

77
205

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



PLANTA INCINERADORA DE RESIDUOS SOLIDOS DE CIUDAD UNIVERSITARIA, U.N.A.M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
HILDA ALEJANDRA LAMADRID TORRES



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.

PROLOGO.	2
I. INTRODUCCION.	
1.1 Generalidades	5
1.2 Aspectos Legales	8
1.2.1 Ley General del Equilibrio y la Protección al Medio ambiente.	10
1.2.2 Reglamento para el Servicio de Limpia en la Ciudad de México.	11
1.3 El problema de los desechos sólidos en el D.F.	14
1.4 Descripción del Sistema para el manejo de los residuos sólidos	20
1.4.1 Generación	21
1.4.2 Almacenamiento	23
1.4.3 Recolección	24
1.4.4 Transporte	27
1.4.5 Reutilización y Tratamiento	28
1.4.6 Disposición Final.	30
II. METODOS PARA EL APROVECHAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS.	
2.1 Introducción	37
2.2 Tiraderos a cielo abierto	39
2.3 Rellenos Sanitarios	41
2.3.1 Métodos de Relleno	42
2.4 Composteo	46
2.5 Reciclado	51
2.6 Pirolisis	54
2.7 Incineración	57
2.7.1 Aspecto Sanitario	57
2.7.2 Principios de la Combustión	59
2.7.3 Parámetros Operacionales	61
2.7.4 Descripción del Proceso	64
2.7.5 Tipos de incineración e incineradores	69
2.7.6 Control de la Contaminación del Aire	74

2.7.7 Ventajas de la incineración Municipal	88
2.7.8 Desventaja de la incineración Municipal	92

III. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN CIUDAD UNIVERSITARIA

3.1 Introducción	95
3.2 Problemática de los residuos sólidos en Ciudad Univesitaria	96
3.3 Manejo de los Desechos Sólidos en Ciudad Universitaria	99
3.3.1 Recolección	99
3.3.2 Transporte	103
3.3.3 Antecedentes de la Disposición Final	106

IV. DESCRIPCION DE LA PLANTA INCINERADORA.

4.1 Descripción de la Planta	110
4.2 Descripción del Incinerador	119

V. OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA INCINERADORA.

5.1 Antecedentes Generales de la Operación de la Planta Incineradora.	126
5.2 Operación de la Planta	136
5.3 Problemas Operativos	137
5.3.1 Aumento en la Temperatura de Operación de los Hornos	138
5.3.2 Combustión incompleta de la Basura	139
5.3.3 Elementos que no resisten Altas Temperaturas	140
5.3.4 Incrustaciones de Fierro y Metal	143
5.3.5 Corrosión por Acido Clorhídrico	144
5.3.6 Presencia de material Húmedo	144
5.3.7 Volatilización de Cenizas durante la descarga	145
5.3.8 Altos Consumos de Combustible	146
5.3.9 Calentamiento del Agua del Sistema de Control de Contaminación Atmosférica.	147

5.4 Costos de Operación y mantenimiento.	148
5.5 Costos de la Planta	148
5.6 Mantenimiento	155
5.6.1 Mantenimiento Preventivo	155
5.6.2 Mantenimiento Correctivo	156
5.7 Modificaciones Importantes realizadas al Mantenimiento Preventivo.	159
5.8 Beneficios	161

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones	164
6.2 Recomendaciones	166

BIBLIOGRAFIA.

PROLOGO

P R O L O G O

En este trabajo se pretende analizar una parte de los componentes de un sistema para el manejo de los residuos sólidos, que es el referente al de disposición final y en forma particular al proceso de incineración. Lo anterior debido a que sobre el tema de disposición final ya existen trabajos referentes a rellenos sanitarios, pero hay poca difusión sobre el método de incineración.

Por otro lado se consideró importante dar a conocer una de las mejores experiencias que se tienen en la aplicación de este proceso de disposición final en el país, que es el caso de la planta incineradora de residuos sólidos de Ciudad Universitaria, de la Ciudad de México. De esta manera, el objetivo primordial del presente trabajo es el de dar a conocer las características de esta planta, ya que el proceso que sigue puede ser una alternativa de tratamiento de residuos sólidos, para instalarse en ciudades de diversos tamaños.

En la introducción se presentan aspectos generales sobre el problema de los residuos sólidos en el Distrito Federal, desde su legislación hasta la descripción del sistema para el manejo de los mismos. El Capítulo II incluye inicialmente una --

breve explicación de la mayoría de los métodos actuales de aprovechamiento y disposición final, dando a conocer sus ventajas y desventajas; posteriormente en el Capítulo III se incluyen datos referentes a la cantidad y composición de residuos sólidos y al manejo de los mismos en la Ciudad Universitaria. En el Capítulo IV se describe la planta incineradora identificando sus instalaciones y sus principales componentes; en el Capítulo V se señalan los problemas operativos más sobresalientes presentados durante el transcurso de operación de la planta; finalmente, en el Capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones que se consideran más relevantes respecto al tema tratado.

CAPITULO 1

I. INTRODUCCION.

1.1 Generalidades.

A partir del decenio de los ochentas, México entró a una etapa de muy lento desarrollo motivado por graves problemas estructurales que desembocaron en una elevada Deuda Externa e Interna, desequilibrio en la balanza de pagos, alta inflación, elevado desempleo y aguda escasez de recursos para inversión, especialmente en el sector social.

Por otra parte, desde finales de la Segunda Guerra Mundial, cuando el país inició un fuerte despegue industrial, el añón de crecer rápidamente dejó a un lado la conservación y acrecentamiento de nuestros recursos naturales, de esta suerte, cuando se inicia la crisis de los ochentas, se agudizan los problemas de la contaminación ambiental, eludidos en años anteriores, pero que ya no es posible ignorarlos ante su crudeza y el clamor ciudadano por resolverse. La contaminación del agua, suelo y medio ambiente, se presenta de esta manera como un reto difícil de resolverse, ante la carencia de recursos monetarios para inversión, pero que reclama atención inmediata de todos los mexicanos.

Es evidente que las grandes ciudades han representado -

un atractivo para muchos ciudadanos, que buscando mejores empleos, educación y condiciones de vida, emigran a los grandes centros de población, creando alrededor de las urbes asentamientos irregulares sin servicios públicos elementales. La expansión urbana trae consigo serios problemas de contaminación, congestión, falta de servicios, etc.

De esta manera, se presenta la necesidad de proveer los servicios públicos indispensables para la comunidad como: Agua potable, alcantarillado, electrificación, pavimentos, servicios de limpia, etc., pero desgraciadamente la mayor parte de ellos están llenos de carencias y de vicios ocasionados por las personas que los administran, y que al parecer son aceptados con indiferencia por parte de los ciudadanos.

La basura surge como un problema que puede ser visto desde muchos ángulos, por un lado, como contaminación ambiental que origina una imagen sucia y descuidada, tanto de la ciudad, como de sus responsables en el gobierno, por otro lado, como una más de las cadenas de la corrupción privada y oficial, o bien, como un enorme potencial económico que se aprovecha en una mínima parte.

El servicio de eliminación de basura, ha sido uno de los más ineficientes y con mayores carencias, tanto en el Distrito Federal, como en la República Mexicana y sobre todo en el medio rural, ya que se presentan serias deficiencias, tanto en la recolección y transporte, como en la disposición final. Todo ello ha ocasionado que no exista un servicio eficaz de limpieza en las ciudades, y que por lo tanto, se presente el problema de la basura como uno de los más importantes a resolver dentro de los próximos años.

La basura ocasiona graves problemas, tanto sanitarios, como estéticos y sociales. En el aspecto estético, porque además de dar un aspecto desagradable, produce olores molestos; en el sanitario, debido a que constituye un foco constante de transmisión de organismos portadores de enfermedades a los humanos, ya que es un medio favorable para la propagación y subsistencias de insectos y roedores.

El más peligroso de los transmisores de enfermedades al hombre, originado por la basura es la mosca, sobre todo la doméstica que tiene hábitos que la hacen eficiente portadora de microorganismos, los cuales producen múltiples enfermedades. Los roedores, que también proliferan en la basura, causan graves molestias al hombre, ya que son transmisores de enfermedades como la peste bubónica.

Además, la basura produce la degradación ecológica -- porque contamina el suelo, el aire y los depósitos freáticos, - ocasionando un gran daño al medio ambiente.

En el aspecto social la basura representa un alto costo para la sociedad, ya que por ejemplo: Los roedores que proliferan en ella son causantes de graves daños, al atacar cosechas, - ingestar almacenes y bodegas, etc., que cuestan mucho dinero al año, además la basura fomenta actividades humanas que se realizan en condiciones inadecuadas y denigran a los que la practican.

Por lo tanto para preservar el equilibrio ecológico, - es necesario una acción jurídica plasmada en leyes y reglamentos aplicados con todo rigor a los infractores, ya que difícilmente se puede justificar una política basada simplemente en la eliminación de los desechos sólidos. Se trata de un bien que por su valor potencial y por su peligro, hay que gestionar y administrar, de no ser así, las generaciones futuras serán a las que les toquen sufrir las consecuencias de nuestra negligencias.

1.2 Aspectos legales.

Hasta hace pocos años el desarrollo del país se orientaba básicamente al incremento de la producción, sin dar demasiada importancia a las afectaciones ambientales que se producían --

a causa de este desenvolvimiento. Pero ahora, la época conflictiva y crítica que vivimos demanda un crecimiento equilibrado, que requiere la participación de los sectores que integran la sociedad, e implica otorgar prioridad a la protección y al saneamiento del ambiente.

La relación entre entorno ecológico, salud de la población, desarrollo económico y bienestar social, obliga a emprender acciones y obras que garanticen el saneamiento ambiental, - factor fundamental de nuestro desarrollo, es por esto que han sido creadas leyes y reglamentos que ayuden a que el equilibrio ecológico no se perjudique más, sino que cada día se restituya en favor de nuestro crecimiento.

Dentro de estas leyes y reglamentos que rigen nuestra vida cotidiana, existen dos muy importantes relacionadas con la - protección al medio ambiente y con la generación de residuos solidos. El primero es la "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente" ordenamiento que regula todas las actividades relacionadas con la ecología y el medio ambiente y rige en todo el territorio nacional. El segundo es el "Reglamento para el servicio de limpia de la ciudad de México", que regula las actividades relacionadas con la generación, recolección y transporte de residuos sólidos en el Distrito Federal.

Adicionalmente existen otros ordenamientos legales referentes al manejo de residuos sólidos peligrosos que se incluyen en la Tabla 3.

1.2.1 Ley General del equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente.

La presente ley entró en vigor en marzo de 1988, y se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el Territorio Nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Principalmente regula los siguientes aspectos:

1. El ordenamiento ecológico.
2. La preservación, restauración y mejoramiento del ambiente.
3. La protección de las áreas naturales, de la flora y de la fauna.
4. El aprovechamiento racional de los elementos naturales de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos, con el equilibrio de los ecosistemas.
5. La prevención y control de la contaminación del aire, suelo y agua.

6. La coordinación entre las diversas dependencias, así como la participación corresponsable de la - sociedad, en las materias de este ordenamiento.

Esta ley agrupa acciones encaminadas a preservar y - restituir el equilibrio ecológico, para que en combinación con los esfuerzos de la sociedad y el gobierno, el desarrollo nacional se continúe sin alterar de manera profunda a la naturaleza. El Decreto de la Ley, constituye un logro en cuanto a mejoramiento ecológico, y es deber de todos cumplirla y hacerla cumplir, ya que esto repercutirá en una mejora, tanto de nuestro ambiente como del uso y explotación de los recursos naturales.

1.2.2 Reglamento para el Servicio de Limpia - en la Ciudad de México.

El nuevo Reglamento para el Servicio de Limpia de la - Ciudad de México, entró en vigor en octubre de 1989; sustituye y anula el publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 6 de junio de 1941. El ordenamiento establece que la prestación - del servicio de limpia constituye un servicio público, y estará a cargo del Departamento del Distrito Federal, a través de las - delegaciones y unidades administrativas centrales, en términos - de la Ley Orgánica del propio Departamento y de su Reglamento Interior (Artículo 2°).

Define también lo que se entiende por residuo sólido, que es el material generado en los procesos de extracción, bene-

ficio, transformación, producción, consumo, utilización, control y tratamiento de cualquier producto, cuya calidad no permite - usarlo nuevamente en el proceso que lo generó; y que provenga de actividades que se desarrollen en domicilios, mercados, establecimientos mercantiles, industrias, vías públicas y áreas comunes (Artículo 3°, Fracción IV). De acuerdo con este nuevo reglamento, el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios se hará de manera gratuita y los usuarios procurarán separar los desechos en orgánicos e inorgánicos, de conformidad con el procedimiento que al efecto emita el propio Departamento. -- (Artículo 10).

Dentro del nuevo reglamento se contemplan tanto las - obligaciones de los que prestan el servicio de limpia, como de - los propios habitantes del Distrito Federal y de las personas que transitan dentro de su Territorio, así como de las sanciones que serán objeto por no cumplirlo.

Entre las obligaciones para los que prestan el servicio público de limpia, se incluyen las siguientes:

- El barrido de vías públicas y áreas comunes, que se hará por lo menos tres veces por semana, conforme a los horarios que señale el Departamento (Artículo 12).
- La recolección de residuos sólidos, que deberá realizarse

zarse por lo menos tres veces a la semana, conforme a los horarios que señale el Departamento (Artículo 13).

- El diseño, instrumentación y operación de sistemas de almacenamiento, transporte, reuso, tratamiento y disposición final de dichos residuos (Artículo 11).

Por lo que respecta a las obligaciones de los habitantes del Distrito Federal en esta materia, se podrán citar las siguientes:

Artículo 22:

- I. Barrer diariamente las banquetas de los frentes de sus viviendas o establecimientos comerciales.
- II. Mantener limpios los terrenos de su propiedad que no tengan construcción, para evitar contaminación y molestias a los vecinos.

Artículo 35.

- I. Los propietarios de animales domésticos estarán obligados a recoger y limpiar los desechos fecales que arrojen sus animales en las vías públicas.

Básicamente este reglamento ha tenido mejoras substanciales en comparación con el anterior ordenamiento, ya que contempla un mayor número de obligaciones tanto para los prestadores del servicio de limpia, como para los propios ciudadanos. Aunado a lo anterior se establecen una serie de sanciones para quienes resulten responsables de las infracciones al reglamento, multas que van desde un día de salario mínimo diario vigente en el Distrito Federal, hasta el equivalente a 150 días de salario mínimo.

Este nuevo reglamento constituye una gran ayuda para el mejoramiento de la contaminación en el Distrito Federal, sólo falta saber si las autoridades lo harán valer y respetar para que no se convierta en lo que desgraciadamente han sido muchas de las leyes y reglamentos vigentes, o sea en una serie de vicios y co-ruptelas que difícilmente puede ser detenida.

1.3 El problema de los desechos sólidos en el Distrito Federal.

El problema de los desechos sólidos es tan viejo como la misma humanidad, ya que cuando el hombre se volvió sedentario aparecieron los primeros desechos sólidos y líquidos.

En todas las civilizaciones las basuras han proporcionado datos bastante precisos para calcular los periodos en que flore-

cieron, ya que entre sus componentes se encontraron huesos y -- utensilios de barro de diversas épocas.

En la época Precortesiana, la solución de los problemas de los desechos sólidos era ya preocupación de los monarcas, los datos históricos nos remontan a la época de los Aztecas con el - reinado de Moctezuma.

