base a éstos datos se puede vislumbrar que en las Ciudades no muy grandes de nuestro País, se tendrían que instalar Plantas Incineradoras con costo de inversión de aproximadamente 1000 Millones de pesos para eliminar la basura generada diariamente.

#### COSTOS DE OPERACION :

Existe un ahorro en cuanto a los gastos de personal puesto, que se requiere muy poca gente para trabajar en una Planta Incineradora. Se necesita una persona por celda únicamente, y unas tres o cinco personas para otras labores incluyendo el administrador.

Sin embargo, pese al ahorro de mano de obra, los gastos de reparación y mantenimiento son fuertes por ejemplo : los quemadores tienen un precio aproximado de \$ 500,000.00 y por lo regular se tienen que cambiar cada --

año sino es que antes, considerando que hay un mínimo de cinco quemadores por celda, cambiarlos anualmente representa un gasto de 2'500,000.00 por cada celda. Los quemadores representan el máximo cargo para los costos de operación cuando las celdas no son muy automatizadas; sin embargo, en -- otro tipo de incinerador más mecanizado, donde se emplean bandas transportadoras y equipos especiales para la reducción de polvos y contaminantes, los gastos de reparación y mantenimiento son más significativos.

#### VENTAJAS DE LA INCINERACION CENTRAL :

- 1.- El incinerador central localizado en un punto estratégico puede suponer el sistema total más económico de recolección y eliminación de la basura.
- 2.- Un incinerador puede ser diseñado para su construcción de acuerdo a las características de la zona, con áreas verdes para darle una mejor ambientación y que no sea desagradable a la vista de todos.
- 3.- Un incinerador puede producir residuos de cenizas que contienen insignificantes cantidades de materiales orgánicos, de éste modo está relativamente libre de molestias, siendo éste más aceptable como material de relleno.
- 4.- El incinerador moderno puede quemar eficientemente combustibles hasta hacerlos ceniza y puede reducir el volumen de los componentes no combustibles de los desechos sólidos mezclados, (existe un tratamiento especial para los objetos muy grandes, los que cuasan un humo excesivo y los que son explosivos).
- 5.- El clima o el tiempo meteorológico no afecta el funcionamiento del incinerador.
- 6.- Un incinerador es flexible. Puede ser ajustado para manejar los desechos que lleguen según las fluctuaciones previstas, tanto en el tiempo de trabajo como en la cantidad de fuego requerida dentro de ciertos límites.

- 7.- Se puede conseguir algunos ingresos por la incineración para compensación parcial de los costos de operación; el calor disipado puede emplearse para generar vapor o energía eléctrica que puede venderse, -- los metales separables pueden ser recuperados y vendidos, los residuos pueden tener algún valor con fines de relleno o como materiales de -- construcción si están bien quemados o reducidos a escorias. Algunas -- veces puede ser factible el proporcionar servicios de incineración a un grupo de Comunidades, a la Industria y a recolectores particulares funcionando como Instalación pública, en éstos casos es conveniente -- establecer tarifas que ayuden a contrarrestar los gastos de funcionamiento.

#### INCONVENIENTES DE LA INCINERACION CENTRAL :

- 1.- La incineración requiere una gran inversión de capital, es de los sistemas de disposición y tratamiento de los desechos sólidos el más caro. Los requerimientos para que no produzcan contaminación ambiental, hacen más costosa la inversión, ya que se requieren instalaciones y - equipos especiales para ello.
- 2.- Los costos de operación son relativamente altos, aunque se requiere - menor cantidad de empleados que en algunos otros métodos, éstos por - ser personal especializado, requieren de mayores sueldos. Los costos de reparación y mantenimiento son altos. El equipo y la maquinaria se averían frecuentemente por alambres, metales aplastados y materiales, fusibles, abrasivos y explosivos que aparecen en los desechos.  
  
Las combinaciones de grandes inversiones de capital, mayores costos - salariales, y reparaciones y mantenimiento costosos, pueden producir un costo por tonelada de basura incinerada mucho mayor que el costo - por tonelada eliminada o tratada con cualquier otro método.
- 3.- La incineración no es un método completo de eliminación de los desechos, puesto que las cenizas deben eliminarse por otros medios, uno -

de ellos es depositarlas en un relleno sanitario.

- 4.- Se requiere de la supervisión constante y el manejo cuidadoso para funcionar sin peligro a producir contaminación ambiental.
  
- 5.- No es un sistema que recupere los materiales reutilizables de la basura, tampoco se aprovecha la materia orgánica para producir abono (compost), además si éste sistema se desea combinar con el recicló, debe tenerse -- cuidado de no separar el papel ya que éste es un combustible valioso por su alto poder calorífico, sin embargo el emplear el recicló haría de éste sistema un método aún mucho más caro y probablemente menos rentable.

6. DATOS ESTADISTICOS, LOCALIZACION Y TAMAÑO DEL PROYECTO

6.1. CUADROS ESTADISTICOS

PROYECCION DE LA POBLACION POR DELEGACIONES Y  
TOTAL DE DELEGACIONES QUE DESEMBOCAN EN EL DEPOSITO DE SANTA FE

AÑO	MIGUEL HIDALGO	ATZCAPOTZALCO	CUAJIMALPA	ALVARO OBREGON	MAGDALENA CONTRERAS	TOTAL
1960	661,109	370,724	19,199	220,011	40,724	1'311,767
1970	656,647	534,564	36,200	456,709	75,429	1'759,539
1975	645,351	641,968	49,713	658,108	102,666	2'106,806
1980	652,064	770,966	68,272	948,320	139,740	2'579,362
1981	651,608	799,723	72,743	1'020,202	148,627	2'692,903
1982	651,152	829,552	77,508	1'097,534	158,080	2'813,826
1983	650,495	860,495	82,585	1'180,727	168,134	2'942,637
1984	650,241	892,591	87,994	1'270,226	178,827	3'079,879
1985	649,785	925,885	93,758	1'336,509	190,201	3'226,138
1986	649,331	960,420	99,899	1'470,090	202,298	3'382,038

DISPONIBILIDAD DE LA BASURA DIARIA POR DELEGACION

AÑO,	MIGUEL HIDALGO	ATZCAPOTZALCO	CUAJIMALPA	ALVARO OBREGON	MAGDALENA CONTRERAS	TOTAL
1975	399,666	253,556	10,594	235,555	20,746	920,117
1980	398,411	304,531	14,541	339,498	28,227	1'085,208
1981	398,132	315,800	15,494	365,232	30,022	1'124,770
1982	397,853	327,673	16,509	392,917	31,932	1'166,884
1983	397,575	339,895	17,590	422,700	33,963	1'211,723
1984	397,297	352,573	18,742	454,740	36,123	1'259,475
1985	397,018	365,724	19,970	489,210	38,420	1'310,342
1986	396,741	379,365	21,278	526,292	40,864	1'364,540

Este calculo se obtuvo aplicando el Indicador de Producción de basura por habitante por día a la --- proyección de la Población.

CANTIDAD RECUPERADA DE LOS PRODUCTOS RECICLABLES POR DIA EN LOS DIFERENTES TIRADEROS

ALTERNATIVA "REFORMA SOCIAL" 1977 - 1986 TONELADAS

AÑO PRODUCTO	PORCENTAJE RECUPERABLE DE MATERIAL	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
- Papel	3.0	11.97	11.96	11.96	11.95	11.94	11.93	11.92	11.91	11.91	11.90
- Cartón	0.15	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
- Vidrio Blanco	2.0	7.98	7.97	7.97	7.96	7.96	7.95	7.95	7.94	7.94	7.93
- Vidrio Color	2.0	7.98	7.97	7.97	7.96	7.96	7.95	7.95	7.94	7.94	7.93
- Hojalata	3.0	11.97	11.96	11.96	11.95	11.94	11.93	11.92	11.91	11.91	11.90
- Trapo	0.50	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
- Plástico	0.50	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98

ALTERNATIVA "SANTA FE" 1977 - 1986 TONELADAS

AÑO PRODUCTO	PORCENTAJE RECUPERABLE DE MATERIAL	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
- Papel	3.0	28.08	19.64	31.20	31.20	31.20	34.32	35.88	37.44	39.0	39.0
- Cartón	0.15	1.40	1.48	1.56	1.56	1.56	1.71	1.79	1.87	1.95	1.95
- Vidrio Blanco	2.0	18.72	19.76	20.80	20.80	20.80	22.88	23.92	24.96	26.0	26.0
- Vidrio Color	2.0	18.72	19.76	20.80	20.80	20.80	22.88	23.92	24.96	26.0	26.0
- Hojalata	3.0	28.08	29.64	31.20	31.20	31.20	34.32	35.88	37.44	39.0	39.0
- Trapo	0.50	4.68	4.94	5.20	5.20	5.20	5.72	5.98	6.24	6.50	6.50
- Plástico	0.50	4.68	4.94	5.20	5.20	5.20	5.72	5.98	6.24	6.50	6.50

Con los cuadros anteriores podemos tomar conciencia del continuo aceceramiento de la cantidad de desechos que tiramos, sin tomar en cuenta que éstos mismos, se pueden reutilizar y reciclar para diferentes tipos de usos posteriores.

## 5.2. Método propuesto para la aplicación del proceso de Industrialización de los desechos sólidos.

Una vez estudiados los diferentes sistemas que existen para la disposición o tratamiento de los desechos sólidos, se ha llegado a la conclusión de implantar una Planta de Industrialización de los desechos sólidos con mejores perspectivas que las existentes para la obtención del COMPOST.

El método de Industrialización de la Basura para la obtención del COMPOST o MEJORADOR DE SUELOS, tiene una etapa dentro del proceso muy importante, en la cual se puede realizar la recuperación de los subproductos desechados que son reutilizables, característica que hace de éste método una solución que ayuda a solventar los problemas que en un futuro ocasionará el incremento de la generación percapita de basura producida en ésta Ciudad. Esta situación provocara la necesidad de una mayor cantidad o capacidad del Equipo utilizado en el servicio de recolección, con el consecuentemente un aumento del costo, la falta de terrenos apropiados y cercanos a la Ciudad para vertir en ellos los desechos con lo cual éstos sitios de disposición quedarán más lejos cada vez, lo que provocará un gran incremento en el costo del servicio de recolección como ya se había mencionado.

Junto con éstos problemas de tipo local, se visualizan otra serie de problemas de otro tipo, que en el futuro tendrán que afrontarse en los diferentes Países del mundo, como son : la escasez de materias primas, de energéticos y alimentos, aunada al irrefrenable incremento de la población, harán que el Gobierno adopte una política de recuperación y aprovechamiento de todo producto reutilizable o renovable; de ahí la importancia que en sí mismo tiene el Sistema de Industrialización de la Basura o

Fabricación del COMPOST, ya que uno de sus objetivos principales es el del aprovechamiento de los subproductos desechados.

Sin duda éste método implica una inversión de mayor consideración que la requerida para implantar algún otro sistema de disposición o tratamiento -- de la basura que existen actualmente, pero éste es el único método moderno que trata de dar utilidad a los desechos sólidos y no solamente se concreta a su eliminación; ésta característica cobrará mayor importancia en el futuro y hará que la mayoría de las naciones adopten el sistema, sobre todo cuando se presenten con mayor fuerza y frecuencia la escasez y el agotamiento de los suelos.

Podemos decir que en los tiraderos actuales se están saturando día con día muy pronto se tendrá que buscar otro sitio, el cual necesariamente quedará más lejos de la zona urbana, ya que la escasez de terrenos cercanos apropiados, el incremento de la población, la proliferación de nuevas colonias en la periferia y lo antihigiénico del método usado actualmente así lo requiere. Esto provocará cambios o modificaciones frecuentes en el sistema de recolección y sufrirá un incremento considerable el costo por tonelada de basura manejada.

Es necesario de inmediato, establecer cual quier nuevo sistema para disponer la basura urbana, que sea "HIGIENICO", pues el usado actualmente no cumple con los mínimos requerimientos para ello.

Es necesario integrar a la sociedad a toda la gente que se dedica a la pepena en el tiradero actual de Santa Fé, ofreciéndoles mediante la implantación de esta planta industrializadora de basura, un empleo más higiénico y no denigrante.

Otro de los beneficios que se traera con la planta industrializadora de basura es que se pueden obtener ingresos que ayuden a contrarrestar la erogación de miles de millones de pesos que por concepto del servicio de limpieza de esta ciudad, tiene que efectuar año con año los diferentes municipios. La fabricación de Compost, es la mejor solución para percibir ingresos de la basura y de

ninguna debe de pensarse en la implantación de algún impuesto especial para solventar los gastos del departamento de limpia.

Junto con las razones anteriormente expuestas anexamos el siguiente estudio de anteproyecto del tipo de planta industrializadora de basura que se recomienda construir en esta ciudad.

### 5.3. LOCALIZACION Y TAMAÑO DEL PROYECTO.

El tamaño de la planta se diseño en función de la capacidad de producción, - que depende de la cantidad de basura generada diariamente en las delegaciones Miguel Hidalgo y Alvaro Obregón, siendo estas delegaciones las de mayor necesidad a este problema, pues el incremento de basura es considerable por constante movimiento de personas que trabajan y transitan en esos lugares, - además la zona de recreo ubicada en la Miguel Hidalgo siendo esta la más importante el Bosque de Chapultepec con sus diferentes secciones, que los fines de semana incrementa la basura.

En la delegación Miguel Hidalgo se genera un promedio de 1087 toneladas diarias y en la delegación Alvaro Obregón un promedio 1442 toneladas diarias -- por lo que contamos con 75,780 toneladas mensuales de estas dos delegaciones.

Proyección de la cantidad de basura en las delegaciones Miguel Hidalgo y Alvaro Obregón..

1986.....2529 Ton/día.....2'119,421 hab.....0.83 Kg./hab/día.

Este dato corresponde a la enumeración de basura por habitante en las dos delegaciones, según el número de habitantes y la cantidad de basura generada diariamente.

Para el análisis de éste proyecto, la definición del equipo a instalación y el tamaño mismo de la planta, se tomó en cuenta con la producción de basura generada en estas delegaciones, siendo esta de 300 ton/día, sin embargo, el diseño de la planta concluye una posible ampliación de la capacidad de la misma para procesar 500 ton/día.

Una planta industrializadora de basura para procesar 300 ton/día puede operar con una sola línea de producción, por lo tanto, solamente se consideró el equipo necesario para esa única línea, sin embargo, como hemos dicho, la obra civil, los campos ó áreas de trabajo se diseñaron para - para una capacidad hasta de 500 ton/día, lo que significa dejar el espa-cio suficiente para otra línea de producción.

En la explicación de la ingeniería del proyecto se dan y justifican las dimensiones y cantidades de los elementos que integran esta planta, como son, el equipo, las instalaciones, las diversas áreas de trabajo, la obra civil.

Esta planta puede ser instalada en Lomas de Santa Fé ya que se cuenta - con terrenos apropiados para poder edificar las instalaciones además las - rutas actuales de recolección, están diseñadas en función de la distancia a este tiradero, de tal manera que si se busca otro sitio ó lugar donde - ubicar la planta industrializadora es posible que sea necesario rediseñar las rutas actuales de recolección y si el sitio elegido que da más retira do que el actual tiradero, entonces es probable que se requiera una mayor cantidad de camiones recolectores a causa del incremento de la distancia- ó kilómetros por recorrer.

A continuación marcamos el plano donde se localiza el tiradero de Santa Fé en la delegación Alvaro Obregón, así la ubicación del proyecto.



de la basura debe comenzar a ser tratado como un verdadero problema, es decir, olvidar la negligencia en la manipulación de los desechos y procurar organizar, implantar e investigar nuevos sistemas que permitan controlar la generación, realizar la recolección y disponer o tratar de la manera más higiénica y conveniente los desechos sólidos generados en nuestro país.

#### 5.4. DETERMINACION DEL PROCESO

El proceso seleccionado para llevarse a cabo en esta planta, es aquel en el cual la obtención del producto final compost se consigue por medio de una fermentación aeróbica termofílica natural lenta, es decir, oxigenando las picas de material orgánico mediante la ejecución de volteos que permitan la entrada de aire y sin utilizar algún otro sistema mecanizado o instalación especial para acelerar el proceso, en esta etapa de fermentación.

Para la descripción detallada del proceso de producción elegido, se clasificó en tres etapas principales, a saber:

##### 1) ETAPA DE SEPARACION DE SUBPRODUCTOS Y MOLIENDA GRUESA

Entrando a la planta, los camiones recolectores serán pesados en una báscula para conocer y controlar la cantidad de basura que se recibirá diariamente para ser procesada. Después de esto el camión recolector vaciará su carga en las fosas de recepción, de ahí por medio de una grúa viajera con su almeja, la basura es trasladada a una fosa central en cuyo fondo se encuentra un transportador de tablillas, con el cual posteriormente se traslada la basura a la banda de selección donde se separan los subproductos reutilizables o perjudiciales para el proceso. El material no separado de la banda de selección que es en su mayoría material orgánico, pasa a un molino de martillos donde se tritura para homogeneizar su tamaño; de esta molienda saldrá un material grueso el cual es trasladado por medio de un transportador de cadena BKT a la parte superior del edificio de cribado grueso, donde se pasará por una criba vibratoria con mallas hasta de 10 cm. de diámetro; el material que no pasa dichas mallas se considera "rechazo" y será retirado de este edificio por medio de una banda transportadora. Por otro lado, el material que logra pasar, es conducido por otra banda, sobre la cual se colocará un electroimán en posición de sobrecarga para con él separar todo aquel pequeño material ferroso. Una vez que el material queda limpio de partículas ferrosas, continúa en esta banda hasta caer por el extremo en una fosa de cuyo interior sale un transportador de cadena BKT, con el cual se transfiere el material orgánico fuera del edificio de cribado grueso, hasta el patio de prefermentación,

donde cae directamente al suelo formando un monto a pila grande como de 6 m. de altura, de el cual un cargador frontal tomará el material y formará las pilas de 2 m. de altura en todo este patio de prefermentación.

## 2) ETAPA DE FERMENTACION DEL MATERIAL ORGANICO

En esta etapa de fermentación se dispone de un patio que consta de una banda aérea con un puente móvil o grúa viajera, que sirven para distribuir el material orgánico de manera mas automática, a lo largo y ancho de todo el patio. Sin embargo, pese a ser aparentemente una mejor y más eficiente solución para formar las pilas que el uso del cargador frontal, no proponemos el empleo de esta instalación por las dos siguientes razones:

- a) La más importante es que las plantas de compost de Guadalajara y el Distrito Federal ubicada en Aragón, tienen ambas esta estructura, y el equipo mencionado para acomodar las pilas de material orgánico, pero casi nunca lo utilizan debido a que frecuentemente se descomponen, haciendo uso de otros recursos para formar las pilas. Particularmente en la planta de --- Guadalajara se optó por ya no componer mas este equipo y --- simplemente acomodan las pilas con el bulldozer que utilizan para los volteos.
- b) El segundo motivo es por el costo de la inversión de este equipo (40 millones de pesos aprox.), lo cual implica un gasto ---- consideradamente innecesario, sumando también el mantenimiento y reparación del equipo.

Una vez formadas las pilas en el patio de prefermentación, permanecerán ahí mientras dicho patio no se sature, según lo calculado, será aproximadamente una semana; después se trasladarán al campo de maduración de almacenamiento del producto grueso, usando el cargador frontal para ello, y ahí se complementará la degradación total ó fermentación del material orgánico. En uno y otro sitio deberá de llevarse un control de cada pila hasta que se consiga la

degradación total; se deberá tener especial cuidado en vigilar los siguientes factores durante la fermentación:

- El potencial de hidrógeno

La materia prima deberá encontrarse dentro de unos valores de PH normales (entre 5.5 y 8) y debe controlarse para evitar la pérdida de nitrógeno, sin embargo, la experiencia ha demostrado que tratándose de desperdicios de cocina, papel y basura domiciliaria en general, no es necesario el control del PH si la descomposición se mantiene en condiciones aeróbicas.

- la relación carbón:nitrógeno

Los microorganismos utilizan aproximadamente 30 partes de carbón por una de nitrógeno, siendo esta la relación mas favorable para obtener una rápida descomposición por fermentación, sin embargo pese a ser la relación 30:1 la más óptima para el proceso, no es la adecuada para el suelo agrícola; lo que se acostumbra es que el material procesado tenga una relación carbón:nitrógeno de 20:1 para que al aplicarse como abono no siga utilizando el nitrógeno del suelo.