Durante la época de la Colonia, el Virrey Conde de Revillagigedo, estableció que la basura fuera recogida por carretos tirados por mulas, evitando con eso la existencia de tiraderos en las calles, que de acuerdo a las crónicas estos basureros impedían el paso y corrompían el aire con malos olores con perjuicio de la salud de los pobladores.

Esta medida se observó durante 163 años hasta 1952, - cuando el entonces Regente de la Ciudad, Ernesto P. Uruchurtu ordenó que se substituyeran los carros de mulas por vehículos tubulares.

Sin embargo, desde mediados del presente siglo, se incrementó la generación de desechos sólidos, como resultado del - rápido crecimiento urbano e industrial de la ciudad. Fue entonces cuando surgieron los primeros grandes tiraderos a cielo abierto, al oriente y poniente del Distrito Federal, que en poco tiempo se convirtieron en focos de contaminación y proliferación de fauna -

nociva, afectando seriamente el bienestar de la población.

Por otra parte las actividades en estos sitios de "Pepe-
nadores", personas que se dedican a seleccionar y vender los de
sechos sólidos utilizables agravaron la problemática, ya que el
trabajo se realizaba en condiciones inadecuadas, y propició el
desarrollo de asentamientos irregulares.

De dichos tiraderos el más importante era el de Santa
Cruz Meyehualco, que funcionó por más de 30 años; tenía una su-
perficie de 148 ha., en las cuales se depositaron cerca de 44 -
millones de toneladas de desechos. En 1957 se inició la opera-
ción del tiradero de Santa Fe, en un área inicial de 12 ha., las
cuales a lo largo de los años se extendieron hasta 60 ha.

La magnitud de la problemática ambiental y social oca-
sionada por estos tiraderos, condujo a las autoridades del Depar-
tamento del Distrito Federal a decretar su clausura, al tiempo -
que estableció un sistema de disposición final de los desechos -
sólidos, que minimizara los problemas ocasionados por los siste-
mas tradicionales.

Las primeras acciones de este tipo se llevaron a cabo
en 1983, en el tiradero de Santa Cruz Meyehualco, después de llegar
a una concentración de los pepenadores que ahí laboraban. Los -

desechos una vez nivelados y compactados fueron cubiertos con una capa de material limo-arcilloso, para disminuir probabilidades de infiltración del agua pluvial, adaptándose la zona como Centro Deportivo y de convivencia familiar. Al ser clausurado el mayor tiradero que ha tenido hasta la fecha la ciudad de México, se propició la aparición de nuevos tiraderos como el Bordo de Xochiaca, San Lorenzo Tezonco, Milpa Alta, Santa Catarina, -- Tláhuac y Tlalpan, lo que mantuvo el índice de contaminación en un nivel similar al que existía antes de la clausura, esto obligó a las autoridades a plantear una solución definitiva al problema de los sitios de disposición final.

A partir de 1985, el Departamento del Distrito Federal inició un programa para el control y la prevención de la contaminación ambiental, derivada de la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, el cual consistió en clausurar los tiraderos a cielo abierto y estableció el sistema de relleno sanitario.

Con la puesta en marcha de este programa, y la concentración y coordinación con el gremio de los pepenadores, fue posible clausurar los tiraderos de Milpa Alta, Bordo de Xochiaca, -- Tláhuac, San Lorenzo y Santa Fe, logrando con esta acción la recuperación adicional de 273 Ha. aproximadamente. Los trabajos para la clausura de estos sitios consistieron en el empuje y compactación de los desechos acumulados, además de colocar una capa

de sello de material limo-arcilloso para minimizar la entrada de agua pluvial. Adicionalmente se construyó un sistema para la - eliminación del biogas, generado por efecto de la degradación biológica de la fracción orgánica de los residuos sólidos confinados, el cual consiste en pozos para favorecer el venteo de dicho gas.

En cuanto al tiradero de Santa Fe, localizado en el poniente de la ciudad, es importante señalar que su clausura definitiva demandó la construcción de la Unidad Habitacional Tlayapaca, para la reubicación de 510 familias de pepenadores que habitaban este sitio, además de construir y operar el relleno sanitario de Prados de la Montaña.

Una vez clausurados los tiraderos a cielo abierto, se ha llevado a cabo la regeneración de estos sitios mediante la - construcción de áreas verdes y parques recreativos, en los casos de Santa Fe y Santa Cruz Meychualco; un área para forestación en Bordo de Kochiaca y zonas saneadas en los sitios restantes.

A partir de 1985, se firmó un convenio con la Comisión del Lago de Texcoco, con el objeto de llevar a cabo la operación de un relleno sanitario en el Bordo poniente de la zona federal del Ex-lago de Texcoco. Actualmente el relleno sanitario recibe 2,700 ton/día de desechos provenientes de las Delegaciones Arca-

potzalco, Venustiano Carranza, parte de Iztapalapa, Cuauhtémoc y de la Central de Abastos.

En el sitio denominado Prados de la Montaña se instaló un sistema para la captación de lixiviados y se colocó una capa de sello impermeable para evitar la contaminación de los mantos acuíferos, además se construyó la infraestructura necesaria para el funcionamiento del relleno como camino, oficinas y barda perimetral.

En Prados de la Montaña se reciben 1,700 ton/día de desechos provenientes de las Delegaciones Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Alvaro Obregón, Miguel Hidalgo, parte de la Benito Juárez y Cuauhtémoc.

Recientemente en lo que fuera el tiradero de Santa Catarina localizado a un costado de la autopista México-Puebla, se han iniciado los trabajos para establecer un relleno sanitario, con un sistema de operación similar al utilizado en Prados de la Montaña.

En este sitio se recibe un promedio de 2,200 ton/día de desechos provenientes de las Delegaciones Benito Juárez, Iztapalapa, Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta.

En la actualidad el 70% de los desechos sólidos recolectados en el Distrito Federal son depositados en rellenos sanitarios y el 30% restante en tiraderos a cielo abierto, con lo cual se tiene un avance considerable en la prevención y control de la contaminación ambiental producida por ellos.

1.4 Descripción del sistema para el manejo de los residuos sólidos.

Para lograr una mejor administración y gestión en el manejo de los residuos sólidos, deberán considerarse las operaciones individuales de eliminación y aprovechamiento como elementos componentes de un sistema, que si presenta deficiencias en cualquiera de sus componentes no podrá ser eficiente.

Estas operaciones son las siguientes;

- Generación
- Almacenamiento
- Recolección
- Transporte
- Reutilización y tratamientos
- Disposición final

1.4.1 Generación.

La generación de residuos sólidos, es una parte inevitable del quehacer humano, se define como la cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo.

Las distintas fuentes se clasifican de acuerdo al lugar donde se generen los residuos sólidos, las principales son:

Domiciliaria	- Casas, departamentos - Unidades Habitacionales
Industrial	- Industrias ligeras - Industrias pesadas
Comercial	- Centros comerciales - Mercados
Institucional	- Hoteles - Hospitales - Escuelas
Barrido y Limpieza de calles	- Vía pública

La generación se expresa en diferentes unidades de acuerdo al tipo de fuente de que se trate, por ejemplo:

- Para fuentes domésticas:
 Generación = Kg/Hab. día
 Gr/hab. día
- Para fuentes industriales
 Generación = Kg/Día
 Kg/Sem.
 Kg/Mes
- Para fuentes comerciales
 Generación = Ton/Día
 Ton/Sem.
 Ton/Mes
- Para fuentes institucionales
 Generación = Hoteles Kg/Cuarto, día
 Hospital Kg/Cama, día

Actualmente el Area Metropolitana cuenta con una población aproximada de 20 millones de habitantes, que generan alrededor de 1'300,000 Ton/Anuales, esto quiere decir que la generación promedio es de 1 Kg/Hab. Día.

Esta generación trae como resultado una inevitable -- producción de desechos sólidos de diversos tipos dependiendo de la fuente que se trate, como por ejemplo:

- Materia orgánica
- Papel, cartón, plásticos
- Colorantes, pinturas
- Latas
- Desechos de la construcción
- Desechos tóxicos, etc.

1.4.2 Almacenamiento .

El almacenamiento adecuado de las basuras se considera como responsabilidad del individuo ocupante del predio, aunque el gobierno tiene la obligación de proporcionar ordenamientos legales que normen los trabajos tendientes a fomentar prácticas convenientes de almacenamiento que no ocasionen problemas de salud.

Hay que tener en cuenta que, para que el almacenamiento de basura sea adecuado, debe existir un servicio eficiente de recolección, pues no puede esperarse que las personas guarden convenientemente su basura cuando el servicio de recolección es - - irregular.

La recomendación sanitaria para un buen almacenamiento doméstico, es emplear recipientes adecuados que reúnan las siguientes características:

- Que tengan un volumen suficiente
- Ser impermeables
- Estar provistos de tapa ajustada
- Ser estructuralmente fuertes
- Económicos
- Seguros Higiénicamente
- Atractivos estéticamente

1.4.3 Recolección.

La actividad de recolección es la fase más costosa de un programa de eliminación de basuras. En esta etapa se recolectan los residuos sólidos almacenados temporalmente en las fuentes generadoras.

La recolección se realiza por medio de vehículos recolectores con capacidad adecuada para transportar los residuos a una estación de transferencia o a su disposición final.

Los métodos de recolección son los siguientes:

1.- Parada fija o esquina.-

El vehículo recolector se estaciona en un punto fijo de la calle, normalmente en las esquinas, y los usuarios acuden a

a entregar sus residuos sólidos en sus contenedores.

Desventajas.

- El usuario debe cargar su basura hasta el camión
- El usuario debe estar presente en el momento que pasa el camión.

Ventajas.

- Ahorro de combustible
- Tiempos de recolección moderados
- Menor desgaste de vehículos
- Menor esfuerzo para los operadores.

2. Acera.-

En este método el usuario coloca en la acera frente a su domicilio sus contenedores y los operadores los cargan y vacían en el vehículo recolector en marcha a muy baja velocidad o efectuando paradas continuas.

Desventajas.

- Gasto mayor de combustible
- Mayor desgaste de las unidades
- Mayor esfuerzo de los operadores.

Ventajas

- No es necesario que el usuario este presente al paso del vehículo.
- El usuario solo carga los contenedores al frente de su propiedad.

3. Interdomiciliaria.-

En este método el operador se introduce al domicilio, - conduce los contenedores al vehículo los deposita y regresa el o los contenedores al interior del domicilio.

Desventajas

- Si no se encuentra el usuario no se recoge la basura
- Mayor costo en el servicio
- Mayor desgaste del vehículo y mayor consumo de combustible.
- Metodo inseguro, ya que el operador debe introducirse a los domicilios.

Ventajas

- El usuario no interviene en el manejo de los contenedores.
- Es un método eficaz para oficinas, escuelas, centros comerciales y hospitales.

4. Contenedores.-

En este método se depositan los residuos sólidos en contenedores de volumen adecuado para recibir los residuos sólidos de conjuntos habitaciones, jardines, obras en construcción etc. y se recogen una vez llenos por los vehículos que vacían el contenedor para conducir los residuos sólidos a su destino final.

Desventajas

- Pueden ser focos de contaminación, ya que se encuentran a cielo abierto.
- Dan un aspecto muy desagradable si no se recolecta la basura con la frecuencia debida, ya que se acumulan los residuos fuera del recipiente cuando éste ya se ha llenado.

Ventajas

- Son necesarios en unidades habitaciones cerradas, donde es difícil el acceso para el vehículo.
- Menor desgaste de las unidades y por lo tanto mayor ahorro de combustible.

1.4.4 Transporte.

En esta etapa se conducen los residuos sólidos a una es-

tación de transferencia o de tratamiento o a su disposición final.

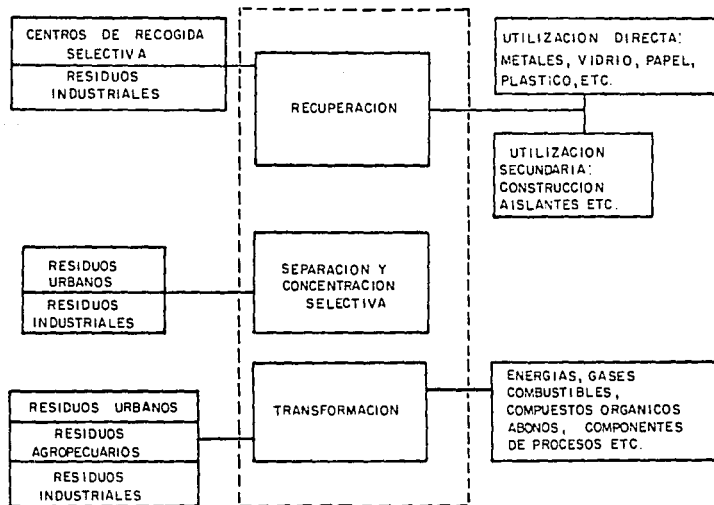
Las recomendaciones para un transporte eficiente son:

- Las rutas de recolección deberán ser planeadas para obtener la ruta más corta al área de disposición.
- En la planeación de las rutas de recolección deberán considerarse las principales vías públicas, ferrocarriles y otros obstáculos.
- Trazar rutas adecuadas para zonas residenciales.
- Los camiones recolectores deberán ser llenados completamente, evitando las pérdidas de tiempo causadas por operarlos cargados parcialmente, del sitio de recolección, al área de disposición final.

1.4.5 Reutilización y tratamiento.

En esta etapa se contempla, que por medio del aprovechamiento de los residuos sólidos a través de la recuperación de sustancias contenidas en ellos, o la transformación en otras, se logre una solución que pueda contribuir a aliviar el problema de la basura, disminuyendo las dificultades y costos de la eliminación evitando con esto una mayor contaminación del ambiente y ayudando a la conservación de los recursos naturales. {Ver Fig. 1}.

FIG. 1 APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS



La reutilización consiste en el aprovechamiento de materiales sin sufrir alteraciones importantes en su estado físico, composición química o estado biológico, como ejemplo tenemos la reutilización del vidrio recuperado en la industria cristalera, la reutilización del papel recuperado para la fabricación de pastas de papel, así como la reutilización del plástico. (Ver tabla 1).

En el tratamiento se establecen procesos que implican cambios físicos, químicos o bioquímicos para transformar o convertir determinados productos de los desechos en otros útiles, - como la transformación de los residuos sólidos en abonos orgánicos, la incineración con recuperación de calor y los procesos -- pirólíticos. (Ver Tabla 2).

1.4.6 Disposición final.

En esta etapa, los residuos sólidos se disponen finalmente, es decir se ubican en un sitio donde se les confina para que no ocasionen alteraciones al medio ambiente.

Dentro de estos métodos de disposición final, los más utilizados son:

- Incineración
- Relleno sanitario

De ellos hablaremos con detalle en el siguiente --

Capítulo.

TABLA 1. CATEGORÍAS DEL RECICLADO (DE MAYOR A MENOR CONVENIENCIA).

TIPO DE RECICLADO	EJEMPLOS
Reuso del artículo	Botellas retornables, rellenables
Reciclo de no sacrificios: reuso del material a un nivel de calidad similar (reciclado primario)	Papel periódico reprocesado para producir más periódico.
Reciclo de no sacrificios: reuso del material a un nivel de menor calidad (reciclado secundario)	Aislamiento de fibra de vidrio proveniente de botellas.
Reciclo de sacrificio: nuevo uso del material (reciclado terciario)	Composteo del papel, pavimentación con vidrio triturado.
Reciclo termal: (Conversión a combustible almacenable, Incineración directa para producir energía.	Pirólisis de residuos urbanos Incineración de residuos urbanos.