- La oxidación o aireación de las pilas

Este es el punto más importante y que mejor se debe vigilar y cuidar en la etapa de fermentación, de lo bien que se realice, dependerá el que no se presente una degradación anaeróbica, que retrasaría el proceso por ser aún más lenta y causaría molestias como el desprendimiento de malos olores. Para evitar esto, se llevará un control de los volteos necesarios para mantener la oxigenación en cada pila, procurando que el material exterior de cada montón quede en el interior al efectuar el volteo y de esta manera someter a un tratamiento uniforme la totalidad de la materia orgánica residual. Para realizar los volteos se puede hacer uso del cargador frontal auxiliarse con palas. La frecuencia de los volteos está determinada por el contenido de humedad que es un factor que puede introducir condiciones anaeróbicas. Para contenidos de humedad superiores

al 70%, el volcamiento de las pilas será diario; cuando la humedad varía entre 60% y 70%, se realizará cada dos días; para contenidos de humedad entre 40% y 60% la frecuencia será de cada tercer día. A las pilas que tengan un contenido de humedad menor al 40% se les deberá añadir agua. "Una regla empírica es comenzar a volcar - diariamente las pilas cuando se note la presencia de los malos olores".

#### - Temperatura

Es una pila en la que la descomposición aeróbica siga su curso normal, la temperatura tendrá un rápido incremento que alcanzará los 60 y 70 grados centígrados en cinco días, se mantendrá así unos cuantos días más y después comenzará a descender. Es por esto que es importante llevar el control de temperatura, aunque cabe aclarar que por sí sola no es un indicador completo del grado en que se encuentra el proceso de fermentación, debido a que existe la posibilidad de que la - - temperatura comience a descender por otras causas, como la aparición de condiciones desfavorables al desarrollo de las bacterias termofílicas o el surgimiento de condiciones anaeróbicas. Sin embargo, es un factor importante de vigilar ya que el material se considerará procesado, cuando la temperatura baja a 50 grados centígrados, su volumen se reduce en 50% y su peso en 50 a 80%.

Si se tiene cuidado en llevar un control adecuado de los factores mencionados, al final de la etapa de fermentación se obtendrá un producto que cumplirá con las características principales requeridas para poder ser considerado "compost".

#### 3) ETAPA DE MOLIENDA FINA Y DISPOSICION PARA LA VENTA DEL PRODUCTO

La molienda fina es necesaria principalmente cuando el compost va a ser utilizado como abono de tierras y jardines, parques o macetas; realmente para el uso agrícola el producto puede aplicarse tal como queda después de la molienda gruesa y de haber terminado su proceso de degradación.

En esta etapa el material de las pilas que ya ha terminado su degradación es trasladado por el cargador frontal a una fosa ubicada afuera

del edificio de molienda fina; en dicha fosa se encuentra un transportador de cadena BKT con el que se transferirá el material de la fosa a la parte superior del edificio, donde se encuentra un molino Bi-rotor de martillos mas pequeños, con el que se efectuará la trituración secundaria del material para obtener un producto mas fino, a tal grado que cuando sale de esta trituradora, es pasado por una criba vibratoria con mallas hasta de 5 mm. de diámetro, consecuentemente en dicha criba se desechará el material grande que no pase dichas mallas. El material que no pasa el cribado es desalojado por un costado del edificio y el que si pasa, se dispone por el otro lado, donde se encontrarán los elementos elegidos para su empaque o almacenamiento al aire libre.

El producto fino podrá empacarse para su venta, para éste se deberá emplear bolsas de polietileno o de papael forrado de plástico, ya que son adecuadas para contener productos cuyo contenido de humedad va del 15 al 25%, si el contenido de humedad es mayor a este rango, -- entonces será necesario secar el material y si en lugar de bolsas forradas se usan bolsas sin forro de plástico, entonces se tendrá que bajar el contenido de humedad del compost a menos del 10%; esto requeriría el empleo de equipo especial para lograrlo.

El empaque del producto es opcional y el que vaya a ser vendido a granel se almacenará al aire libre en el patio de almacenamiento del producto fino. El producto empacado se podrá almacenar dentro del edificio de molienda fina y bajo la rampa de acceso. Cabe mencionar que el mantener el producto a granel almacenado al aire libre no es peligroso, ya que el agua y el aire lo benefician, al contrario la falta de estos elementos naturales, si puede llegar a perjudicar el producto terminado si no se toman las medidas convenientes para evitarlo.

#### 5.5. DEFINICION DE LAS AREAS DE TRABAJO

Una vez definido el proceso de producción, podemos definir las diferentes áreas de trabajo que requerirá esta planta, a saber:

Area de acceso

- Caseta en la entrada para la recepción y pasaje de los camiones.
- Oficinas.

Area de producción

- Zona de recepción de la materia prima (basura).
- Edificio de selección y almacenamiento de subproductos.
- Edificio de la molienda gruesa.
- Edificio del cribado grueso.
- Edificio de la molienda y cribado fino.

Area de patios o campos requeridos

- Patios de prefermentación.
- Campos de maduración o almacenamiento del producto grueso.
- Patio de almacenamiento del producto fino.
- Campos de experimentación.

Otras instalaciones

- Laboratorios.
- Sanitarios para empleados.
- Taller y bodega.
- Subestación eléctrica.

Se definieron las dimensiones de cada uno de los elementos que componen las diferentes áreas de trabajo e instalaciones de esta planta, tomando en cuenta la siguiente consideración ya señalada anteriormente: "La planta funcionará con una sola línea de producción suficiente para procesar las 300 ton/día de basura, pero el diseño considerará la posible ampliación a 500 ton/día en el futuro". Por lo tanto las dimensiones del proyecto se tomaron en base al equipo y personas requeridos para trabajar en dos líneas de producción.

A continuación describiremos cada área:

1. Caseta en la entrada.

Deberá instalarse una báscula de 50 toneladas de capacidad junto a esta caseta de recepción y vigilancia siendo sus dimensiones las siguientes:

- Báscula de 50 ton. de 3.05 x 15.24 m. =  $47 \text{ m}^2$
- Caseta de 4.00 x 5.00 m. =  $20 \text{ m}^2$  (ver lámina núm. 1)

## 2. Oficinas

El personal de oficina estará integrado por un administrador, un contador, un auxiliar técnico, un jefe de ventas y tres secretarías, siendo un total de siete personas, contando con un área lo suficientemente grande para una futura ampliación, según las necesidades de la planta.

- Área para oficinas: 10 m. x 20 m. +  $20 \text{ m}^2$  (ver lámina núm. 1)

## 3. Zona de recepción de la materia prima

Dentro de esta área de trabajo se encuentran, la rampa de acceso a fosa, la plataforma de maniobras para que el camión se acomode para vaciar su carga en las fosas de recepción.

- Fosas de recepción (ver lámina núm. 3)

Se diseñaron tomando en cuenta que deberán tener una capacidad de almacenar 500 ton/día, siendo sus dimensiones: 7 m. de ancho, 8 m. de longitud y 6 m. de profundidad, dando un volumen por fosa de  $7 \times 8 \times 6 = 336 \text{ m}^3$ .

Por lo que se consideró en el diseño de la planta la construcción de tres fosas de recepción con estas dimensiones, con lo cual se tiene un total de  $1008 \text{ m}^3$  para almacenar o recibir desechos. Además de estas tres fosas de recepción, se diseñaron dos fosas centrales, una para cada línea de producción, con las dimensiones siguientes: 3 m. de ancho, 4 m. de longitud y un promedio de 1.35 m. de profundidad, ya que sus paredes son convergentes y en su fondo se encuentra un transportador de tablillas dando un volumen de  $16.2 \text{ m}^3$  en cada fosa, que es suficiente, considerando que cada una de estas fosas recibirá 40 ton/hora máximo de basura, ya que se trabajaran jornadas de 8 horas.

- Rampa de acceso (ver lámina 3)

Según el diseño arquitectónico, las fosas de recepción que tienen 6 m. de profundidad, se construirán tres metros bajo el nivel del terreno y tres arriba de este nivel, por lo tanto la rampa de acceso

so a dichas fosas solamente subirá 3 m. hasta el patio de maniobras, en base a esto y a que el camión recolector deberá subir cargado por esta rampa, se diseñó con las siguientes dimensiones:

altura máxima	= 3.00 m.
longitud horizontal	=20.00 m.
longitud de la rampa	=20.22 m.
ancho de la rampa	= 4.00 m.

- Plataforma de maniobras en la zona de fosas (ver lámina núm. 3)  
Es necesario un espacio suficiente para permitir que los camiones se puedan acomodar de reversa en el borde de las fosas de recepción. Tomando en consideración los 28.50 m. de longitud que ocupan las fosas, se dieron las siguientes dimensiones al patio de maniobras: 28.5 m. de longitud y 15 m. de ancho.

#### 4. Edificio de selección y almacenamiento de subproductos

Se diseñó con el espacio suficiente para efectuar la tarea de selección de subproductos para dos líneas de producción, considerando que en cada línea se encontrará una banda transportadora de 20 m. y que para cada banda se requerirán 14 personas para que realicen el trabajo, colocándolos en ambos lados de la banda. Además se tomó en cuenta que también se realizarán labores de empaque y preparación para su venta de los subproductos dentro de este edificio, y que también será utilizado como almacén de los mismos. Es el edificio más grande de la planta y tiene las dimensiones siguientes: 20 m. de ancho, 40 m. de longitud y una altura de 7 m. (ver lámina núm. 3)

#### 5. Edificio de la molienda gruesa

Las dimensiones de la trituradora de martillos que se necesita para la molienda gruesa son determinantes para definir el tamaño de este edificio. La trituradora seleccionada tiene 1.7 m. de ancho, 3.4 m. de longitud y 1.8 m. de altura; en base a estas medidas y a la suposición de que en el futuro se instale otra línea de producción, se diseñó el edificio de molienda gruesa con las medidas suficientes para admitir la instalación de dos trituradoras de martillos con estas dimensiones, quedando finalmente con las siguientes medidas: 5 m. de

ancho, 10 m. de longitud y 5.50 m. de altura. (ver lámina 3 y 5)

#### 6. Edificio del cribado grueso

En este edificio se deberá instalar una criba vibratoria de 2 m. de largo aproximadamente, como parte fundamental de esta etapa: además se requeriran dos bandas transportadoras, una para desalojar el material de rechazo y la otra para transportar el material que sí pasa hasta una fosa de recepción ubicada en la planta baja de este edificio, de cuyo interior sale un transportador de cadena que llevará el material orgánico hasta el patio de prefermentación. El tamaño de este edificio se determinó y diseñó en función de la posibilidad de instalar en lo futuro una segunda criba para la otra línea de producción.