TABLA 2 RESUMEN DE MODO DE RECUPERAR ENERGIA Y MATERIALES DE RESTOOS URBANOS.

PROCESO	RECUPERACION DE MATERIAL	RECUPERACION DE ENERGIA	OBSERVACIONES
Entierro controlado o relleno sanitario	Terreno relleno do		Problemas de - - transporte y dis ponibilidad de terreno.
Desmenuzado y sepa ración por aire	Materiales, vi- drio, papel	Combustible orgá nico.	
Pulpa acuosa y cri bado	Fibra de celu lo sa	Celulosa seca pa ra combustible	
Incineración	Cenizas, vidrio metales	Calor, electrici dad	Alto costo de ins talación y mante nimiento; emisión potencial de con taminantes.
Pirolisis	Metales, vidrio	Gas y aceite com bustible	Alto costo de ins talación.
Liquefacción	Metal, vidrio	Aceite combusti ble	Alto costo de ins talación.
Gasificación	Metales, esco ria	Gas combustible	Alto costo de ins talación.
Composteo	Composta, metal vidrio	Composta seca - como combustible	Operación costosa, demanda limitada de composta
Hydrólisis	Azúcar, protei nas	Estamol por fer mentación.	En desarrollo

TABLA 3.

PUBLICACIONES LEGALES EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

LUNES 06/JUN/88	NTE-CRP-001/88	ESTABLECE LOS CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DE RESIDUOS PELIGROSOS Y EL LISTADO DE LOS MISMOS.
LUNES 06/JUN/88	NTE-CRP-008/88	ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN -- REUNIR SITIOS DESTINADOS AL CONFINAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS EXCEPTO LOS RADIACTIVOS.
VIERNES 25/NOV/88 PAG. 52		REGLAMENTO DE LA LEY DE EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.
MIERCOLES 14/DIC/88	NTE-CRP-002/88	ESTABLECE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR A CABO LA PRUEBA DE EXTRACCION PARA DETERMINAR LOS CONSTITUYENTES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE.
MIERCOLES 14/DIC/88 PAG. 42	NTE-CRP-003/88	ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA INCOMPATIBILIDAD ENTRE DOS O MAS DE LOS RESIDUOS CONSIDERADOS COMO PELIGROSOS POR LA NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CRP-001/88.
MIERCOLES 14/DIC/88 PAG. 9	NTE-CRP-010/88	ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN OBSERVARSE EN EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE CELDAS DE CONFINAMIENTO CONTROLADO PARA RESIDUOS PELIGROSOS -- DETERMINADOS POR LA NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CRP-001/88. CON BASE A LO SIGUIENTE.
MIERCOLES 3/MAY/89	ACUERDO	DAN A CONOCER LOS FORMATOS EN LOS QUE LA INDUSTRIA NACIONAL DEBE DECLARAR EL VOLUMEN Y TIPO DE GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS, SEÑALADOS EN EL REGLAMENTO.
VIERNES 8/SEP/89	NTE-CRP-009/89	ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO PARA RESIDUOS PELIGROSOS.

VIERNES
10/NOV/89

FORMATOS DE MANIFESTACION PARA EMPRESAS GENERADORAS EVENTUALES DE RESIDUOS DE BIFENILOS POLICLORADOS (BPC) PROVENIENTES DE EQUIPOS ELECTRICOS.

MIERCOLES NTE-CRP-011/89

ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA LA OPERACION DE UN CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

CAPITULO II

II. METODOS PARA EL APROVECHAMIENTO Y ELIMINACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

2.1 Introducción.

Los residuos sólidos en el país han sufrido grandes cambios en las últimas décadas, no sólo en cuanto a su cantidad, sino también en lo referente a la calidad de los mismos.

En las áreas urbanas y rurales de México, la basura municipal ha aumentado desde unos 300 gramos/habitante por día al principio de los cincuentas, hasta 750 gramos/habitante por día a finales de los noventas. Si se toma en cuenta que la población del país ha crecido de 30 a 80 millones de personas aproximadamente en ese mismo lapso, la cantidad de desechos sólidos se ha multiplicado aceleradamente de 9,000 toneladas/día en 1950 a más de 60,000 toneladas/día en 1990 (20 millones de toneladas al año). La calidad de la basura ha variado también en ese periodo; en 1950 el contenido orgánico de fácil biodegradación era de un 80% del total; mientras que en la actualidad es de sólo 40%, es decir, que la parte restante está constituida por vidrio, papel, hojalata, plásticos y otros artículos desechables no biodegradables o de difícil biodegradación. *

* Evaluación operativa de la Planta Incineradora de Basura, de Ciudad Universitaria. Sergio Ortega Pescina y Ramón Jiménez Peña. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería. U.N.A.M. 1985.

Por otra parte, la generación de residuos sólidos industriales ha crecido en forma aún más dramática a raíz del despegue industrial que ha tenido el país. La generación y complejidad de los residuos sólidos industriales ha tomado en años recientes proporciones no imaginables en el pasado.

En estas circunstancias, de continuar el crecimiento sin control en la producción de los desechos sólidos se llegará a un punto en que se agravará el ya tan difícil problema de su manejo.

Por todo ello, está empezando a tomar conciencia del problema que implica el manejo de los desechos sólidos y se ha iniciado la búsqueda de posibles soluciones que permitan, si - no eliminarlos en su totalidad, si reducirlos substancialmente, en especial en las grandes ciudades como la de México. De esta manera, de acuerdo a estudios minuciosos del problema, se ha -- llegado a determinar que la recuperación de los materiales que se pueden utilizar, así como la creación de la infraestructura necesaria para su adecuada disposición final, constituyen los + caminos más viables para aminorar el problema de los desechos sólidos en el país.

En los siguientes incisos se describen las prácticas de disposición que más se realizan en la actualidad para el manejo de los desechos sólidos.

2.2 Tiraderos a cielo abierto

Este sistema de eliminación no puede considerarse como un procedimiento sanitario; consiste en depositar los residuos sólidos a la intemperie; formando montones de hasta 100 m. de altura, que ocasionalmente se queman o fumigan. Como puede verse, este sistema tiene muchos inconvenientes, tanto económicos, como sanitarios y sociales.

En el aspecto económico, cuando la distancia de la población al tiradero es grande, este método origina altos costos de operación, ya que se ocasiona un desgaste rápido del equipo de transporte, al verse obligados los vehículos a transitar sobre declives de desechos saturados de vidrios y de otros materiales punzo-cortantes. Por otro lado, los terrenos ocupados quedan temporalmente invalidados y los lotes cercanos sufren -- demérito en su valor comercial.

En el aspecto sanitario se generan infinidad de problemas, entre los cuales se pueden señalar los siguientes:

- a) Fermentación de la materia orgánica iniciada con la acción de las bacterias aeróbicas del aire, -- las que actúan por medio del oxígeno. Sin embargo, este proceso no dura mucho tiempo en extinguirse,

dando origen al proceso aeróbico que es el que produce malos olores.

- b) Gran contaminación del aire con polvos, humos, cenizas y partículas muy finas levantadas por el viento, debido principalmente a los incendios que se producen por la autocombustión que se presenta en los tiraderos por las elevadas temperaturas que se generan al descomponerse la basura, lo que -- origina la obtención de gas metano altamente explosivo en contacto con el aire, en determinadas concentraciones. En muchas ocasiones, estos incendios son producidos por descuido de los pepenadores que clasifican los desechos recuperables.

- c) En la época de lluvias se produce un afluente que se infiltra lentamente por los estratos de basura, denominado lixiviado, que contamina las corrientes superficiales y los mantos acuíferos del subsuelo.

En el aspecto social se genera también un grave problema, pues como se puede arrojar en los tiraderos cualquier clase de basura, de hecho se permite y fomenta la pepena, la cual se realiza en condiciones de extrema falta de higiene que denigra al ser humano.

Por todos estos inconvenientes, es urgente la aplicación de otros procedimientos de disposición de basura, tendientes a lograr la desaparición de estos antihigiénico lugares. -- Afortunadamente ya hay una tendencia en el sector oficial hacia otros métodos de eliminación, considerándose fundamentalmente el relleno sanitario.

2.3 Rellenos sanitarios.

El relleno sanitario es un método de disposición final de residuos sólidos en el suelo, sin producir un deterioro a la ecología del lugar, ni peligros para la salud y seguridad de la población. Emplea principios de ingeniería, para confinar los residuos sólidos en un área lo menor posible, reduciendo estos a un volumen práctico y cubriéndolos con una capa de tierra al finalizar cada día de operación o a intervalos más frecuentes, según sea necesario eliminando los insectos y roedores que son transmisores de enfermedades.

Para el establecimiento de un relleno sanitario, se -- debe recabar la siguiente información de los lugares propuestos:

- Topográfica
- Geológica
- Hidrológica

- Climática
- Uso del suelo
- Fauna
- Vegetación
- Vías de comunicación

Con los datos anteriores se lleva a cabo una evaluación de impacto ambiental de lugar elegido, tomando como base las -- condiciones existentes del sitio, tales como:

- Capacidad para almacenar residuos sólidos
- Peligros de contaminación de mantos acuíferos
- Reutilización futura
- Medios de protección adoptados
- Evaluación ambiental efectuada

Es necesario considerar todos estos datos para un buen funcionamiento del sistema.

2.3.1 Métodos de relleno.

Existen básicamente dos métodos de construcción de un -- relleno sanitario: El de trincheras y el de área. Generalmente el primero se usa cuando el nivel del agua subterránea es profundo y la capa de tierra en el suelo tiene un espesor mayor de 2 metros,

por lo que su empleo es más adecuado en terrenos planos o con ligeros desniveles. El segundo por su parte, se puede aplicar casi en cualquier topografía y se usa frecuentemente cuando se tienen grandes cantidades de desechos sólidos. Existe una tercera opción que es una combinación de los métodos anteriores.

El método de área como el de trincheras tienen una característica común, que es el de su construcción a base de celdas. Los desechos sólidos recibidos se esparcen y compactan dentro de un área determinada al final de cada día o varias veces durante el mismo, posteriormente se cubren con una delgada capa de tierra la cual también es compactada. Los desechos compactados y la cubierta de tierra constituyen lo que se denomina celda, varias celdas de la misma altura forman un nivel y varios niveles van a integrar un relleno terminado.

2.3.1.1 Método de trinchera.

Consiste en excavar una trinchera con dirección normal a la de los vientos dominantes de la región. Se deposita la basura en la zanja hasta 1 metro aproximadamente con respecto al nivel del suelo, se apisona reduciéndola a una tercera parte, se cubre con tierra y se repite la operación hasta que finalmente se cubre todo con una capa gruesa de tierra apisonada, a un metro -

de la zanja se cava otra y se repite el procedimiento.

Las trincheras deben ser perpendiculares a los vientos con el fin de que éstos no arrastren la basura. Aquí se debe -- disponer de grandes cantidades de tierra de recubrimiento ya que la cantidad excavada es mucho mayor que la usada. Este método -- es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas con equipos normales de movimiento de tierras.

2.3.1.2 Método de Área.

El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en -- capas inclinadas de 60 cm. para formar la celda que después se cubre con tierra. Las celdas se construyen inicialmente en un -- extremo del área a rellenar y se avanza hasta terminar en el otro extremo.

Este método se puede usar en cualquier terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénegas contaminadas; un punto importante en este método, para que el relleno sea económico, es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a éste.

Para que se cumpla la condición de ser relleno sanitario, al finalizar el trabajo diario se deben cubrir las celdas para evitar la proliferación de fauna nociva, la generación de malos olores que invadan a todo el sector y que los residuos sean llevados por el viento fuera del relleno.

2.3.1.3 Método combinado.

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

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

Los métodos combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista éste en el sitio) y aumentan la vida útil del sitio.

2.4 Composteo.

Es un método que en términos generales se define como la descomposición biológica de la materia orgánica contenida en los desechos sólidos, tendientes a obtener un humus estabilizado.

Este método consiste en someter la parte orgánica de los desechos a la acción bioquímica de los microorganismos, de una manera controlada técnicamente con el objeto de estabilizar la parte de difícil biodegradación. La descomposición puede realizarse en condiciones aerobias, es decir, en presencia de oxígeno o en condiciones anaerobias en ausencia de oxígeno. Las condiciones aerobias son las más aconsejables, ya que el tiempo requerido para el proceso se reduce considerablemente. El proceso puede realizarse a temperaturas que van desde 26°C hasta los 80°C. En la práctica, la mayor parte de los procesos se efectúan a -- temperaturas de 60° a 80° C, por lo que el producto final es -- inocuo desde el punto de vista de gérmenes patógenos.

El producto resultante es un mejorador de suelos de color café grisáceo y ligero olor a tierra húmeda. Este producto resultante puede utilizarse para los siguientes fines.

- Mejorar suelos desgastados o carentes de materia orgánica.
- Mejorar las características físicas en los suelos arenosos y arcillosos.
- Mejorar los cultivos finos tales como floricultura, fruticultura y otros.
- Uso para parques y jardines municipales.
- Agricultura en general.

La fermentación anaerobia es una mezcla de sistemas biológicos, en la que los complejos orgánicos como son proteídos, hidratos de carbono y lípidos, son utilizados por microorganismos que realizan un proceso metabólico. Los productos resultantes de esta acción son: anhidrido carbónico y una fracción no degradable de naturaleza orgánica.

La fermentación anaerobia se viene utilizando en el --tratamiento de aguas residuales (fosas sépticas y plantas de tratamiento) desde fines del siglo pasado, produciendo un gas compuesto de bisóxido de carbono y metano de alto poder calórico.

La materia orgánica debe de estar exenta de metales pesados de disolución o tenerlos en bajos contenidos y el proceso de biodegradación se lleva a cabo con la ausencia de oxígeno.

Los métodos mas utilizados para la transformación de basuras son:

- a.) Transformación espontánea.
- b.) Proceso indore.
- c.) Proceso Beccari.
- d.) Proceso Dano.
- e.) Proceso B.A.S.E.

a.) Transformación espontánea.- En este sistema se -- amontona la basura a la intemperie, para que reciba el agua de lluvia y los rayos del sol, efectuándose con los microorganismos de la basura una transformación -- anaerobia, la cual requiere normalmente un año para lograse.

El componente que se obtiene por este proceso, es de bajo contenido en materia orgánica y nutrientes básicos, además de presentar todos los inconvenientes de un tiradero a cielo abierto, por lo que este método no es recomendable.

b.) Proceso Indore.- Este proceso es original de la India y consiste en amontonar en pilas de 1.50 m. de altu

ra, estiércol principalmente y otros materiales fácilmente putrescibles, volteando un par de veces durante el período de transformación que es de 6 meses, en -- ocasiones para acortar este tiempo se muelen los materiales, se agrega agua y se hacen los volteos más frecuentes con el objeto de conseguir una transformación aerobia, la cual dura tres meses.

c.) Proceso Baccari.- Este sistema patentado, es -- ampliamente usado y consiste en una celd' de concreto o de mampostería, la cual se carga por la parte superior y después se cierra herméticamente para evitar la salida de olores desagradables. La descarga se efectúa por una puerta localizada al frente de la parte -- inferior.