Las dimensiones de este edificio son las siguientes: 6 m. de ancho, 12 m. de longitud y 6.65 m. de altura. (ver láminas 3, 6 y 7)

#### 7. Edificio de la molienda y el cribado finos

En este edificio se concentran las dos etapas últimas del proceso que son la molienda y el cribado fino, aquí también se efectuarán las labores de empaque del compost para su venta. Se diseñó necesariamente de tres niveles; en la planta alta se instalará una trituradora de martillos más pequeños bi-rotor, en el nivel intermedio se instalará una criba vibratoria con mallas más cerradas, esto es, con orificios hasta de 5 mm. de diámetro, la planta baja sirve para almacén del producto empacado y además se instalan los ductos por donde se desalojará por un lado el material de rechazo y por el otro el compost fino. En base a el equipo, se diseño el edificio con las medidas siguientes: 5 m. de ancho, 8 m. de longitud y 10.50 m. de altura. (ver lámina 8)

#### 8. Patio de prefermentación. (ver lámina 1)

Para la producción o capacidad de proyecto de la planta, 300 ton/día, se calcula que el volumen de material grueso que entrará diariamente al patio de prefermentación, será aproximadamente un 36% de la basura cruda que llega para ser procesada, o sea:  $300 \times 0.36 = 108$  ton. Ahora bien, las pilas que se formarán en este patio tendrán 2 m. de alto

por 4 m. de diámetro, ya que más o menos adoptan la forma de un cono, por lo que el volumen de estas pilas será de  $8.4 \text{ m}^3$ ; si consideramos que la basura después de la molienda gruesa alcanza un peso volumétrico aproximado de  $0.75 \text{ ton/m}^3$ , esto significa que en cada pila se puede acomodar la siguiente cantidad de material grueso:  $8.4 \text{ m}^3 \times 0.75 \text{ ton/m}^3 = 6.30 \text{ ton.}$ , es decir que se formarán  $108 \text{ ton/día} + 6.30 \text{ ton/pila} = 17 \text{ pilas/día}$ . Por lo tanto, si tomamos en cuenta que el material grueso debe permanecer una semana en este patio de prefermentación, entonces dicho patio deberá tener la capacidad suficiente para albergar  $17 \text{ pilas} \times 7 \text{ días} = 119 \text{ pilas}$ ; cada una de las pilas requiere un área de  $13 \text{ m}^2$  aproximadamente, por lo que para acomodar las 119 pilas se necesita un área de:  $119 \times 13 = 1547 \text{ m}^2$ . En base a esto se diseñó el patio de prefermentación con las medidas siguientes: 25 m. de ancho por 80 m. de longitud, o sea un área de  $2000 \text{ m}^2$ .

Para la futura ampliación a 500 ton/día, se efectuó el mismo cálculo, teniéndose que acomodar en el patio 250 pilas a la semana, necesitando para ello un área aproximada de:  $250 \times 13 = 3250 \text{ m}^2$ . Por lo tanto, considerando esta ampliación futura se le añadieron 70 m. de longitud al patio, quedando de la siguiente manera: 25 m. de ancho por 150 m. de longitud, que da un total de  $3750 \text{ m}^2$ .

#### 9. Campo de maduración o de almacenamiento del producto grueso

Para completar su degradación, el material orgánico grueso permanecerá tres meses en este campo de maduración. Como puede resultar difícil la venta del "compost", consideramos para cuestiones de cálculo que el material grueso permanecerá en este patio durante cuatro meses.

Se efectuaron cálculos semejantes a los realizados para el patio de prefermentación, pero para un tiempo de almacenamiento de 120 días, obteniéndose los resultados siguientes:

- Número de pilas a almacenar en 120 días, para la capacidad de proyecto  $300 \text{ ton/día} = 2040 \text{ pilas}$ .
- Número de pilas a almacenar en 120 días, para la posible ampliación a  $500 \text{ ton/día} = 3420 \text{ pilas}$ .
- Área requerida capacidad de proyecto  $= 2040 \times 13 = 26,520 \text{ m}^2$ .

- Area requerida futura ampliación =  $3420 \times 13 = 44,460 \text{ m}^2$

En base a esto se dieron las medidas siguientes a este campo:

- Capacidad proyecto =  $150 \text{ m.} \times 180 \text{ m.} = 27,000 \text{ m}^2$
- Futura ampliación =  $150 \text{ m.} \times 300 \text{ m.} = 45,000 \text{ m}^2$

#### 10. Patio de almacenamiento del producto fino

Se consideró que sólo el 25% del material grueso será sometido a una molienda fina, lo cual significa que diariamente tendremos las siguientes cantidad de producto fino:

- Proyecto =  $108 \text{ ton/día} \times 0.25 = 27 \text{ ton/día.}$
- Futura ampliación =  $180 \text{ ton/día} \times 0.25 = 45 \text{ ton/día.}$

Efectuando un análisis semejante al de los otros patios, pero considerando otro peso volumétrico del compost ( $0.85 \text{ ton/m}^3$ ) y un tiempo de permanencia en almacenamiento del producto en este campo, de aproximadamente cuatro meses, por prevenir dificultades en su venta que retrasará su salida, se dieron las siguientes medidas al área de este patio de almacenamiento del producto fino:

- Proyecto =  $40 \text{ m.} \times 150 \text{ m.} = 6,000 \text{ m}^2$
- Futura ampliación =  $40 \text{ m.} \times 270 \text{ m.} = 10,800 \text{ m}^2$

En este patio se puede o no acomodar el producto fino en pilas de 2 m. de altura por 4 m. de diámetro, sin embargo, en un momento dado, si sobra espacio en este patio, se puede utilizar parte de este superficie para almacenar producto grueso, según las necesidades que se vayan presentando.

#### 11. Campos de experimentación

Se aprovechó el espacio que queda vacío al distribuir los edificios de la planta y los otros patios a campos necesarios, para considerar que dicho espacio servirá como campo de experimentación, donde la gente de laboratorio investigue la aplicación adecuada de compost sobre diferentes tipos de suelos y cultivos. Las dimensiones del área de este campo son: 4 m. de ancho x 60 m. de longitud, o sea,  $2400 \text{ m}^2$ .

## 12. Laboratorio

Para el laboratorio se considero suficiente las siguientes dimensiones: 15 m. de longitud y 8 m. de ancho; espacio en el cual podrán quedar perfectamente instalados el equipo e implementos necesarios para el análisis químico y bacteriológico del producto. (ver lámina 1)

## 13. Sanitarios para empleados

Deberán tener regaderas y todos los demás implementos, ya que en este tipo de trabajo es muy importante el aseo del personal que laborará en esta planta, sobre todo la gente encargada de la selección de sub productos y manejo de los desechos.

Las dimensiones dadas a estos sanitarios son: 10 m. de ancho por 10 m. de longitud. (ver lámina 1)

## 14. Taller y bodega

En este lugar deberán existir los implementos necesarios para reparar y mantener el equipo del proceso, además servirá como bodega de refac ciones y del equipo e implementos utilizados por el personal en sus labores diarias. Dimensiones: 10 m. x 20 m. (ver lámina 1)

## 15. Subestación eléctrica

Se considero un área de 10 m. de ancho por 10 m. de longitud para ins talar esta subestación. (ver lámina 1)

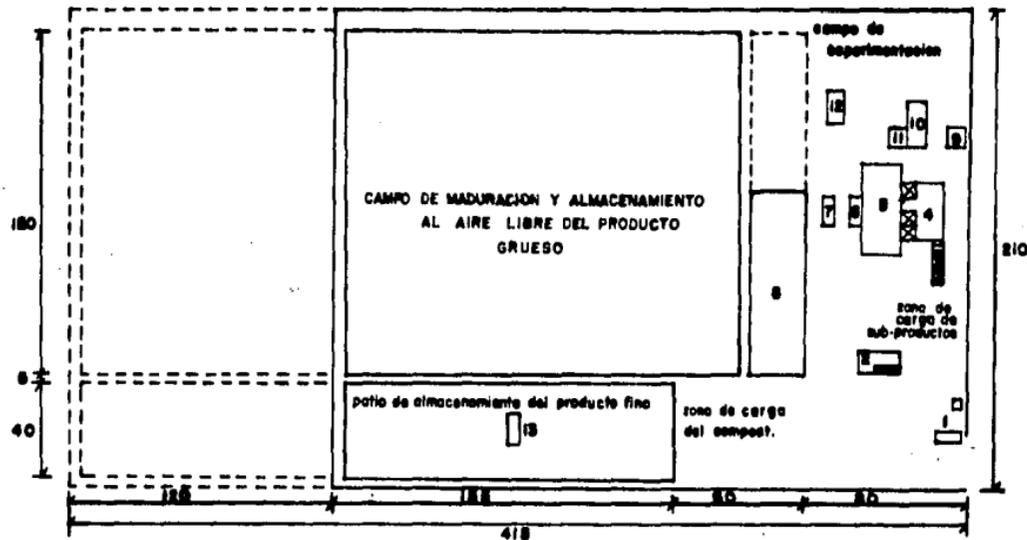
En la lámina núm. 1 se muestra la distribución de los edificios y dife rentes áreas de trabajo en el terreno. Dicho terreno necesario para instalar esta nueva planta industrializadora de basura, tendrá la si guiente área total:

- Proyecto (300 ton/día) = 210 m. x 295 m. = 61,950 m.<sup>2</sup> = 6.20 ha.
- Ampliación (500 ton/día) = 210 m. x 415 m. = 87,150 m.<sup>2</sup> = 8.70 ha.

- 1: bodega y oficina de recepcion
- 2: oficinas
- 3: rampa de acceso a fosa de recepcion
- 4: fosa de recepcion
- 5: edif. de seleccion y almacen de subproductos
- 6: edif. de molinada gruesa

- 7: edificio de cribado grueso
- 8: area de patio de fermentacion
- 9: estacion subelctrica
- 10: taller y bodega
- 11: baños de empleados
- 12: laboratorios
- 13: edif. de molinada y cribado fino

----- edificaciones futuras



LAMINA:



## DISTRIBUCION DE LOS EDIFICIOS Y AREAS DE TRABAJO

1: entrada de la materia prima (bosque)

2: recepción en fajas

3: preparación del material

4: molida gruesa

5: cribado grueso

6: perforación

7: maduración

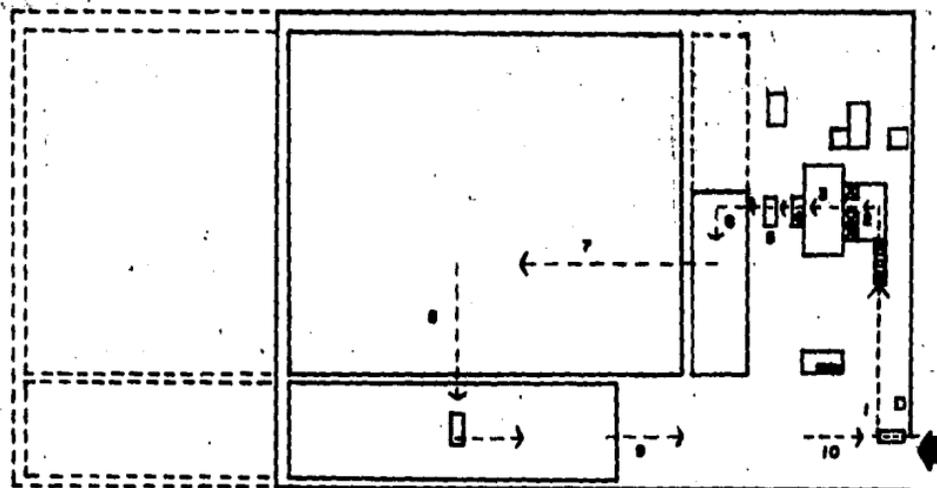
8: molida fina

9: serpa y venta

10: pesaje y salida del producto terminado

----- empujones futuros

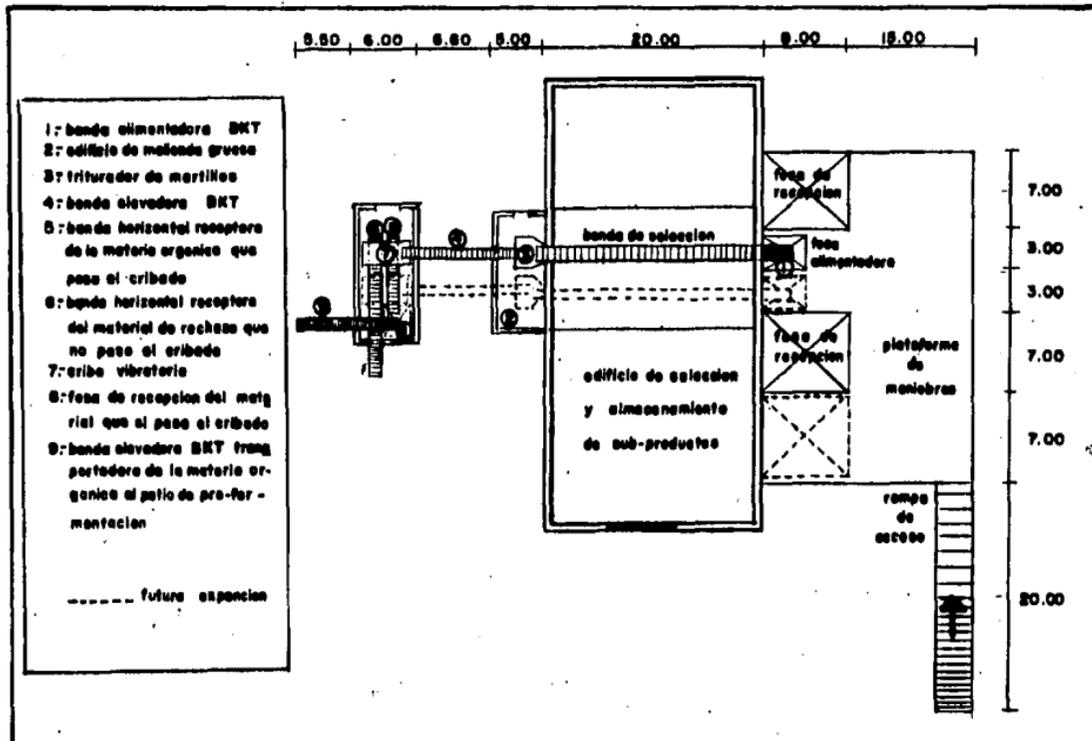
← ---- línea de flujo



LAMINA :

2

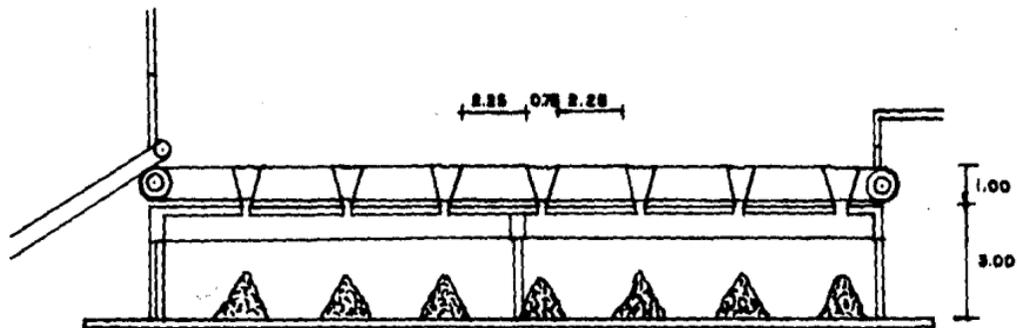
FLUJO DEL PRODUCTO



LAMINA:

**3**

**DISTRIBUCION DEL EQUIPO EN EL AREA DE TRABAJO**



características de la banda:

ancho: 30"

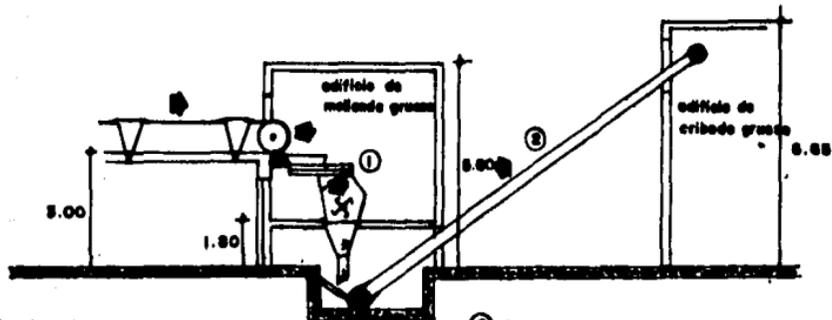
producción: 40 ton/hora

distancia entre centros: 20m

LAMINA:

4

DETALLE EN CORTE DE LA BANDA PARA SELECCION DE SUBPROD.



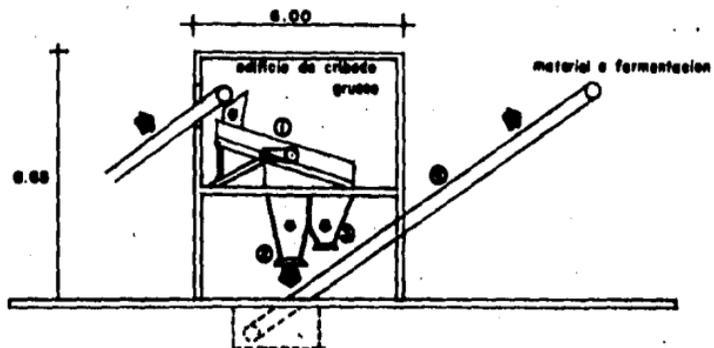
① trituradora de martillos  
 marca: HAZEMAG  
 modelo: APK 30  
 producción: 40 ton/hora

② banda elevadora SKT  
 ancho: 24"  
 producción: 30 ton/hora  
 distancia entre centros: 12 m.  
 pendiente: 0.70 tang.

LAMINA:

**5**

**CORTE DEL FLUJO DE PROCESO**



① criba vibratoria c/moños  
de 10cm.

② banda transportadora del  
material e fermentacion

ancho : 24"

produccion : 30 ton/hora

③ banda transportadora de  
rechazos

ancho : 24"

produccion : 30 ton/hora

④ banda elevadora BKT

ancho : 24"

produccion : 30 ton/hora

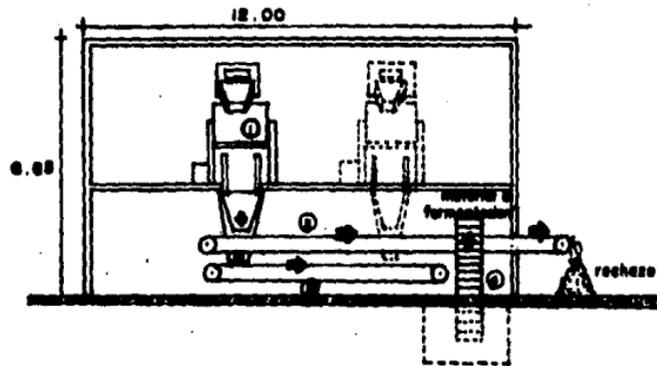
pendiente : 0.70 tang.

LAMINA:

6

CORTE LONGITUDINAL DEL EDIFICIO DE CRIBADO GRUESO

**CORTE TRANVERSAL**



① criba vibratoria a/malla  
de 10cm.