La descomposición es anaerobia en la primera fase y en la segunda aerobia ya que se abren unas ventilas que permiten la entrada de aire. Este proceso requiere de 5 a 6 semanas para lograr la transformación.

d.) Proceso Dano.- La corporación Dano de Dinamarca, diseñó hace unos diez años un digestor mecánico llamado Bio-Estabilizador, que consiste en un cilindro grande de acero parecido a un horno de cemento, gira lentamente y está un poco inclinado respecto de la horizon-

tal. La aereación se obtiene por medio de dos series de chiflonzs localizados a lo largo del cilindro, por donde se introduce el aire a presión, retiene la basura de 5 a 10 días y posteriormente el composte se estabiliza formando pilas. Este método requiere selección, cribado, trituración y transporte por medios mecánicos.

e.) Proceso B.A.S.E.- Es una modificación al proceso Dano, consiste en que el cilindro gira dentro de un depósito de agua seccionado. Se bombea agua de la sección central que es la más caliente, a la sección por donde entra el material para darle un precalentamiento. El cilindro queda sumergido en el agua hasta una altura igual a la mitad del diámetro. De acuerdo con los inventores, el periodo de transformación dura 4 días -- aproximadamente en el cilindro y 2 meses de estabilización en pilas. Este proceso también requiere selección, trituración, cribado y transporte mecánico. El inconveniente de este proceso es que el costo de sus instalaciones es excesivamente alto.

La rentabilidad de la composta es variada, en regiones poco agrícolas no es comercial por los costos de transportación y en los predominantemente agrícolas se han tenido que hacer campañas publicitarias y hasta estable

cer sistemas de crédito. Requiere terrenos grandes - para su proceso y de preferencia localizarse en la periferia de la ciudad, para que de esta forma se minimicen los costos de recolección y transporte.

2.5 Reciclado.

Este es uno de los sistemas de eliminación de residuos sólidos que resuelve dos problemas a la vez, uno consiste en -- deshacerse de las basuras y el otro en aprovechar lo que sea recuperable de ellas.

En el reciclado, gran parte de los materiales sólidos que conforman las basuras, pueden y deben ser recuperadas previa selección de los productos no biodegradables, para su reincorporación al ciclo industrial y comercial.

El reciclado tiende a ser cada día más importante, -- dada la situación socioeconómica actual y a futuro, de escasez y costo más elevado de las materias renovables y no renovables.

Cuando se desea implantar un sistema de recuperación - de materiales deberá estudiarse desde el principio cuáles son - los objetivos que se persiguen, además del fundamental que es la

eliminación de los desechos.

Los componentes de las basuras urbanas se pueden clasificar en dos grupos:

- 1.- Los recuperables sin transformación: Papel, -- vidrio y plásticos. (30-40%).
- 2.- Los recuperables transformables: Material orgánico, en gran parte fermentable (40-50%), y material inorgánico como: Papel, plásticos y metales (10-20%).

Las fracciones antes mencionadas, pueden ser tratadas por medio de las diferentes técnicas de aprovechamiento como son la de carácter físico, para el proceso de recuperación; y carácter químico para la transformación. Para los de combustión podemos utilizar: Hidrogenación, hidrólisis, oxigenación y pirólisis y para producción de composta, la fermentación aerobia y la anaerobia.

Las operaciones de reciclado se dividen en 2 fases:

- Separación y concentración de los distintos materiales componentes de los desechos sólidos. Esta constituye la operación básica y el proceso más costoso.

- La recuperación y aprovechamiento basado en técnicas metalúrgicas, químicas y físicas.

No se debe olvidar que aunque se logra recuperar la mayoría de los componentes de la basura, siempre quedará una parte orgánica fermentable que se eliminará por compostaje, incineración y relleno sanitario.

2.6 Pirólisis.

Pirólisis se define como la Descomposición Físico-Química del material orgánico constituyente en los desechos sólidos por la acción del calor, todo esto realizado en una atmósfera - deficiente de oxígeno.

Por medio de la pirólisis la materia orgánica contenida en los desechos sólidos se transforma en tres subproductos -- que son:

- a) Un residuo sólido compuesto principalmente de -- carbón, cenizas y metales. El carbón tiene un poder calorífico de 12,000 BTU/lb y la cantidad de metal depende de la composición de los residuos y del grado de separación que hayan tenido.
- b) Un producto líquido compuesto de agua y mezclas - orgánicas tales como alcohol metílico, alquil, alcohol, metil acetona y oleos de acetato y alquitrán.
- c) Un gas de bajo valor calorífico compuesto principalmente de CO_2 , CO , N_2 y CH_4 , en una mezcla con un poder calorífico de 3,500 a 6,500 kcal/kg.

La forma y las características de la fracción combustible varia para cada uno de los procesos que se están desarrollando en la actualidad y está en función del tiempo de reacción, de la temperatura, de la presión en el reactor pirólítico, del tamaño de las partículas y de la presencia de catalizadores y combustibles auxiliares.

La pirólisis de residuos municipales se efectúan en reactores diseñados especialmente para procesar estos materiales, un tipo característico de estos reactores consta de una retorta calentada con gas, hermética y revestida con una chaqueta bien aislada.

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

La producción de gases en el reactor es de aproximadamente 1.56 m³/kg. de residuo alimentado.

Los reactores tienen tamaños que van de 150 grs./hr. hasta 12,000 kg./hr. y el ciclo desde la alimentación hasta la descarga dura entre 12 y 15 minutos.

En la pirólisis, contrariamente a lo que sucede en la incineración, la reacción que se lleva a cabo es del tipo endotérmico, el calor aplicado a los residuos es con el fin de destilar los componentes volátiles.

En la actualidad la pirólisis ha sido usada solamente para residuos sólidos municipales, no existe mucha experiencia en el caso pirólisis de residuos sólidos tóxicos, sin embargo, - la pirólisis también presenta una alternativa de tratamiento - para los residuos tóxicos que contengan una parte considerable de materia orgánica.

En resumen la pirólisis puede llegar a ser una solución atractiva para el tratamiento de los residuos sólidos municipales, ya que aunque el proceso requiere de altos costos de inversión y operación, su efectividad desde el punto de vista de la reducción de volumen, producción de subproductos útiles, mínima contaminación atmosférica y una posibilidad de ingresos económicos puede llegar a generalizar su uso en un futuro cercano.

2.7 Incineración.

La incineración consiste en la oxidación de los componentes combustibles de la basura mediante la aplicación del oxígeno atmosférico en instalaciones especiales. De esta manera, las cenizas resultantes de este proceso representan del 5 al 10% del volumen inicial de desechos. La transformación de la basura en materiales relativamente no combustibles, produce un mejor aspecto y no origina la proliferación de plagas y animales dañinos para la salud.

Este método ha tomado importancia debido a la dificultad de acarrear los desechos sólidos a sitios cada vez más lejanos, ya que el costo del transporte de la basura es elevado debido a su baja densidad. Por ello es recomendable hacer uso de un método que reduzca el volumen de desechos a transportar, lo que elevará la vida útil de los sitios de relleno.

2.7.1 Aspecto Sanitario.

La incineración es muchas veces considerada como la mejor solución para el problema de la basura, pero aunque los residuos de la combustión son prácticamente estériles e inofensivos, la operación de una planta de este tipo siempre produce contaminación en la atmósfera y en el agua. Por todo ello, la inci

niración debe evaluarse en bases estrictamente económicas, para así compararla con otros métodos de reducción de basura.

El grado de reducción de basura que se obtiene hoy en día en los incineradores, es de 75-80% de su volumen. Sin embargo, los residuos son siempre muy importantes, por lo que no debe considerarse a la incineración como un proceso final o solución total para eliminar los desechos sólidos.

Con el objeto de mejorar las condiciones de quema previniendo incendios, malos olores, producción de humos y combustiones incompletas, se han desarrollado equipos de incineración de diversos diseños y capacidades, desde los más simples incineradores domésticos hasta instalaciones centrales capaces de procesar miles de toneladas por día.

En Estados Unidos el primer incinerador fue construido en 1885 en Governor's Island, New York. Sin embargo, muchas de las plantas que se construyeron en ese tiempo, presentaron problemas relacionados con la expedición de humos, malos olores y otros gases, resultado de bajas temperaturas de operación.

Para reducir estos problemas se emplearán combustibles auxiliares como gas natural, petróleo, mezclas de carbón con basura, o bien técnicas de presecado para mejorar la eficiencia de la combustión.

Hasta 1950, las mejoras más importantes en el diseño de los procesos de incineración fueron la substitución de la alimentación manual por la mecánica y la adaptación de parrillas mecánicas para la incineración de basuras.

2.7.2 Principios de la Combustión.

El principio básico de la Incineración de Desechos es la conversión de un desecho sólido, semisólido, líquido o gaseoso a Constituyentes Gaseosos, los cuales son liberados a la Atmósfera dejando un residuo sólido relativamente incombustible. El principio de la Combustión se define como un Proceso Químico de Oxidación, acompañado por un gran desprendimiento de energía.

De los años 50 a la fecha, ha habido otros avances -- principalmente dentro de los controles de emisión de contaminantes, como los lavadores, ciclones y precipitadores electrostáticos, que son capaces de reducir la emisión de material en forma de particular a niveles bastantes bajos. Otros avances obtenidos son las técnicas de aprovechamiento del calor generado en

la combustión, para la producción de vapor o energía eléctrica.

Los combustibles más comunes (carbón, petróleo, gas, madera, etc.), hacen que la oxidación sea una reacción rápida realizada con el oxígeno del aire y que adquiera durante el proceso una alta temperatura, produciendo calor en grandes cantidades.

Estos combustibles tienen solamente tres constituyentes elementales: Carbón, hidrógeno y azufre, los cuales con el oxígeno realizan la combustión completa. Sin embargo, para la mayoría de los combustibles considerados, no se toma en cuenta el azufre, por las pequeñas cantidades presentes y por no influir de manera apreciable en la producción de calor o en los cálculos de requerimiento de aire.

En la combustión los elementos son transformados al más alto estado de oxidación estable para ellos. En el caso del carbón y el hidrógeno, estos estados son el anhídrido carbónico y el agua que representan los principales productos. Lo esencial para que ocurra esta transformación, es que el combustible y el aire estén juntos en proporciones apropiadas, de modo que ocurra la ignición y se mantenga la combustión hasta que todo el carbón y el hidrógeno sean transformados en gases, restando solamente un residuo combustible.

Como en cualquier otro proceso químico, si los componentes no están íntimamente mezclados en las proporciones adecuadas, y si ellos no se mantienen a una temperatura satisfactoria durante un lapso de tiempo determinado, la reacción será incompleta, resultando productos no deseables. Un incendio incontrolable de la basura que causa humo, partículas de materia llevadas por el viento y residuos putrefactos, son ejemplos de una combustión incompleta.

2.7.3 Parámetros Operacionales.

Es necesario controlar la combustión por medio de unos factores denominados "Las 3 T".

- Tiempo de combustión
- Turbulencia
- Temperatura

El tiempo de combustión está generado por el ajuste de la velocidad del viaje del desecho a través de la cámara de combustión; la turbulencia en un incinerador se lleva a cabo por la calda del desecho y el aire en la misma cámara; y la temperatura (que es uno de los parámetros operaciones más importantes), deberá ser lo suficientemente alta para reducir el desecho y asegurar que todo el producto de la combustión prima

ría haya sido calentado a una temperatura superior a la de ignición de cada uno de los constituyentes que lo forman, para que exista una oxidación de los gases (como aldehídos, así como otros gases tóxicos generados por el proceso).

Todos estos requisitos pueden ser satisfechos si la temperatura a la salida de la cámara de combustión es mantenida a 800° C. La determinación de la temperatura óptima para la operación del incinerador, se obtiene por el mismo camino que el utilizado para evaluarla en calentadores de vapor.

Los gases volátiles y las partículas de carbón no quemadas, desprendidas durante la ignición, necesitan más tiempo, turbulencia y temperatura. Para completar la incineración; -- las velocidades de los gases deberán estar en el rango entre 3 y 12 m/seg. asegurando que haya turbulencia para la mezcla.

Por otro lado, el aire es usado para controlar la temperatura en el incinerador y crear la turbulencia necesaria. Este es introducido al incinerador por medio de la creación de un tiro natural, que también puede ser forzado o inducido, dependiendo de las variaciones que se quieran introducir al proceso.

El aire es generalmente suministrado a la cámara de combustión a través de orificios en la parte baja de las parri-

llas del horno. Este también puede ser adicionado por la parte alta. Cuando es alimentado por la parte baja se le llama Under fire y si es por la parte alta Overfire. Los requerimientos de aire overfire y underfire, dependen de las características del desecho (composición química, contenido de humedad, valor calorífico, etc.), y del diseño del incinerador.

Existe una relación teórica aproximada del aire que es necesario para la combustión de la basura, considerando despreciables otras reacciones de oxidación que ocurran.

Como la basura es un material de composición bastante variable, este valor teórico no puede ser usado en la práctica, pues puede haber una deficiencia de oxígeno, resultando una combustión incompleta y la formación de monóxido de carbono e hidrocarbonatos. Entonces el valor que se usa varía del 50% hasta el 300% más del valor teórico, dependiendo de las características de la basura así como del diseño del horno.

El exceso de aire también es usado para controlar la temperatura en la cámara de combustión, protegiendo los refractarios que constituyen las paredes del horno, existe por eso un límite de exceso de aire, que en caso de ser sobrepasado perjudicaría la incineración, bajando demasiado la temperatura de combustión, resultando una combustión incompleta con emisiones de par

ticulas y sustancias volátiles. En la fig. 2 se muestra la gráfica para la determinación de exceso de aire.

Otro parámetro importante es la necesidad de un combustible auxiliar en la operación de los incineradores. Este combustible puede ser gas natural, gas LP o diesel, es usado para los siguientes propósitos.

- 1.- Calentar la cámara de combustión
- 2.- Adicionar valor calorífico cuando el desecho está húmedo o no contiene un valor adecuado para la autocombustión.
- 3.- Completar la combustión en la cámara de combustión secundaria o a la salida del incinerador para evitar malos olores y un control de humos a la salida.

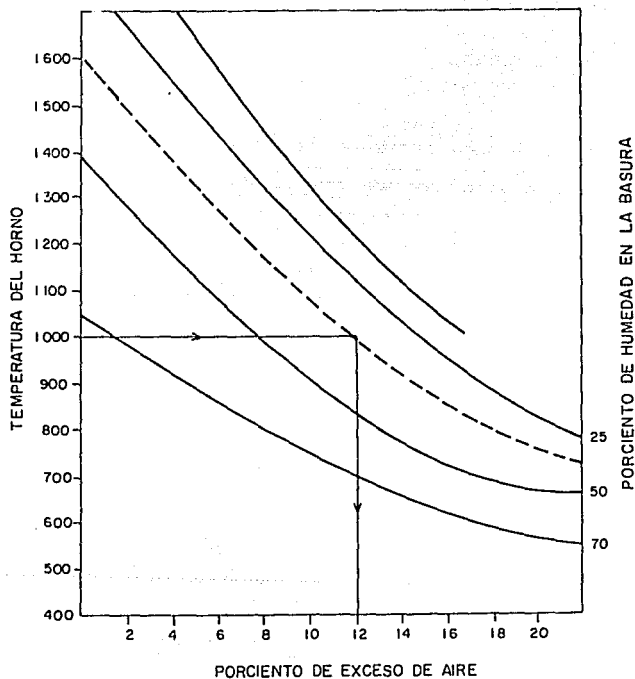
Los parámetros operacionales mencionados anteriormente, son de suma importancia para el diseño y operación de un incinerador de desechos municipales. Cabe señalar la importancia de estimar las cantidades, rangos y características de la basura, ya que estas no pueden ser controladas por el operador, por lo que es necesario diseñar un incinerador que sea versátil en el manejo de los desechos.