② banda transportadora de  
rechazo

③ banda transportadora del  
material a fermentacion

④ banda elevadora GXT

ancho: 24"

produccion: 30 ton/hora

ancho: 24"

produccion: 30 ton/hora

ancho: 24"

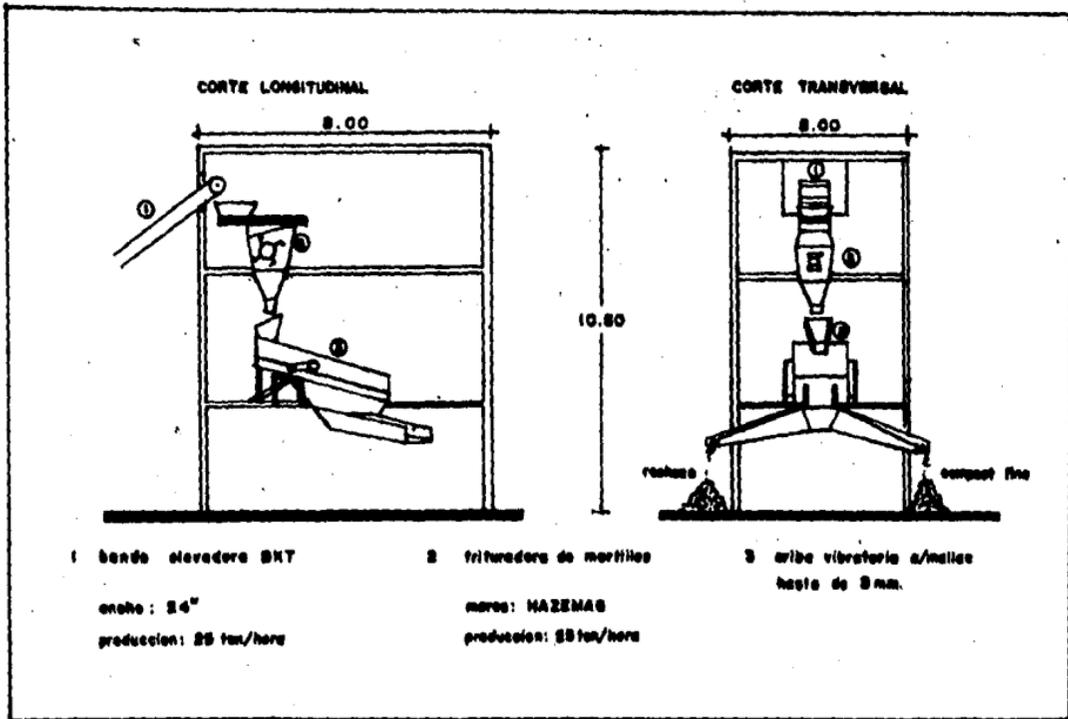
produccion: 30 ton/hora

pendiente: 0.70 tang.

LAMINA:

**7**

**EDIFICIO DE CRIBADO GRUESO**



LAMINA:

**8**

**EDIFICIO DE LA MOLINERÍA Y CRIBADO FINO**

## 5.6. SELECCION Y DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo se seleccionó en función de la necesidad de procesar 330 ton/día, considerando jornadas de ocho horas de trabajo, con una producción máxima horaria de 40 ton/hr.

En la investigación realizada para determinar el equipo a utilizar en esta planta, se proporcionó a diferentes proveedores especializados las necesidades que deben satisfacer los diferentes equipos dentro del proceso de producción; así también, se les proporcionó las características del material por procesar, en este caso basura; en base a estos datos nos proporcionaron las especificaciones de los diferentes equipos a instalar en esta planta.

A continuación se indica el equipo seleccionado para trabajar una sola línea de producción, y se dan sus características:

### 1. Báscula de recepción (cantidad 1)

Se eligió una báscula con capacidad de 50 toneladas, que será adecuada para poder pesar los grandes camiones y trailers que llegarán a la planta a comprar compost y subproductos en grandes cantidades, además, será útil para controlar la materia prima que entra a la planta. Se sugiere emplear una báscula Fairbanks, que esta hecha con palancas fundidas para plataforma de concreto y el tamaño de dicha plataforma es de 3.05 m. x 5.24 m.

### 2. Grúa viajera bon bote almeja. (1)

Se requiere una grúa viajera de 8 m. de longitud en la estructura sobre las fosas de recepción, con su bote almeja correspondiente. La grúa deberá ser capaz de efectuar ocho movimientos indispensables, a saber: hacia adelante y para atrás, de un lado a otro, de arriba a abajo, cargar y descargar; para ello, deberá contar con los implementos necesarios, es decir, los motores, el carrito que corre transversalmente y el bote almeja. La empresa EISA, instaló este equipo en la planta de Guadalajara y nos recomendó para esta planta una grúa viajera de 8 m. de longitud con una capacidad de 10 toneladas, que ellos fabrican, y un bote almeja modelo MM9 L-1600-4 con una capacidad de 1.6 metros cúbicos.

### 3. Transportadores de tablillas, de cadenas y bandas

Se realizaron unos dibujos (ver láminas 1, 2, 3, 4, 5 y 6) de la distribución de este equipo en la planta, con las medidas y pendientes correspondientes. En general todos los transportadores de este tipo se seleccionaron con 24" y 30" de ancho; este equipo trabajará a mayor o menor velocidad dependiendo de en que etapa del proceso se encuentre operando, por ejemplo, la banda de selección de subproductos, tendrá que ir a una velocidad relativamente lenta para permitir la separación de dichos materiales. La empresa Transmineral, efectuó el análisis correspondiente de las características de este equipo y nos proporcionó la cotización correspondiente. En total para una sola línea de producción se requieren los siguientes transportadores: un transportador de tablillas en la fosa central, una banda de selección, tres transportadores de cadena BKT, y dos bandas en el edificio de cribado grueso, dando un total de siete transportadores con diferentes características.

### 4. Equipo de trituración

Molienda gruesa.

Para realizar la molienda gruesa, la empresa Hazemag que ha construido gran cantidad de plantas de compost en Alemania y otras partes del mundo, recomienda utilizar un molino o trituradora de impactos. La Hazemag fabrica unas que pertenecen a la serie APK, las cuales fueron concebidas para el machaqueo de materiales abrasivos tales como granito, basalto, gneis, clinker de cemento, cantos rodados de síliceo y vidrio; esta clase de trituradoras las han instalado en las plantas de "compost" congtruidas en Alemania, principalmente por su fácil mantenimiento, debido a la posibilidad de abatimiento de las partes frontal y dorsal de la carcasa, también debido a que el blindaje va fijado por chavetas en lugar de tornillos y a que las barras percutoras van introducidas en alojamientos previstos para ellas en el rotor, con ausencia total de chavetas y tornillos. Todo esto hace que estas máquinas sean de un fácil mantenimiento, por lo que, requieren para ello poco personal y tiempo.

Sugerimos el empleo de esta trituradora porque principalmente se ha comprobado sus buenos resultados en las plantas de compost. Ahora bien, en función de la producción de 40 ton/hr., se seleccionó el modelo APK 30 el cual tiene un peso de 5700 Kg. y sus medidas principales son: 3.4 m. de largo, 1.8 m. de altura y 1.7 m. de ancho.

#### Molienda fina.

Para esta molienda se utilizará un molino "novorotor" Hazemag, el cual tiene dos rotores (bi-rotor) para el machaqueo y molienda fina, homogeneización y desfribramiento de los más diversos productos naturales e industriales. Este molino novorotor es muy útil para moler todos aquellos materiales que puede contener la basura domiciliaria, como por ejemplo, la madera y el papel que son materiales que por su estructura fibrosa, su eventual tenacidad y su cierta elasticidad, presentan un difícil problema para la técnica de la molienda, que a veces viene agravado por el gran volumen de los mismos; especialmente, al tratarse de restos y trozos. Este molino soluciona este problema y se ha probado su eficacia en las diferentes plantas de compost de Alemania. Con ayuda de una tolva especial, denominada tolva embutidora, se efectúa la alimentación de estos materiales, aun siendo muy voluminosos, sin dificultad alguna. Esta máquina tritura toda clase de virutas de materiales ferrosos y no ferrosos producidas por tornos, con el fin de reducir su volumen, generalmente de grandes dimensiones, a una masa compacta, apta para su nueva función.

La eliminación de basuras industriales y domiciliarias pueden ser desmenuzadas con el molino novototor, reduciendo de tal manera su volumen, que es posible su incineración o tratándose de basura urbana su transformación en compost.

Todas estas razones hicieron que se escogiera esta trituradora, y en función de la producción horaria (25 ton/hr. máximo) se seleccionó el modelo 1000/750, el cual pesa 7500 kg. y cuyas medidas principales son: 2.8 m. de ancho, 3.0 m. de largo y 1.65 m. de altura.

#### 5. Cribas

Se utilizarán cribas vibratorias, cuyo armazón tiene unas medidas aproximadas de 2 m. de ancho y 4 m. de longitud. Se empleará el mismo tipo de criba para la molienda gruesa y la molienda fina, con la diferencia de que en una se utilizarán mallas metálicas con orificios de 10 cm. de diámetro y en la otra con orificios hasta de -- 5 mm. de diámetro.

#### 6. Electroimán

Es necesario emplear un electroimán para separar todas las pequeñas partículas férricas que consiguen pasar después de la separación de subproductos y que son perjudiciales para la buena calidad del producto terminado "compost". Para evitar esto, se colocará el electroimán sobre la banda que recibe el material que sí pasa el cribado grueso y que posteriormente pasará a fermentación.

Se consultó a la empresa Eriez (Equipos Magnéticos, S.A.), quienes en función del ancho de la banda, las características del material transportado, la capacidad en TPH., la inclinación de la banda y la velocidad de operación, recomendaron utilizar un electroimán SE-740 con autolimpieza y en posición de sobrecarga; las medidas principales de este electroimán son: 84" de largo, 50" de ancho y 30" de altura.

#### 7. Cargador frontal

Se necesita para la formación de pilas en el patio de prefermentación, la estructura metálica, la banda viajera reversible y el puente móvil con transportador de cadena y el puente móvil con transportador de cadena. El cargador será útil también para trasladar el material orgánico al campo de maduración y de ahí a la fosa de recepción situada afuera del edificio de la molienda y cribado fino.

Se utilizará un cargador frontal con una capacidad de 2 yd.<sup>3</sup> o más.

## 5.7. COSTOS DEL SISTEMA ACTUAL

### A) INVERSION FIJA

#### 1) Equipo

Se consideró el equipo necesario para trabajar con una sola línea de producción, a saber:

Báscula de 50 ton. (FAIRBANKS)	\$ 18'670,000.00
Grúa viajera de 8 m. y 10 ton (EISA)	63'650,000.00
Bote almeja de 1.6 m <sup>3</sup> (cotización de EISA)	22'700,000.00
Transportadores de tablillas, de cadena y bandas (7 en total que equivalen a 69 m. de bandas). Cotización general dada por la empresa TRANSMINERAL	237'430,000.00
Trituradora Hazemag, molienda gruesa	106'080,000.00
Trituradora Hazemag, molienda fina	79'560,000.00
Dos cribas vibratorias	26'520,000.00
Electroimán (ERIEZ)	18'790,000.00
Equipo de oficina	5'305,000.00
Equipo de laboratorio	7'960,000.00
Cargador Frontal de 2 yd. <sup>3</sup>	115'207,000.00
	<hr/>
TOTAL =	701'872;000.00

Estos precios corresponden al año de 1987, incluyen los gastos de instalación aproximados, pero, no incluyen gastos por transportación y fletes.