2.7.4 Descripción del proceso.

FIG. 2

65

GRAFICA PARA LA DETERMINACION
DEL EXCESO DE AIRE



El proceso de combustión se considera en tres etapas:

1. Secado.- Esta etapa consiste en evaporar la humedad de los residuos sólidos (el grado de humedad varía desde seca hasta la saturación).
2. Destilación.- Cuando es absorbida por la basura una gran cantidad de calor desprendiéndose así gases (hidrocarburos y ocurriendo la ignición a $650-700^{\circ}\text{C}$).
3. Combustión del calor fijo: Cuando con calor adicional y la mezcla con las cantidades requeridas de oxígeno, se continúa el proceso de combustión hasta la transformación total del carbón fijo en anhídrido carbónico quedando sólo materiales inertes no combustibles.

Considerando la combustión dentro del incinerador tipo central (Fig. 2-A), el proceso de secado ocurre en su mayor parte inmediatamente después de la carga de basura. En estos hornos la primera parte del sistema de parrillas es frecuentemente conocida como parrilla de secado. Cuando las basuras se secan toma lugar la ignición en la sección usualmente llamada parrilla de ignición, ambas secciones de parrillas están ubicadas en la cámara de ignición o cámara de combustión primaria. Los gases volátiles y las

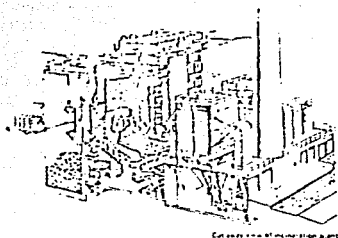


Fig. 2.A Incinerador Tipo Control

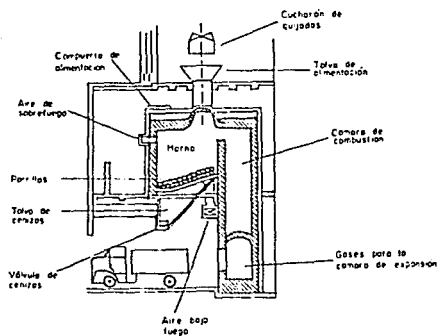


Fig. 3 Incinerador Intermitente

partículas de carbón no quemadas desprendidas durante la ignición, necesitan más tiempo, turbulencia y temperatura para complementar la incineración, que se logra en la cámara de combustión (también llamada cámara de combustión secundaria) la cual puede estar combinada con la cámara de ignición o encontrarse separada dentro del horno. En la cámara de combustión la temperatura deberá ser por lo menos 800°C y las velocidades de los gases deberán estar en un rango entre 3 y 12 m/seg. asegurando que haya turbulencia para la mezcla.

El aire para mantener la combustión es suministrada por tres lugares diferentes:

- Por debajo de las parrillas (aire bajo fuego)
- Aire de sobre fuego (introducción sobre la cámara de combustión, teniendo como propósito provocar la turbulencia además de proveer oxígeno.)
- Aire infiltrado; entra a través de rajaduras o fisuras y aperturas y es frecuentemente incluido como aire sobre fuego, ver fig. 3.

La proporción de aire bajo fuego y sobre fuego depende del diseño del incinerador. Los cálculos de combustión para los desechos sólidos pueden ser hechos en la misma base usada para otros combustibles, es decir, convirtiendo la cantidad en peso de basura en capacidad de producción de energía calorífica en Kcal/hr. para lo cual el peso del aire para combustión y gas re

sultante son más o menos uniformes y fácilmente determinables. La humedad puede ser estimada a partir de características conocidas o pesando y secando una muestra representativa de la basura. El poder calorífico de la basura puede ser determinado, -- aproximadamente sumando los poderes caloríficos de sus componentes proporcionalmente a los porcentajes en peso respectivo presentes en el material.

2.7.5 Tipos de Incineración e Incineradores.

La incineración de residuos sólidos puede llevarse a cabo a cielo abierto y en un lugar semiabierto o cerrado.

En la incineración tipo abierto la combustión no es controlada, ni se reducen las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Para el segundo tipo se utilizan incineradores tipo - Teepee su construcción no pasa de ser una cobertura metálica -- cónica colocada sobre la pila de basura en combustión realizando la alimentación mediante tractor o banda transportadora.

Hoy en día el tipo de incineración se efectúa en ambientes cerrados, en éstos la combustión ocurre dentro de un compartimiento cerrado en forma cilíndrica o rectangular fijas o móvi-

les, con paredes y techos de material refractario o de camisas de agua. La quema en este tipo de incineradores es controlado básicamente por medio de la velocidad de alimentación y suministro del aire para la combustión.

Los incineradores se pueden dividir según el tipo de --
operación en continuos e intermitentes.

2.7.5.1 Intermitentes.

Estos son de menor capacidad menos de 250 toneladas y --
cada carga de basura es alimentada al horno, quemada antes de --
proceder a otra carga. Un esquema de este tipo de incinerador se
muestra en la fig. 3 como anteriormente se mencionó este tipo de
incineradores es utilizado en plantas pequeñas y con baja efi--
ciencia térmica y a su vez se dividen en hornos rectangulares y
cilíndricos. Los primeros son de 2 ó 4 compuertas de recarga en
el techo, los desechos son quemados en parrillas inclinadas fi--
jas y con movimiento alternado, para agitar el material combusti--
ble y mover la escoria hacia la parte delantera donde las parril--
las de basura están colocadas. Los hornos cilíndricos está dise--
ñados de tal manera que una tolva coloca los desechos en el cen--
tro de una parrilla circular sobre un cono el cual provee la ad--
misión de aire y de combustible. El cono tiene un movimiento de
rotación y está provisto de brazos que proporcionan una agita- --

ción a la cámara combustible así como también expulsa el residuo o escoria de la combustión a la periferia, provista de parrillas de descarga.

2.7.5.2 Continuos.

En los hornos de alimentación continua, la carga es intrroducida constantemente y regulable, así como la descarga de los residuos de la quema. Este tipo es el utilizado en los incineradores modernos de gran capacidad, en virtud de la mayor eficacia y menos problema en el mantenimiento del refractario, ya que no están sujetos a choques térmicos como en el tipo intermitente, - un incinerador de este tipo se muestra en la Fig. 4. Este tipo de hornos también se pueden dividir en cuanto al tipo de la cá-mara de combustión, ya que puede tener una sola o varias. Hoy en día son usados los de cámara múltiple que permiten mayor efi-cacia de quema y menor contaminación atmosférica.

La mayor diferencia entre los tipos de hornos de ali-mentación continua radica en las parrillas. Los factores importa^{ntes} a considerar en la selección de refractarios son: costo, resistencia de calor, choques térmicos y mecánicos, resistencia al escoramiento, astillamientos, acciones abrasivas y rompimiento en general. Los dos factores que producen el mayor problema de cos-to de mantenimiento son: el escoriamiento y el astillamiento de

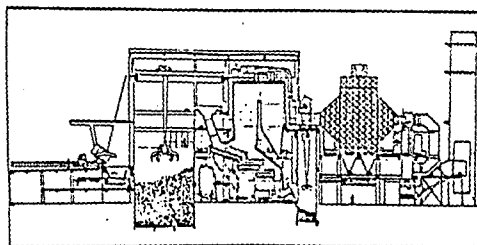


FIG. 4 INCINERADOR DE ALIMENTACION CONTINUA

Los refractarios. Las paredes de agua han sido utilizadas cuando se cuenta con la posibilidad de recuperación y utilización de calor, así cuando con un refractario se requiere de 100 a 300 por ciento de exceso de aire, con paredes de agua sólo se requiere de 25 a 30 por ciento para obtener altas temperaturas, aunque uno de los problemas es la corrosión.

Dentro de la recuperación de los materiales ya manejados se consideran las cenizas, la escoria, las latas y la chatarra. - Diferentes aparatos pueden ser utilizados para la separación de - estos materiales, pero todos utilizan el principio de atracción magnética por imanes permanentes o electromagnéticos. Las cenizas existentes en los residuos de la combustión pueden ser utilizados como abono debido a su riqueza en potasio, calcio y fósforo y en la industria de la construcción, donde se utiliza como agregado - ligero para el concreto.

En el aprovechamiento de calor generado en la combustión de basura es necesario la instalación de una caldera; dependiendo de su diseño ésta puede ser complementada con economizadores - o precalentadores. Otra ventaja de la recuperación de calor -- es la referente a la disminución de la temperatura de los gases de la combustión. La temperatura más baja de los gases aumenta - la eficacia de los lavadores y permite el empleo de otros siste-- mas con la limitación de temperatura como los precipitadores ---

electrostáticos.

Al mismo tiempo que la incineración produce un residuo sólido, produce también un residuo gaseoso, compuesto de una mezcla de gases y partículas sólidas, algunos de los gases son considerados contaminantes y deben ser sometidos a un proceso de tratamiento antes de descargarse al medio ambiente.

Este tratamiento debe efectuarse con equipos especiales de control ubicados en el camino de los gases hacia la chimenea.

2.7.6 Control de la Contaminación del Aire.

2.7.6.1 Efluentes del Incinerador.

Un diseño y operación impropia de un incinerador puede traer como consecuencia la contaminación del aire, el agua y el suelo. Una legislación estricta de la contaminación del aire y del agua en todos los niveles por parte del Gobierno junto con la tendencia a localizar los incineradores lo más cerca posible a la fuente de residuos sólidos, a fin de reducir los costos de transporte, hacen necesario una mejora de todo el proceso de incineración para asegurar que no afecte en forma adversa al medio ambiente.

2.7.6.2 Residuos de la Combustión.

Los residuos consisten de todo el material sólido que permanece después de la combustión. Incluye la ceniza, el clínker, las latas de metal, vidrio, piedras y sustancias orgánicas que no se han quemado. El residuo de las plantas de incineración de desechos sólidos municipales se eleva comunmente del 20% al 25% del peso original de los residuos sólidos. Los residuos que no están compactados, ocupan del 10% al 20% del volumen original de los desechos sólidos.

El residuo del incinerador es permeable y puede contener compuestos orgánicos e inorgánicos solubles en agua, debido a que la contaminación puede presentarse si existe lixiviación cuando el agua se mueve a través de los residuos y entra al agua subterránea, por lo que es imprescindible utilizar únicamente materiales de relleno sanitario para disponer de los residuos del incinerador. En este momento no existen normas de calidad específicas y universalmente aceptadas para los residuos de los incineradores municipales.

Desde el punto de vista de reducción de volumen pueden ser aceptados en la mayor parte de los sitios de incineración, los residuos que contienen menos del 5% en combustibles, medidos en términos del peso total seco del residuo, y teniendo un volu-

men total de menos del 10% del desperdicio sólido original.

2.7.6.3 La ceniza volátil.

Uno de los productos de la combustión es la ceniza volátil; esta porción del residuo consiste en partículas sólidas de materia movidas por los gases de la combustión. Las cenizas volátiles incluyen ceniza, carbonilla, polvo mineral, hollín, además de papel chamuscado y otros materiales parcialmente quemados. El tamaño de la mayor parte de las partículas de la ceniza volátil varía desde 120 a menos de 5 micrones. La distribución dentro de este rango es estimablemente variable. La fracción inorgánica de las cenizas volátiles es usualmente el mayor constituyente y consiste por lo general en óxidos de sílice, aluminio, calcio y hierro junto con algunos cloruros y sulfatos.

La ceniza volátil que se colecte deberá transportarse humedecida en agua o manejada en estado seco. Si se maneja con agua se tienen grandes cantidades de sólidos [35% en promedio] y su PH usualmente es mayor que 10. Debido a estas características, esta agua deberá tratarse antes de su disposición final. Usualmente puede manejarse junto con el agua de residuos del proceso en la planta de incineración. La ceniza volátil seca se almacena en contenedores cerrados; si se hace en lugares abiertos, - la superficie de la pila de cenizas deberá estar húmeda. Cuando

se transporta al sitio de disposición final, la ceniza volátil deberá estar en contenedores cerrados a no ser que se mezcle en el incinerador con los residuos húmedos. Para la disposición final de la ceniza volátil se prefiere el método de relleno sanitario.

2.7.6.4 Agua para el proceso.

Casi sin excepción todas las plantas incineradoras usan agua para el apagado de los residuos. También muchas plantas usan agua para humedecer las cámaras de expansión, enfriar las tolvas de carga, impedir que vuele la ceniza volátil, limpiar las bandas de residuos y controlar la contaminación del aire.

La cantidad de agua requerida depende del diseño de la planta, de la forma en que el sistema opere y si se recircula. Debido a variaciones muy amplias en el diseño de los incineradores, no es posible generalizar sobre los requerimientos de agua. Sin embargo, una regla no escrita es de que el enfriado de los residuos y el control de la ceniza volátil en muchas plantas requiere de 1000 a 2000 galones de agua/ton. de desechos sólidos procesados. En el control del tratamiento del agua y con la recirculación, el consumo de agua total puede reducirse de un 50% a un 80%. Los estudios han demostrado que el agua para el proceso de incine

ración, contiene sólidos en suspensión, materia inorgánica en solución y materia orgánica que puede contribuir a una demanda bioquímica de oxígeno.

Como las aguas del proceso para los incineradores pueden estar contaminadas, no deben descargarse a corrientes o a otros cuerpos de agua. El control más adecuado es la descarga de estas aguas al drenaje sanitario para su subsecuente manejo en una planta de tratamiento. Si estas aguas no pueden descargarse al drenaje sanitario, deberá equiparse a la planta con medios apropiados para la clarificación primaria, ajuste del PH y si es necesario un tratamiento biológico para satisfacer las normas locales.

2.7.6.5 Control de la Contaminación del aire.

Al evaluar el papel de la incineración como contribuyente en la contaminación del aire, es importante estudiar los informes publicados en 1981 por la Administración Nacional del Control de la Contaminación en los Estados Unidos, para las principales fuentes y tipos de la contaminación del aire en ese país para 1980. Esta información se muestra en la Tabla 4.

De las 5 principales categorías de fuentes de contaminación del aire, el tratamiento de desechos sólidos por el método -

TABLA 4

PROCEDENCIA DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AIRE
1980*

PROCEDENCIA	CONTAMINANTES					
	CO	PARTICULAS	SO	HC	NO	TOTAL
TRANSPORTACION (DE VEHICULOS, AVIONES- FERROCARRIL ETC.)	69.1	1.4	0.9	7.8	9.1	88.3
COMBUSTION PROCEDENTE DE FUENTES FIJAS. (PLANTAS INDUSTRIALES Y DE ENERGIA.)	2.1	1.4	19.0	0.2	10.6	33.3
PROCESOS INDUSTRIALES. (QUIMICOS, METALURGICOS, REFINERIAS ETC.)	5.8	3.7	3.8	10.8	0.7	24.8
DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS. (INCINERACION, RELLENOS SANITARIOS ETC.)	2.2	0.4	0.0	0.6	0.1	3.3
DIVERSOS (INCENDIOS FORESTALES, QUEMAS AGRICOLAS ETC.)	6.2	0.9	0.0	2.4	0.2	9.7
TOTAL	85.4	7.8	23.7	21.8	20.7	159.4

* MILLONES DE TONELADAS AL AÑO.

de incineración, es por mucho el que menos contribuye, produciendo 3.3 millones de ton/año o sea 2.1% del total.

Se deduce de todo ello, que la mayor parte de los contaminantes se deben más a un inadecuado diseño y operación de los incineradores, que a los factores inherentes en los métodos de disposición, especialmente si se trata de los hidrocarburos. También es interesante hacer notar, que el ácido hidroclorehídrico no es uno de los tipos de contaminación del aire mencionados, lo que sugiere que las Agencias Federales en Estados Unidos están conscientes del bajo nivel de este material.

2.7.6.6 Dispositivos para separación de partículas.

Desde el punto de vista de la contaminación del aire, la materia en forma de partículas es cualquier material que existe como sólido en condiciones estándar. Algunos ejemplos de materia en forma de partículas, son el humo, el polvo, y los aerosoles. Los equipos para el control de estas partículas están disponibles en una gran variedad de diseños, usando varios principios de operación y teniendo diferentes niveles de eficiencia en la recolección, costos iniciales y de mantenimiento. A continuación se describirán algunos de estos equipos:

a) Separadores centrífugos.

Los separadores centrífugos son los dispositivos más ampliamente usados para separar material particulado grande y mediano (10 u a 50 u) y partículas de aerosol, estos dispositivos se muestran en la Fig. 5. Hay dos tipos básicos; el multiciclón y el ciclón. El primero está constituido de numerosos tubos colectores con entrada axial, están unidos dentro de recipientes de chapa para recibir las partículas acarreadas por el gas.

La entrada rotacional, imparte un movimiento giratorio al gas creando un movimiento fuerte en espiral dentro de cada tubo. Este movimiento centrífugo separa las partículas de la corriente de gas, que sale limpio. El material una vez separado, desciende a la salida inferior y se sedimenta en la tolva de partículas.

El ciclón opera con los mismos principios básicos que el multiciclón. La eficiencia de separación es baja para partículas menores de 10 u. Estos dispositivos utilizados durante mucho tiempo, no son generalmente empleados en la actualidad, sobre todo en países desarrollados ya que normalmente no alcanzan las eficiencias requeridas por la nueva legislación ambiental. Además, no tiene efecto alguno en la remoción de gases a menos que sean operados después de la adición de reactivos formando

CICLON MULTIPLE

COLECTOR DE PARTICULAS

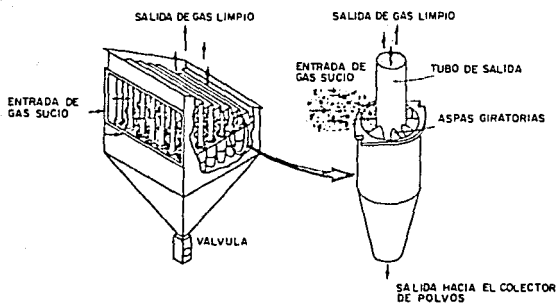


FIG. 5

parte de un lavado de gases en seco.

b) Colector húmedo.

El colector húmedo o lavador es utilizado en muchos di seños, el principio es humedecer la partícula para que sea remo vida del flujo de gas. Esto se logra haciendo pasar el flujo de gas a través de una cortina de aspersion líquida, entonces las partículas son retenidas por el rocío líquido que limpia el gas cargado de partículas y los gases son removidos, mientras que -- los gases insolubles se escapan.

c) Cámara de sedimentación con cortina de agua.

Este sistema consiste en aumentar el tiempo de recorrido de las partículas sólidas en su camino a la atmósfera mediante una cámara en la que se disminuye la velocidad del flujo con alguna solución líquida, precipitando las partículas sólidas, -- para ser removidas por mecanismos hidráulicos que limpien la ca mara a determinados intervalos de tiempo.

d) Torres lavadoras.

En este sistema el líquido no se dispersa en el gas -- sino que fluye como una película sobre la superficie colectora -

para evitar el rearrastré por el gas, y del polvo ya separado, - teniendo lugar la recolección o separación real por una acción mecánica determinada, los dispositivos húmedos generalmente utilizados para separar partículas sólidas se muestran en la Fig. 6.

e) Precipitador electrostático.

El principio de separación electrostática se basa en - el hecho de que, si uno o más de los materiales de una mezcla -- granular puede recibir una carga superficial al entrar a un campo electrostático o antes de ello, los granos de ese material serán repelidos por uno de los electrodos y atraídos hacia el otro, - según el signo de la carga de los granos. Al hacer que esos granos caigan a canales separados, se produce una concentración o separación.

Los principales mecanismos de electrificación para la separación de sustancias sólidas se pueden dividir en 3 grupos; electrificación por contacto, electrificación por inducción conductiva y electrificación por bombardeo de iones.

En la carga por contacto de partícula a partícula, el área de contacto suele ser muy pequeña y es necesario proporcionar algún método mecánico para producir contactos repetidos, - con el fin de que se acumule una carga superficial promedio --

TORRES ROCIADORAS

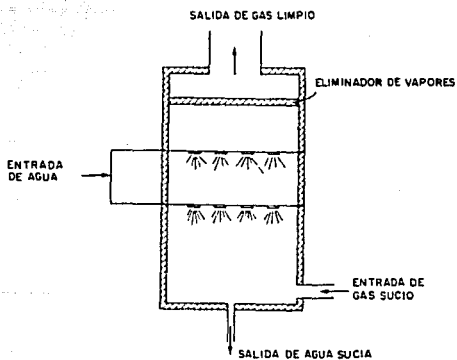


FIG. 6

apreciable en las partículas.

En la electrificación por inducción conductiva, si se pone una partícula sobre un conductor conectado a tierra, en presencia de un campo eléctrico, la partícula desarrollará rápidamente una carga superficial por inducción. Tanto si la partícula es conductora como si es dieléctrica, se podrá considerar como más o menos polarizada.

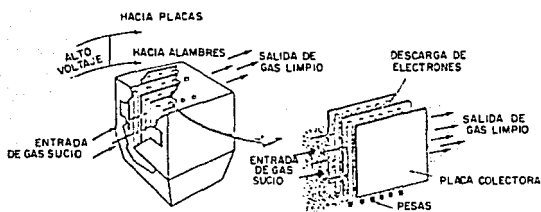
En el mecanismo por bombardeo de iones, los iones móviles les proporciona un electrodo de haz, que produce una descarga de corona, mientras que simultáneamente, concentra esa fuente de iones móviles en una dirección dada. Si se ponen en la trayectoria de esos iones móviles una partícula dieléctrica y otra conductora, una porción de la superficie de cada una de ellas recibirá una poderosa carga eléctrica. En el conductor, la redistribución de la misma carga será muy lenta, este mecanismo para la separación de partículas se muestra en la Fig. 7.

g) Colectores de tela.

En este mecanismo se hacen pasar los gases cargados de polvo por un tejido que retiene el polvo y deja pasar los gases. En realidad la separación no es una simple filtración, ya que los poros de la tela suelen tener dimensiones mucho mayo

PRECIPITADOR ELECTROSTATICO DE ALTO VOLTAJE

PLACA COLECTORA



TUBO DONDE SE NEUTRALIZAN LAS PARTICULAS

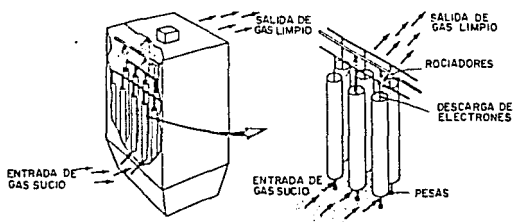


FIG. 7

res que el tamaño de las partículas separadas. Cuando los gases cargados de polvo pasan por primera vez por la tela, el rendi-
miento de separación será pequeño hasta que se hayan separado su
 ficientes partículas para formar lo que corresponde a una capa -
 previa en los poros del tejido, el sacudimiento suele hacerse --
 por medios mecánicos, estos dispositivos se muestran en la Fig. 8.

g) Cámaras de sedimentación.

Las cámaras de sedimentación son otro tipo de mecanis-
 mos utilizados para la separación de partículas sólidas. La se-
 paración se realiza esencialmente mediante la acción de la grave
dad. Los estanques de sedimentación generalmente tienen dos pun
tos débiles, uno es el mantenimiento de la cámara en el que pue-
 de hacer debilitamiento de la base y la posible aparición de --
 grietas, de las que podrían derivarse problemas de contaminación
 masivas. El otro aspecto que requiere atención es el del liqui-
do que entra en la zona de sedimentación y sufre desviaciones, -
 la forma esquemática de una cámara de sedimentación se muestra -
 en la Fig. 9.

2.7.7 Ventajas de la Incineración Municipal.

- Una de las principales ventajas de la Incineración Municipal
 es que este método requiere mucho menos terreno que por ejem

COLECTOR DE TELA

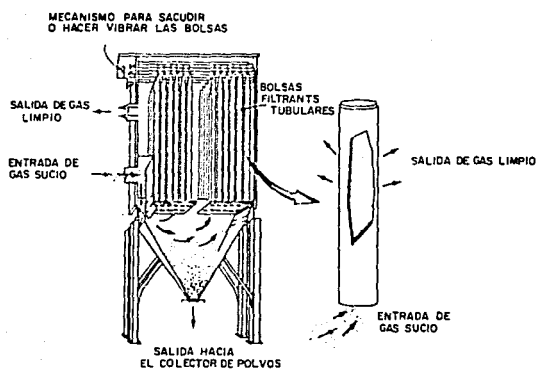


FIG. 8

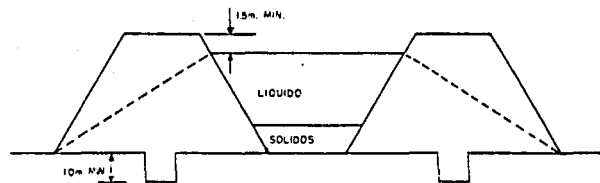


Fig 9 Estanque de sedimentación

plo el método de relleno sanitario, ya que el incinerador puede situarse en una pequeña parte del terreno.

- El incinerador puede estar localizado más cerca al área que sirve, que en el relleno sanitario.
- La planta incineradora produce un residuo que casi no contiene materia orgánica y es menos molesto que la basura sin incinerarse.
- Las plantas de incineración bien proyectadas y en condiciones de operación adecuadas representan una muy buena solución, desde el punto de vista sanitario, para tratar los residuos sólidos de una comunidad. Todas las bacterias e insectos se destruyen en forma rápida, como también se eliminan en forma muy satisfactoria las materias combustibles contenidas en los desechos sólidos.
- En la actualidad es posible aprovechar parte de la energía disponible en los desechos sólidos a través de un incinerador bien diseñado, proyectado y operado. Energía que puede ser utilizada con propósitos municipales, industriales o domésticos.

- Existen algunas flexibilidades en el incinerador para manejar diversas cantidades de basura. Al modificar las horas de operación, el número de días de operación y la velocidad para regular el tiempo en que el material permanece en la cámara de combustión y por lo tanto su pasaje a través de los hornos, - la planta de incineración es capaz de manejar un amplio rango de volúmenes de basura creadas por el área de la población -- que sirve.

2.7.8 Desventajas de la incineración municipal.

- La planta de incineración sólo se aconseja para algunas ciudades, debido a la elevada inversión inicial y a los altos costos de operación, ya que los municipios de nuestro país no -- están en posibilidades de realizar este tipo de inversión.
- Otro inconveniente que presentan los incineradores es el problema de la contaminación atmosférica al emitir humo, olores y gases producto de la combustión de los residuos sólidos, ya que los equipos de control de emisiones resultan costosos en su adquisición, operación y mantenimiento, ya que este puede dañarse por alambres, metales o abrasivos que entran al horno con la basura.
- Por otra parte es algunas veces difícil obtener los mejores -

sitios para localizar la planta incineradora, ya que las operaciones de eliminación de basuras no son aceptables para muchas personas, en consecuencia los sitios de incineración frecuentemente se confinan a áreas industriales, con la esperanza de que las molestias que originan que afectan a los habitantes cercanos se minimizen.

- La incineración no concluye el trabajo de disposición de los desechos de una comunidad dada, ya que los residuos y las cenizas volátiles deben transportarse a otro lugar para ser enterradas.

CAPITULO III

III. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN CIUDAD UNIVERSITARIA.

3.1 Introducción.

La Universidad Nacional, como consecuencia de su autonomía, requiere proveer de la manera más adecuada los servicios -- públicos necesarios para su funcionamiento. Es en este rubro en el que se incluye el almacenamiento, recolección, transporte y -- disposición final de los desechos sólidos, problemática particular cuya solución puede generar experiencias constructivas que -- podrían extenderse a nivel nacional.

En la Universidad por su propia naturaleza se generan -- toda clase de desperdicios, desde los de limpieza y comida, hasta materiales de construcción, productos de demolición y desechos -- tóxicos de los diversos laboratorios que en ella se localizan.

Aunque las características de generación sólo pueden -- ser aplicables a otros sectores de actividad similar, las soluciones al manejo de los desechos sí corresponden a las acciones generalmente desarrolladas en otras áreas.

En el presente Capítulo, se incluyen algunos datos en -- que se definieron cantidad y composición de los residuos sólidos generados en Ciudad Universitaria, posteriormente se describe el

manejo de estos desechos, desde la recolección hasta su disposición final.

3.2 Problemática de los residuos sólidos en Ciudad Universitaria.

En la actualidad en la Ciudad Universitaria, como en todas las poblaciones importantes, se ha agravado el problema de -- disposición de desechos sólidos fuera de las facultades y edificios, así como la recolección y disposición final en áreas alejadas. Los desechos han aumentado tanto en volumen como en el número de sus componentes a medida que la población estudiantil se ha ido incrementando, desde que se inició el funcionamiento de Ciudad Universitaria en 1954.

De acuerdo con un estudio de 1984*, se ha establecido que la producción diaria promedio de basura en Ciudad Universitaria, es de aproximadamente 20,000 Kg., de los cuales sólo 12,000 Kg., o sea el 60% de la generación total, se recolecta y transporta hasta sitios de disposición final.

* Descripción de Métodos, Manejo y Disposición de Desechos Sólidos. Ejemplo y Caso Práctico de la Planta Incineradora de Desechos Sólidos instalada en la Universidad Nacional Autónoma de México. Ing. Félix Fernando Mercado, Primer Congreso Nacional Iberoamericano de Ingeniería Municipal. Guadalajara, Jal., Noviembre 1984.

El resto de los desechos son procesados a través de la pepena principalmente, donde se recuperan grandes cantidades sobre todo de productos de papel, quedando una cantidad importante sin procesamiento adecuado, siendo utilizada por la fauna indeseable o dispuesta sobre la tierra, para luego ser arrastrada por la lluvia o viento y depositada en lugares donde la acción biológica y fisicoquímica provocada por el intemperismo, la degradan.

En la Tabla 5, se presenta un resumen de las características de la basura generada en Ciudad Universitaria.

En esta caracterización se pueden apreciar diferencias en la composición de los desechos sólidos, ya que no sólo se incinera basura generada dentro de la Universidad, sino que también de lugares residenciales circunvecinos, lo que ha originado una gran cantidad de desechos orgánicos, que comprenden el 32% del total de la basura, así como una gran generación de papel, cartón, plásticos, vidrio y otros tipos de envases, principalmente latas, que constituyen el 30% del total.

Esto se debe en gran parte a los procesos de industrialización y comercialización de los productos primarios y al aumento del consumo de artículos envasados en materiales que se usan y se tiran.

TABLA 5.