#### 2) Obra Civil

Caseta de recepción y vigilancia	\$ 2'650,000.00
Oficinas	26'520,000.00
Laboratorios	18'560,000.00
Rampa de acceso	10'610,000.00
Plataforma de maniobras y fosas	56'760,000.00
Edificio de selección de subproductos	132'610,000.00
Edificio de molienda gruesa	15'910,000.00
Edificio de cribado grueso	22'810,000.00
Edificio de molienda y cribado fino	21'220,000.00

Taller y bodega	\$ 13'260,000.00
Subestación eléctrica	4'245,000.00
Sanitarios de empleados	7'956,000.00

---

TOTAL = 333'111,000.00

3) Obras Exteriores

Cerca perimetral	\$ 5'360,000.00
Tanque de almacenamiento e instalación hidráulica	15'910,000.00
Fosa séptica	2'650,000.00
Adaptación de caminos interiores	18'560,000.00
Terreno (8.70 ha.)	184'910,000.00

---

TOTAL = 227'390,000.00

4) Puesta en Marcha

Se considera que es aproximadamente el 5% de los totales anteriores \$ 63'118,650.00

5) Inversiones Imprevistas

Se estima en un 3% de los rubros anteriores \$ 39'916,416.00

RESUMEN DE INVERSION FIJA

EQUIPO	\$ 701'872,000.00
OBRA CIVIL	333'111,000.00
OBRAS EXTERIORES	227'390,000.00
PUESTA EN MARCHA	63'118,650.00
INVERSIONES IMPREVISTAS	39'916,416.00

---

TOTAL INVERSION FIJA = \$1,365'408,066.00

B) GASTOS DE PREOPERACION Y PATENTES

Total Calculado = \$ 371'300,000.00

C) CAPITAL DE TRABAJO

Total Calculado = \$ 159'130,000.00

5.8. COSTO DE OPERACION

A) PERSONAL

Se empleará la cantidad de personal necesaria para poder procesar, en un solo turno de 8 horas, la totalidad de la basura generada diariamente por las delegaciones citadas; en este caso como la generación en variable año con año y por lo tanto la producción de la planta será variable también, consideramos adecuado fijar una cantidad de personal para laborar los primeros cinco años (producción máxima 238 ton/día) y otra cantidad mayor para los siguientes años (producción máxima de diseño 300 ton/día).

A continuación se enlista el personal requerido para el buen funcionamiento y operación de la planta; se incluye su sueldo mensual.

Personal para los primeros 5 años:

Categoría	Cantidad	Sueldo Mensual	Importe Total
Administrador	1	\$ 1'050,000.00	\$ 1'050,000.00
Contador	1	530,500.00	530,500.00
Auxiliar técnico	1	530,500.00	530,500.00
Jefe de ventas	1	530,500.00	530,500.00
Secretarías	3	340,000.00	1'020,000.00
Ingeniero Químico	1	800,000.00	800,000.00
Especialista en <u>Mi</u> <u>crobiología</u>	1	800,000.00	800,000.00
Auxiliar de <u>Labora</u> <u>torios</u>	1	400,000.00	400,000.00
Vigilantes	2	185,500.00	371,000.00

Categoría	Cantidad	Sueldo Mensual	Importe Total
Personal en banda de selección de subproductos	9	\$ 160,000.00	\$ 1'440,000.00
Manejador de la grúa almeja	1	210,000.00	210,000.00
Personal para empaque de subproductos	4	160,000.00	640,000.00
Personal para empaque del producto terminado compost	4	160,000.00	640,000.00
Personal para el pasaje de los camiones	2	160,000.00	320,000.00
Personal de limpieza	3	150,000.00	350,000.00
Jefes de sección	2	240,000.00	480,000.00
Personal encargado de la disposición del rechazo	2	160,000.00	320,000.00
Personal de mantenimiento	2	210,000.00	420,000.00
Chofer del cargador frontal	1	270,000.00	270,000.00

COSTO TOTAL POR PERSONAL = 11'222,500.00

COSTO TOTAL ANUAL POR PERSONAL (PRIMEROS 5 AÑOS) = 134'670,000.00

Ultimos 5 años:

Administrador	1	\$ 1'050,000.00	\$ 1'050,000.00
Contador	1	530,000.00	530,000.00
Auxiliar Técnico	1	530,000.00	530,000.00
Jefe de ventas	1	530,000.00	530,000.00
Secretarias	3	340,000.00	1'020,000.00
Ingenierio Químico	1	800,000.00	800,000.00
Especialista en Microbiología	1	800,000.00	800,000.00
Auxiliar de laboratorios	1	400,000.00	400,000.00
Vigilantes	2	185,000.00	371,000.00
Personal en banda de selección de subproductos	14	160,000.00	2'240,000.00

Categoría	Cantidad	Sueldo Mensual	Importe Total
Manejador de la grúa almeja	1	\$ 210,000.00	\$ 210,000.00
Personal para empaque de subproductos	6	160,000.00	960,000.00
Personal para empaque del producto terminado compost	5	160,000.00	800,000.00
Personal para el pesaje de los camiones	2	160,000.00	320,000.00
Personal de limpieza	3	150,000.00	450,000.00
Jefes de sección	2	240,000.00	480,000.00
Personal encargado de la disposición del rechazo	3	160,000.00	480,000.00
Personal de mantenimiento	3	210,000.00	630,000.00
Chofer del cargador frontal	1	270,000.00	270,000.00

COSTO TOTAL POR PERSONAL = \$12'871,000.00

COSTO TOTAL ANUAL POR PERSONAL (ULTIMOS 5 AÑOS) = \$ 154'452,000.00

ESTA CANTIDAD TOTAL ES SIN CONTAR LOS INCREMENTOS DE SUELDOS ANUALES

#### B) ENERGIA, COMBUSTIBLE Y AGUA

Se obtuvo información de los gastos que por estos conceptos tienen las plantas de Guadalajara y el Distrito Federal; los datos proporcionados son aproximados e indican que el costo por estos conceptos varía entre \$160.00 y \$265.00 por tonelada procesada. Los consumos aproximados son; 9 kw/ton. de energía eléctrica; 200 a 215 lt/ton. de agua y de 10 a 12 lt/ton. de combustible (datos del fabricante). En base a esto, consideramos razonable suponer un costo por estos conceptos de \$215.00 pesos por tonelada de basura procesada, lo cual significa que se tendrán los gastos siguientes cada año de operación:

Año	Basura cruda por procesar (ton/día)	Costo diario (\$/día)(4/t)	Costo anual (\$/año)
1987	193	40.949.00	14'946,385.00
1988	204	43.283.00	15'798,295.00
1989	215	45.617.00	16'650,205.00
1990	226	47.951.00	17'502,115.00
1991	238	50.497.00	18'431,405.00
1992	249	52.831.00	19'283,315.00
1993	262	55.589.00	20'289,985.00
1994	274	58.135.00	21'219,275.00
1995	287	60.893.00	22'225,945.00
1996	300	63.652.00	23'232,980.00

#### C) MANTENIMIENTO Y REPARACIONES

El dato obtenido incluye mantenimiento y reposición de piezas desgastadas. Un factor muy importante que incluye en el alto costo por estos conceptos, es el rápido desgaste de los martillos de las trituradoras, que exigen su frecuente reposición y mantenimiento. El costo por mantenimiento y reparaciones varía entre \$425.00 y \$795.00 pesos por tonelada de basura procesada, según la información recabada en las plantas de este tipo que existen en nuestro país y con los fabricantes expertos en este ramo, como lo es la empresa Hazemag. Tomando en consideración esto, se juzgó adecuado tomar el promedio como el dato más representativo del monto del gasto que por este concepto se tendrá anualmente, esto es, \$610.00 pesos por tonelada de basura procesada, por lo que, se tendrá la siguiente erogación anual:

Año	Basura cruda por procesar (ton/día)	Costo diario (\$/día)(\$11.5/t)	Costo Anual (\$/año)
1987	193	117,730.00	42'971.450.00
1988	204	124,440.00	45'420,600.00
1989	215	131,150.00	47'869,750.00
1990	226	137,860.00	50'318,900.00
1991	238	145,180.00	52'990,700.00
1992	249	151,890.00	55'439,850.00
1993	262	159,820.00	58'334,300.00
1994	274	167,140.00	61'006,100.00

Año	Basura cruda por procesar (ton/día)	Costo diario (\$/día)(4/t)	Costo anual (\$/año)
1995	287	175,070.00	63'900,550.00
1996	300	183,000.00	66'795,000.00

D) DEPRECIACION

COSTO TOTAL ANUAL POR DEPRECIACION = \$86'844,358.00

5.9. ANALISIS DEL PROYECTO

El mercado de venta es el punto neurálgico de la instalación de este tipo de plantas, en 14 plantas en Europa e Israel, sólo se vendió el 70% del compost producido. La planta que existe en el Distrito Federal, después de cuatro años comenzó a trabajar a 3/4 de su capacidad total de producción, debido a que hasta ese entonces se logró un cierto mercado, una vez que se efectuó una propaganda masiva del producto, presentándolo en exposiciones ganaderas, ferias regionales y ofreciéndolo directamente a la gente que vive de la agricultura, sin embargo, en la actualidad esta planta no resulta económicamente satisfactoria, existen paros y bajas en la producción frecuentes. La planta del D.F. además, trabaja a base de un presupuesto, depende de la secretaría de obras y servicios del departamento del D.F. y no es autosuficiente económicamente hablando. A pesar de esto, se están tomando las medidas necesarias para hacer de esta planta una planta rentable; el producto ha comenzado a aparecer en centros comerciales con una presentación en bolsas chicas de 3.5 kilos, para su uso en jardinería y ya se comienzan a surtir grandes cantidades del mismo a las zonas áridas de la república, como Torreón, Chihuahua y otros sitios del norte; esto a consecuencia de que la demanda del producto se ha incrementado considerablemente a diferencia de los primeros años en que el producto no se conocía. En cuanto a los subproductos - reutilizables que se obtienen en esta planta, son vendidos a diferentes clientes fijos que existen dentro del D.F. y no existe ningún problema para su venta, pues la demanda es grande y constante.