CARACTERIZACION DE LA BASURA EN
CIUDAD UNIVERSITARIA

R U B R O	PRODUCCION DIARIA (Kg)	PORCENTAJE
PAPEL BLANCO	1233.30	6.11
PAPEL COLOR	320.25	1.60
PAPEL PERIODICO	507.50	1.54
PAPEL KRAFT	158.30	0.65
PAPEL SANITARIO Y KLEENEX	129.10	0.89
TOALLA DE PAPEL	177.35	0.89
PAPEL CELOFAN	63.85	0.32
PAPEL ENCERADO	20.40	0.10
PAPEL CARBON Y CINTA DE MAQUINA	54.55	0.27
PAPEL METALICO	13.45	0.07
CARTON	367.35	1.84
ENVASES TETRAPAK	283.10	1.41
SUBTOTAL DE PRODUCTOS PAPEL:	3128.50	15.60
PLASTICO BLANDO	361.30	1.34
PLASTICO RIGIDO	267.55	1.80
SUBTOTAL DE PLASTICO:	628.85	3.14
VIDRIO	622.45	3.11
MADERA	928.00	4.79
TEXTILES	269.00	1.34
LATAS	332.80	1.66
SUBTOTAL VARIOS:	2182.25	10.90
DESECHOS ORGANICOS (Comida)	1981.05	9.90
DESECHOS ORGANICOS (Laboratorio)	110.90	0.55
DESECHOS QUIMICOS (Laboratorio)	35.50	0.18
DESECHOS DE CONSTRUCCION	613.50	3.06
DESECHOS ORGANICOS (Jardinera)	4460.10	22.29
TIERRA	2260.25	11.29
OTROS	4622.10	23.10
SUBTOTAL LABORATORIOS:	14085.40	70.34
T O T A L:	20023.00	100.00

- * Ejemplo y caso práctico de la Planta Incineradora de Desechos Sólidos instalada en la U.N.A.M., Félix Fernando Mercado. Primer Congreso Nacional Iberoamericano de Ingeniería Municipal. Guadalajara, Jal., Nov. 1984.

Cabe hacer notar que la mayor parte de los desechos -- orgánicos son susceptibles de ser incinerados en forma adecuada, asimismo se puede observar una gran cantidad de material inerte, sobre todo tierra y desperdicios de la construcción, que dadas - las características topográficas prevalecientes en Ciudad Universitaria, encuentran sitio adecuado para su disposición.

Es conveniente destacar las altas probabilidades de - recuperación de subproductos, principalmente: Papel, cartón, - plástico y vidrio, que podrían representar un aspecto económico positivo en el sistema de manejo de desechos sólidos. Para que esto sea real, será necesario modificar los sistemas de almacenamiento que eviten la pepena sin control.

3.3 Manejo de los desechos sólidos en Ciudad Universitaria.

El manejo de los residuos sólidos en Ciudad Universitaria, se efectúa en la actualidad de la siguiente forma:

3.3.1 Recolección.

En el interior de los edificios las basuras de diversos tipos, se depositan en recipientes metálicos (botes) de poco volumen, para que sean fácilmente manejables por una persona (Ver Fig.10)



FIG. 10 RECTANGULAR METAL
OF FOOD THERMOS

Cuando éstos recipientes se encuentran llenos, se vacían y los desechos son transportados a una artesa que consiste en una construcción a cielo abierto con muros perimetrales de mampostería de piedra, con altura que varía de 1.20 a 1.50 m. y piso de losa de concreto. La artesa es de forma cuadrada y rectangular, con una entrada de 1.20 a 2.00 m. (Ver Fig. 11).

En ocasiones la basura se vierte directamente en éstos depósitos y en otros casos la artesa contiene en su interior unas baterías de 4 a 12 tambores de 200 litros en los que se depositan los desechos antes mencionados. Con esta última forma se han obtenido mejores resultados, ya que permite economía en el tiempo de la subida de basura a los camiones recolectores. En el primer caso se pierde más tiempo, ya que la carga se efectúa por traspalear y como no hay clasificación de materiales, la pala levanta muy poco material por lo cual hay que utilizar mucho.

En áreas exteriores, como jardines, estacionamientos, pasillos, pasos a cubierto, la recolección se efectúa por medio de recipientes de soporte fijo: Tambores, canastas, etc. (Ver. Fig. 12), los cuales son levantados manual y mecánicamente y vaciados a los camiones recolectores.



FIG. 11 ARTESA DE MAMPOSTERIA.



FIG. 12 RECIPIENTE DE SOPORTE FIJO.

3.3.2 Transporte.

El transporte de desechos sólidos dentro de Ciudad Universitaria, se realiza mediante 8 vehículos recolectores de tres tipos:

- Volteo
- Compactadores, con caja redonda
- Compactadores, con caja cuadrada

Estos vehículos realizan varios recorridos o viajes - por día, adicionalmente a estas 8 unidades, llegan en forma eventual vehículos particulares con basura de sitios específicos, generalmente de los alrededores de Ciudad Universitaria, pero sin ser parte significativa del volumen de basura que se procesa en la Planta Incineradora.

A partir de 1986, se empezó a llevar un mayor control sobre el volumen de basura recolectada por cada unidad, así como del tipo de basura que llega a la planta, pudiéndose determinar de esa manera, la cantidad total incinerada en la planta.

Los volúmenes manejados por cada vehículo son los que se presentan en la Tabla 6.

TABLA 6.

VOLUMENES DE BASURA

VEHICULO	CAPACIDAD (m ³)	VOLUMEN ANUAL RECOLECTADO m ³
CILINDRO	12.50	2625
CILINDRO	12.50	1836
CILINDRO	15.70	1740
VOLTEO	8.00	7494
VOLTEO	8.00	1809
VOLTEO	8.00	838
CILINDRO	8.90	415
CUADRADO	8.90	124
OTROS (5 vehiculos)		45
TOTAL:		10939

NOTA: En la Tabla Núm. 7, se presenta un cuadro comparativo de los viajes de basura por vehículo y por mes de 1987 a - 1988.

TABLA N° 7

COMPARATIVA DE VIAJES DE BASURA POR VEHICULO POR MES 87/88

VEHICULO	PLACAS	CAPACIDAD m ³	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC		TOTAL		%
			87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87	88	87/88
CILINDRO	5456 AF	12.50	23	26	30	23	37	25	22	20	31	16	37	22	17	20	33	23	29	20	25	21	21		19	18	274	234	72.2
CILINDRO	5457 AF	12.50	26	20	19	19	26	23	12	24	20	20	22	22	25	10	24	23	21	21	22	22	19		17	17	253	221	87.3
CILINDRO	5461 AF	15.70	16	20	8	18	19	18	27	15	18	23	22	22	13	19	21	23	18	20	20	22	20		16	13	220	213	96.8
VOLVO	5467 AF	6.00	25	18	9	16	27	28	15	20	27	30	25	36	7	5	17	32	28	29	26	29	23		20	13	249	256	102.6
VOLVO	5459 AF	8.00	30	24	12	24	40	25	27	20	33	25	45	30	31	27	34	28	26	22	28	25	26		21	11	361	261	72.3
VOLVO	5458 AF	8.00	17	1	2	10	21	3	30	1	15	11	26	4	5	13	5	11	6	5	2	2	9		8	11	146	69	47.3
CILINDRO	5464 AF	8.90		24		22									43		8						5		4		61	46	75.7
CHASSIHAND	5466 AF	8.90						10		7		16		16		16		15	1	3	7	13	11		10	5	29	101	348.3
OTROS (5 Vehiculos)			4	1	2		3	1	3		2		3		1		3		2		4		4		3		34	2	5.9
TOTAL			141	134	82	132	173	133	136	107	152	141	180	152	142	110	145	155	131	120	134	134	138		127	85	1676	1403	83.7
% 88/87			95.0		161		76.9		78.7		92.8		84.4		79.5		106.9		91.6		100.0		-		64.7		83.7		83.7

COMPARATIVA DE VIAJES TOTALES POR AÑO

1984	906
1985	1245
1986	1549
1987	1676
1988	1403

3.3.3 Antecedentes de la disposición final.

La Universidad Nacional dada su estructura administrativa, presenta problemas al intentar transportar los desechos sólidos hasta sitios de disposición distante, pues se involucraba en el Sistema de Manejo de Desechos Sólidos, del Departamento -- del Distrito Federal y de los intereses que este sistema ha creado.

Por la topografía de Ciudad Universitaria es evidente que existe un gran número de sitios adecuados para recibir la -- basura generada diariamente. Originalmente el sitio de disposición final se ubicaba en la parte Suroeste de Ciudad Universitaria, en una zona delimitada al Norte por el Generador Solar, al Oriente por la Av. Insurgentes, y al Sur por el Vivero Alto, contando con un acceso frente a la Sala Netzahualcoyotl.

En este sitio, los desechos sólidos se depositaban a - cielo abierto para formar un relleno sanitario, se contaba con terreno con suficientes depresiones ideal para tal fin; pero se carecía del material para cubrirlo como se indicó en la Técnica del Relleno Sanitario. Además el volumen de basura era muy pequeño para justificar la permanencia de un tractor o de un bulldozer, por lo que la basura se iba tirando a lo largo de la plataforma, hasta acumular cierta cantidad que justificara el movi-

miento de la máquina para tapar y extender la basura.

Este tipo de disposición final tiene varios inconvenientes como son:

a) Contaminación del suelo que se efectúa en formas muy diversas como son:

- Esparcido y arrastre de basura por agentes atmosféricos.
- Proliferación de roedores.
- Proliferación de moscas.

b) Contaminación de la atmósfera,

- Olor que produce la basura por su descomposición (olor a vinagre).
- Gases que produce la basura con emisiones a la atmósfera.
- Gases y humos de la combustión en unas ocasiones producidas por el hombre y en otras por agentes atmosféricos.

Pero el problema principal en este caso, estribaba en la gran permeabilidad del suelo compuesto por basaltos fractura-

dos, que permiten fácilmente el paso de contaminantes hacia los mantos acuíferos subterráneos, lo que ha ocasionado la clausura de pozos en otras zonas del Pedregal, que hasta hace poco tiempo eran utilizados como fuentes de abastecimiento de agua potable. Esta situación se agravaba aún más al considerar la naturaleza biodegradable de la mayoría de la basura generada en la Universidad.

Los inconvenientes antes enumerados, la protesta de los moradores de las áreas circunvecinas del basurero, que velan como se deterioraba el medio ecológico de la región, y las condiciones particulares que presentaba el manejo de basura en Ciudad Universitaria, motivaron y justificaron la construcción de un -- proceso de incineración dentro de la Universidad, el cual no -- obstante que es de alto costo, ocupa un área pequeña y bien manejado, no debe producir malos olores, ni precipitación de polvos en los alrededores de la planta.

CAPITULO IV

IV. DESCRIPCION DE LA PLANTA INCINERADORA.

4.1 Descripción de la Planta.

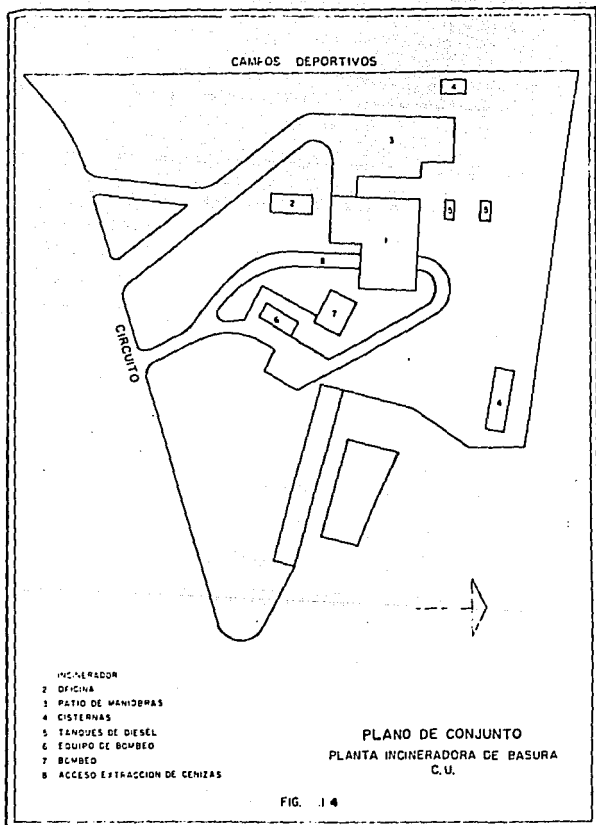
La planta se encuentra localizada en un área de $13,500 \text{ m}^2$ dentro de los terrenos de Ciudad Universitaria, al Sur Poniente - de la Av. Insurgentes, en la zona destinada a campos deportivos (Vease el Plano General de Localización de la Planta, Fig. 13).

En la Fig. 14, se presenta el Plano de Conjunto de la planta. Esta instalación se puede dividir en cinco zonas principales que son:

a) Zona de Recepción.

Con una superficie aproximada de $1,300 \text{ m}^2$, consiste esencialmente en un patio de maniobras y una plataforma donde se descargan los desechos sólidos de los vehículos de transporte. (Ver Fig. 15).

En la zona se puede considerar un área de almacenaje donde son depositados los desechos por determinados periodos hasta que puedan ser procesados.



b) Zona de selección.

Tiene una superficie total de $1,632.5 \text{ m}^2$, consta de un andén donde descargan los camiones a través de un patio de maniobras, con una superficie de $1,320 \text{ m}^2$, donde el material es extendido por un montacargas y el que es recuperable se clasifica, ordena y empaqueta.

Esta zona está compuesta por una plataforma intermedia entre el sitio de recepción y las tolvas de carga de los incineradores y cuatro compartimientos en donde se almacenan los subproductos seleccionados (Ver Fig. 16).

c) Zona de incineración.

El área de incineración es de 200 m^2 y está constituida por dos tolvas captadoras de desechos (Ver Fig. 17), que a su vez conducen la basura a dos unidades de incineración (hornos de tabique refractario, Ver Fig. 18), con cuatro quemadores Diesel tipo cañón cada uno.

El horno está formado por la cámara de combustión con sus parrillas de hierro fundido y sus mecanismos hidráulicos para



FIG. 15 ZONA DE RECEPCION



FIG. 16 COMPARTIMIENTO DE SUPLEMENTOS



FIG. 17. TOLVA CAPTADORA DE BASURA



subirlas y bajarlas para la descarga de cenizas, así como por la cámara de gases con dos mamparas en la parte de abajo y una en la parte superior, ésta última, consiste en una cámara de sedimentación con una charola de concreto y una cortina de agua. -- (Ver Fig. 19).

Después de quemados los residuos de basura no recuperables, las cenizas se descargan por el fondo de cada uno de los hornos, los que están asentados sobre unas tolvas para cenizas. Las tolvas están ubicadas al centro de un túnel con ancho de -- 3.85 m y 4.00 m. de alto, en donde se estaciona un camión debajo de las tolvas, cayendo las cenizas a su caja, para ser transportadas al lugar de disposición final (Ver Fig. 20).

Para el sacado de cenizas se construyó un acceso con ancho de 4.00 m. y una longitud de 107 m., en forma de circuito cerrado y con sentido de Sur a Norte.

d) Zona de tanques de combustible.

Esta zona se encuentra localizada en la parte Norte -- del andén de selección de basura y es aquí donde se almacena el combustible por medio de dos tanques de Diesel de 20,000 litros cada uno (Ver Fig. 21).



FIG. 1. - View of the interior of the tunnel at the entrance.