La planta de Guadalajara, en cambio, por una buena administración, se encuentra trabajando en condiciones favorables, su capacidad de diseño es de 500 ton/día, y siempre se había trabajado con el equipo suficiente para procesar únicamente 300 ton/día, pero debido a la buena demanda que se ha creado del producto terminado compost y de los mismos subproductos recuperados, próximamente se adquirirá más equipo para poder trabajar a la capacidad de diseño. Su mercado de ventas abarca lugares cercanos a la ciudad de Guadalajara y sus alrededores, también, se ha vendido el producto en Zapopan, Tamasula y recientemente se han adquirido grandes cantidades para aplicarse en los viñedos de Aguascalientes.

En cuanto a los subproductos, cabe mencionar que gracias a una buena medida administrativa de pagar a destajo y según la cantidad recuperada al personal encargado de la selección de estos en las bandas de selección, los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios ya que se consiguió incrementar considerablemente la cantidad de subproductos recuperados diariamente, lo que permitió el aumento en la venta y consecuentemente se obtuvieron mayores ingresos. El mercado de sus subproductos, se encuentra básicamente localizado dentro de la misma ciudad de Guadalajara, sin embargo, también -- existe uno que otro subproducto, como las bolsas de plástico, que son vendidos a clientes que se encuentran en el Distrito Federal. En la actualidad, la planta de Guadalajara, es autosuficiente, es decir, opero con lo que obtiene de ganancias y sin necesidad de un subsidio o presupuesto anual otorgado por el municipio; además, la buena percepción de utilidades obtenidas, ha permitido que parte de esas ganancias se utilicen para ayudar a solventar la fuerte erogación que por el sistema de recolección de la basura de esta ciudad, tiene que efectuar año con año el municipio.

Es cierto que gracias a las plantas de Guadalajara, Monterrey y el Distrito Federal de compost comienza a expandirse el conocimiento y utilización del compost en el país, sin embargo, aún existen muchas regiones en donde la gente que vive de la tierra, desconoce y no ha oído nombrar este producto, pero no se han interesado en comprarlo principalmente porque no ha llegado a ellos una información convincente y real de los beneficios que se consiguen con el empleo de este producto, que motive su interés, sino que solamente existe un conocimiento vago producto de una información somera, lo cual no es suficiente, cuando se trata de lanzar un nuevo producto desconocido al mercado.

El compost que se produzca en esta planta, será de mucha utilidad para los cultivos y se deberá buscar principalmente vender el producto en diferentes regiones, fomentándolo en todos los estados del sur, además, se deberá buscar regenerar y hacer productivas tierras que dentro del país.

La necesidad de compost es innegable, pero la demanda del producto no se puede garantizar, ni prever, por tratarse de un producto prácticamente nuevo. Es por esto que aunque se logre o no vender todo el compost producido en esta planta, deberá ser aprovechado por el gobierno para rehabilitar las tierras improductivas, aplicarlo en las zonas áridas o suelos erosionados y faltos de materia orgánica o minerales, dentro del país, persiguiendo con ello, dar una gran utilidad a los desechos sólidos generados en esta ciudad.

Los subproductos recuperados, no tienen ninguna dificultad para ser vendidos, se pueden acomodar en empresas o industrias que laboran en la zona cercana a esta ciudad. Para lograr una buena comercialización de los subproductos recuperados, se recomienda almacenar cada uno de ellos por separado y hasta tener una cantidad considerable de cada uno, proceder a su venta, es decir en grandes cantidades y por temporadas en el transcurso del año, para con esto conseguir una mejor operación comercial, que permita menores gastos y mayores ingresos, cosa que no sucede si se ópta por vender pequeñas cantidades constantemente, sobre todo por los gastos de fletes, empaques, etc., que se tendrían.

#### A) VOLUMENES PRODUCIDOS

El volumen total de compost y la cantidad de subproductos recuperados que se obtendrán diariamente, van a depender básicamente de la cantidad de basura cruda que entre a proceso día con día. Es por esto que la producción será diferente todas los años puesto que la cantidad de basura generada en esta ciudad se irá incrementando de un año a otro y consecuentemente en la misma proporción se tendrá que incrementar la producción de la planta, ni más ni menos.

En base a lo anterior, consideramos mas real formular en un listado, la producción esperada de compost y subproductos para cada año del período de diseño de la planta, o sea de 1987 a 1996, obtenida a partir de la generación esperada de desechos sólidos en cada uno de estos años en esta planta.

Año	Basura cruda por procesar (ton/día)	Producción de compost grueso		Producción de compost fino	
		ton/día	ton/año	ton/día	ton/año
1987	193	70	25,550	17	6,205
1988	204	74	27,010	18	6,570
1989	215	78	28,470	19	6,935
1990	226	82	29,930	20	7,300
1991	238	86	31,390	21	7,665
1992	249	90	32,850	22	8,030
1993	262	94	34,310	24	8,760
1994	274	98	35,770	25	9,125
1995	287	103	37,595	26	9,490
1996	300	108	39,420	27	9,885

Se consideró que solamente un 36% de la basura cruda por procesar se transformará en compost y que de ese 36% solamente un 25% se someterá a la molienda fina.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusión del Análisis del Proyecto

De todos los sistemas conocidos como el relleno solitario, la Planta Incineradora Municipal y la Planta Industrializadora de Basura con obtención del compost, podemos decir que la mejor solución es la Planta Industrializadora de Basura, pues con esta se puede resolver el problema de disposición final de la basura generada diariamente en esta ciudad. Con la fabricación del compost, se pueden obtener ingresos, en cambio, con cualquiera de los otros sistemas analizados no se producen más que gastos fuertes anuales, lo que significa que la Planta de Compost propuesta es la mas conveniente para acabar con el problema actual de la basura.

Lo que se ha tratado de realizar con este trabajo es principalmente crear conciencia sobre el problema de los desechos sólidos, hacer notar que tan grande y que tan olvidado ha sido dicho problema en nuestro país y la negligencia y poca importancia que se le da a la disposición final "higiénica", de nuestros desperdicios.

En principio se ha hecho constar el problema creciente del incremento en la producción o generación de basura, en la actualidad y la necesidad de controlar y mejorar los sistemas de disposición o tratamiento para contrarrestar y eliminar adecuadamente la gran generación de los desechos sólidos, que, en la sociedad de competencia comercial en que vivimos, tiende a incrementarse día con día.

Definitivamente el control estadístico y conocimiento de la generación de basura de esta ciudad, es la única forma de enfrentar este problema como pueden existir otras soluciones mas utópicas, pero con ningunas de ellas se podrá frenar el incremento de desechos sólidos, si acaso se reducirá un poco dicho incremento con medidas que restrinjan la producción de desechos, como evitar tantas envolturas para un solo dulcesito, o la prohibición de envases desechables etc.

Como conclusión general consideramos que en nuestro país hace falta implantar métodos mas higiénicos y verdaderos sistemas para eliminar los desechos sólidos generados y recolectados, definitivamente, se deben suprimir los tiraderos a cielo abierto como solución al problema de disposición final y debe fomentarse el estudio e investigación de nuevos métodos o formas para disponer los desechos higiénicamente.

Consideramos recomendable que sea cual sea el método elegido para la disposición final de la basura, siempre deberá realizarse la recuperación de los desechos reutilizables y esto deben procurarlo organizar los diferentes departamentos del servicio de limpia municipal; de esta forma, se percibirán ingresos por la venta de dichos subproductos y de permitirá la integración de toda esa gente que vive actualmente de la pepena a una forma de vida menos denigrante, proporcionándoles un empleo decoroso al implantar las instalaciones y el equipo adecuados para la recuperación de los desechos de la manera mas higiénica posible.

No se puede ni debe permitirse mantener la organización actual de los departamentos de limpia municipales de nuestras ciudades; el problema de la basura debe comenzar a ser tratado como un verdadero problema, es decir, olvidar la negligencia en la manipulación de los desechos y procurar organizar, implantar e investigar nuevos sistemas que permitan controlar la generación, realizar la recolección y disponer o tratar de la manera mas higiénica y conveniente los desechos sólidos generados en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

1. Población por Delegaciones para 1960 y 1970 (VIII y IX Censos Generales de Población, Dirección General de Estadísticas S.I.C.).
2. "Desechos Sólidos, Recolección, Disposición, Investigación." México, D.F. Dirección General de Servicios Urbanos.
3. Manual de Operación de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San Juan de Aragón, volúmenes I, II, III, IV y V.
4. El Wood S. Buffa "Administración y Dirección Técnica de la Producción".
5. James A. Greene "Contar de la Producción, Sistemas y Decisiones".
6. ILPES "Guía para la Presentación de Proyectos".
7. George A. Taylor "Ingeniería Económica".
8. Ramírez M. Manuel J., Flores R. Arturo, Corral A. Alberto. "Los desechos sólidos en la ciudad de Monterrey, N.L.", Estudio del Instituto Tecnológico de Monterrey, Monterrey, N.L. 1978.
9. Secretaría de Salubridad y Asistencia Pública. "Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental" México, 1971.
10. Toffler Alvin. "El shock del futuro", Fondo de Cultura Económica, México, 1972.
11. Garrido L.J., Vidal U.F., Martínez P.J., "Basura urbana: recogida, eliminación y reciclaje".
12. Mantell. "Solid Wastes (Origin Collection Processing and Disposal)" John Wiley & Sons.
13. Instituto for Solid Waster of American Public Works Association. "Tratamiento de los residuos urbanos". Traducido por Francisco Sanabria Solís. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, 1976.
14. American Public Works Association, "Refuse Collection Practice". Public Administration Service, Chicago, Illinois.
15. Organización Mundial de la Salud "Desechos sólidos y contaminación del suelo". Informe técnico 367, 1967.
16. Organización Mundial de la Salud. "Tratamiento y evacuación de desechos." Informe técnico 367, 1967.
17. Dirección General de Ingeniería Sanitaria. "Manual de saneamiento: vivienda, agua y desechos".
18. Martínez G.I., "Reutilización de materiales". Tesis profesional, U.N.A.M., México 1975.
19. Secretaría de Salubridad y Asistencia Pública, "Disposición de desechos sólidos en la ciudad de Matamoros". México, 1964.

20. Secretaría de Salubridad y Asistencia Pública. "Estudio programa a nivel nacional, I Convención de la Salud, Contaminación de los suelos". México 1974.