De acuerdo con datos obtenidos el consumo mensual de combustible es de 14,000 litros, aunque este promedio se eleva bastante en época de lluvias, por el contenido de humedad de la basura.

Este tipo de combustible no es el más recomendable -- para utilizarse, ya que tiene un costo elevado, además de las emisiones de partículas contaminantes que puede provocar.

e) Zona de servicios.

En ella se localizan diversos servicios que son indispensables para la buena operación de la planta como son:

- Oficina con funciones de caseta de vigilancia, así como de control de personal y control de materiales recuperados.
- Bodega de herramientas.
- Baños y vestidores.
- Caseta de bombeo.
- Subestación.

- Caseta de cloración.
- Bodega de material eléctrico.
- Cisterna de alimentación de agua potable y contra incendio -- con capacidad de 20 m^3 .
- Cisterna para riego de jardines con capacidad de 20 m^3 .

Es conveniente mencionar, que dentro de las instalaciones de la planta, se localiza uno de los pozos que abastecen de agua potable a la Universidad, y junto al cual se ubica una pequeña área para estacionamiento.

4.2 Descripción del incinerador.

En la Figura 23, se presenta el corte del proceso de -- incineración propiamente dicho, el cual está integrado por dos in cineradores constituidos por tres elementos principales:

a) Primera cámara de combustión.

Donde se localizan los quemadores que inician el proceso de quemado de la basura. Esta cámara incluye la tolva de alimentación por la que se introducen los desechos sólidos, los --

cuales son descargados a la cámara a través de una compuerta accionada hidráulicamente; el fondo de la cámara lo forman la pa--
rrilla y la tolva de cenizas por donde son desalojados los productos
sólidos de la incineración.

En esta cámara se alcanzan temperaturas de 1,000 a --
1,500° c., por lo que los materiales que la constituyen deberán
ser cuidadosamente seleccionados.

Los gases producto de la combustión y las partículas -
que se desprenden, pasan a través de mamparas hasta la segunda --
cámara de combustión. Como se puede observar, el sistema es un
proceso de llenado-vaciado, que aunque fue utilizado con amplitud
en el pasado en otras plantas, en la actualidad sólo es recomenda
ble para pequeños sistemas.

b) Segunda cámara de combustión.

En esta cámara se realiza la combustión de gases y --
partículas utilizando quemadores de menor capacidad que los usados
en la primera etapa.

c) Emisión de gases.

La tercera componente del proceso la constituye el sistema que transporta y limpia los gases para ser descargados a la atmósfera.

Este sistema está formado por una cámara de sedimentación con cortina de agua, donde son atrapadas la mayoría de las partículas transportadas por los gases (Ver Fig. 19).

Una vez que estas partículas han sido atrapadas en la cortina de agua, el aire caliente sube por la chimenea donde son descargados los productos de la combustión a la atmósfera.

En esta cámara se reduce la velocidad de los gases, lo que permite que las partículas se precipiten al fondo o choquen con las paredes en donde son atrapadas por cortinas de agua en constante recirculación. Cabe mencionar que en esta cámara las partículas y los gases se encuentran todavía a altas temperaturas, por lo que el calor es transmitido al agua en recirculación.

El agua conteniendo las partículas es enviada a unos tanques sedimentadores, obteniéndose por un lado, los lodos que contienen las cenizas y por otro agua, que se reutiliza (Ver Fig. 22), finalmente los gases son conducidos hacia la chimenea que -

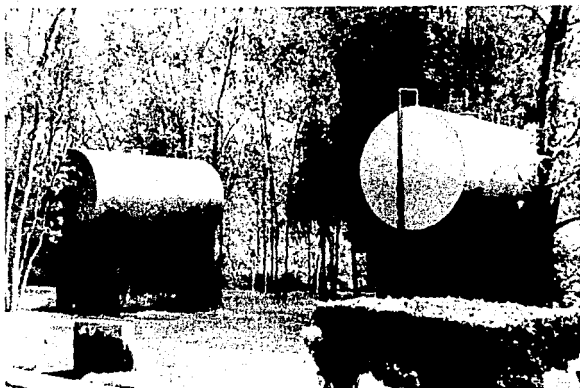
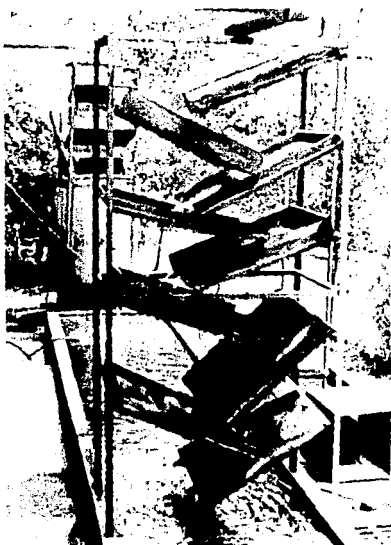


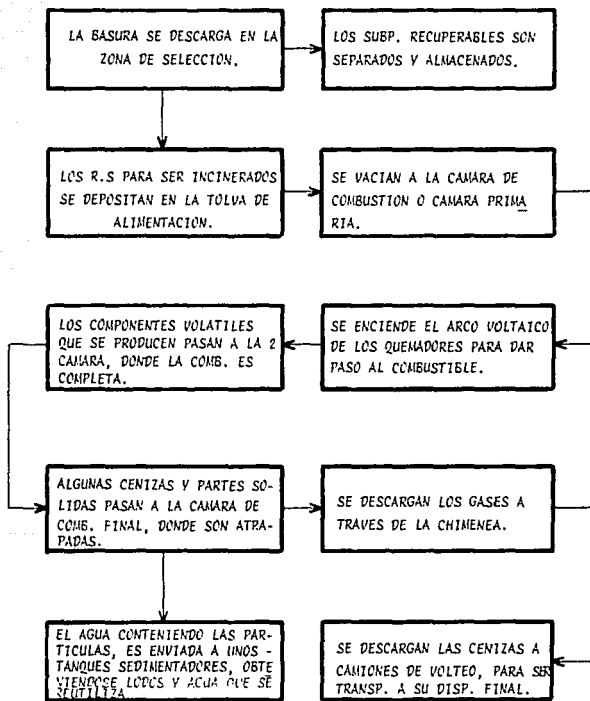
FIG. 21 TANKS DE COMBUSTIBLE



los descarga a la atmósfera.

En la Figura 24, se muestra un Diagrama de Flujo del --
Proceso, para un mejor entendimiento.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



CAPITULO V

V. OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA INCINERADORA.

5.1 Antecedentes generales de la operación de la Planta Incineradora.

El 10. de Marzo de 1984, la Universidad otorgó a la --
compañía I.D.D.E.C., S.A., la operación de la Planta Incineradora
de Residuos Sólidos.

La planta cuenta con una capacidad de diseño de 1,300 -
Kg/hr., de basura seca en cada uno de los incineradores, utilizán
dose estos al 80% de su capacidad a fin de evitar aumentos consi-
derables en la temperatura de los hornos.

La operación y mantenimiento de la planta se realiza --
con una planilla de 16 personas:

- 1 Jefe de Planta
- 2 Operadores
- 1 Auxiliar de Mantenimiento
- 4 Peones para la selección y carga de basura
- 2 Vigilantes (Diurno y vespertino)
- 2 Veladores (Noches alternadas)
- 1 Vigilante los días domingos
- 3 Jardineros

Se dispone únicamente de un turno de trabajadores de lu
nes a viernes y medio día los sábados, cuando se realiza la límpie
za y el mantenimiento preventivo.

El flujo de basura varía cada día de la semana, teniendo
aproximadamente el promedio que se muestra en la Tabla 8.

TABLA 8.

FLUJO PROMEDIO DIARIO DE BASURA EN LA PLANTA
PROCESADORA DE CIUDAD UNIVERSITARIA.

D I A	PESO APROXIMADO DE BASURA SECA. (Toneladas)	NUM. DE CARGAS A INCINERADOR.
LUNES	14	7
MARTES	28	14
MIERCOLES	18	9
JUEVES	18	9
VIERNES	28	14
SABADO	3	1
TOTAL DE LA SEMANA:	109	54

El promedio de basura por día que ha procesado la planta durante los años de 1985 a 1989, es el que se muestra a continuación:

ANO	PROMEDIO DE BASURA (Ton.)
1985	18.2
1986	24.0
1987	25.8
1988	24.7
1989	28.3

FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

Esto quiere decir que los crecimientos anuales de basura incinerada para cada periodo, son los siguientes:

PERIODO	CRECIMIENTO DE VOLUMEN INCINERADO %
84/85	37.4
85/86	32.0
86/87	8.2
87/88	- 4.3
88/89	14.5

En las tablas Núms. 9 y 9A, se presentan las cifras mensuales - incineradas por la planta desde 1986 hasta 1989. Esta información se presenta también en las gráficas 1, 2 y 3.

Es preciso indicar, que la capacidad de la planta por turno de 8 horas, es de 28 toneladas. En 1987, las instalaciones trabajaron a los niveles mensuales de capacidad que se muestran en la Tabla 10.

TABLA 9

PLANTA INCINERADORA DE BASURA**RELACION DE TONELADAS DE BASURA INCINERADAS**

MES	AÑO 1986	AÑO 1987	% INC
Enero	577	682	18.2
Febrero	671	382	-43.1
Marzo	629	817	29.9
Abril	526	599	13.9
Mayo	590	667	13.1
Junio	369	782	111.9
Julio	779	619	-20.6
Agosto	614	649	5.7
Septiembre	453	603	33.1
Octubre	575	638	11
Noviembre	643	631	-1.7
Diciembre	485	588	21.2
TOTAL	6911	7657	10.8
DIAS AÑO	289	296	
PROM/DIA	23.91	25.87	8.2

FUENTE: IDDEC, S.A., DE C.V.

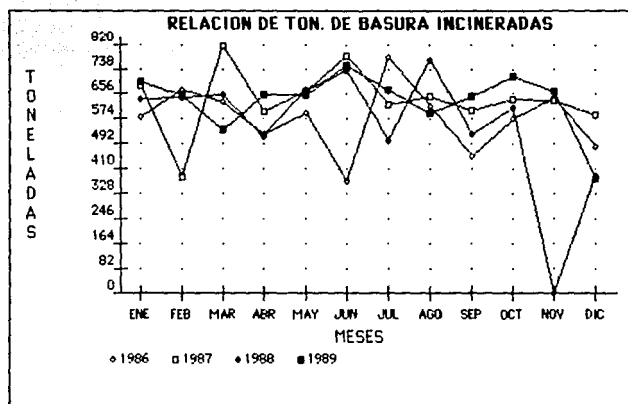
TABLA 9 A

PLANTA INCINERADORA DE BASURA**RELACION DE TONELADAS DE BASURA INCINERADAS**

MES	AÑO 1988	AÑO 1989	% INC
Enero	639	697	9
Febrero	643	652	1.39
Marzo	651	538	-17.4
Abril	516	651	26.2
Mayo	670	650	-2.98
Junio	732	750	2.45
Julio	500	668	33.6
Agosto	770	592	-23.11
Septiembre	526	645	22.6
Octubre	611	717	17.34
Noviembre	-	666	-
Diciembre	385	378	-1.82
TOTAL	6643	7604	14.5
DIAS AÑO	268.9	269	
PROM/DIA	24.7	28.26	14.5

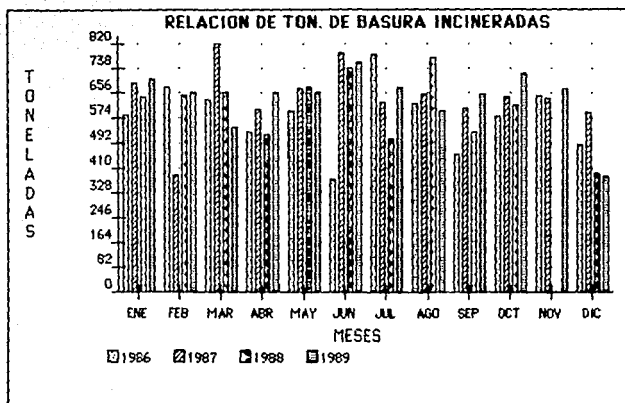
FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

GRAFICA 1



FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

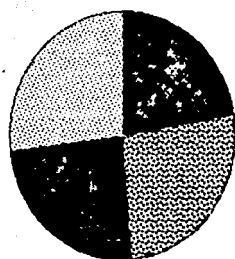
GRAFICA 2



FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

GRAFICA 3

RELACION DE TON. DE BASURA INCINERADAS



■ 1986	22.2%
▨ 1987	26.3%
▤ 1988	24.6%
▧ 1989	26.9%

FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

TABLA N° 10.

GRADO DE UTILIZACION MENSUAL DE LA CAPACIDAD
DE LA PLANTA PROCESADORA DE BASURA DE CIUDAD
UNIVERSITARIA.

% DE CAPACIDAD POR TURNO	MES	TONELADAS
MÁS DEL 100 %	MARZO	112.1
	JUNIO	107.5
ENTRE 95 % Y 100 %	MAYO	99.3
	NOVIEMBRE	97.9
ENTRE 90 % Y 95 %	ENERO	93.6
	SEPTIEMBRE	93.6
ENTRE 85 % Y 90 %	ABRIL	89.3
	AGOSTO	88.9
	DICIEMBRE	87.9
ENTRE 80 % Y 85 %	JULIO	81.8
	OCTUBRE	87.9
MENOS DE 80%	FEBRERO *	59.3

* En este mes disminuyó la operación de la planta por problemas relacionados con la Reforma Universitaria, que provocaron el cierre de la Universidad - durante ese lapso.

5.2 Operación de la planta.

La operación de la planta en la etapa de actividad normal, es bastante simple y puede resumirse como sigue:

- La basura es descargada por los vehículos de recolección y -- transportada a la zona de recepción.
- Los subproductos recuperables son separados manualmente del total de los desechos y depositados en los compartimientos respectivos. Debido a la naturaleza manual de esta actividad, no - resulta altamente eficiente y varios de éstos productos, son - descargados al incinerador.
- Los desechos a ser incinerados son depositados en la tolva de alimentación, para luego ser vaciados a la cámara de combus---tión. En ese momento se enciende el arco voltáico de los quemadores, que al ser detectado por las celdas fotoeléctricas -- abre el paso al Diesel iniciándose la combustión.
- Simultáneamente se inicia el encendido de los quemadores de -- la segunda cámara de combustión y principia el flujo de agua para formar la cortina que atrapa a las partículas de los gases.

- En este punto y bajo las condiciones actuales, la operación se complica, ya que el control de las emisiones de gases se desarrolla con base en observaciones directas de las cargas de las chimeneas y en la modificación de flujos de combustible, entrada de aire, etc., esta operación la realiza el operador de la planta tratando de controlar la descarga de emisiones contaminantes simplemente por lo que observa.
- Después de terminada la combustión de la basura y pasado el -- tiempo necesario para reducir la temperatura de las cenizas, - estas son depositadas en camiones de volteo a través de las tolvas de descarga y transportadas hasta sitios de disposición final como materia inerte.

5.3 Problemas operativos.

La operación de la Planta Incineradora ha requerido de un periodo de ajustes en donde han surgido y se han corregido algunos problemas operativos. Esto se debe principalmente a la poca experiencia en el diseño, operación y construcción de estos - sistemas de incineración.

A continuación se analizarán brevemente algunos problemas que surgieron al inicio de las actividades del proceso. Cabe aclarar que aunque se trató de hacer una división entre los pro--

blemas relativos a diseño, operación u otros, ello no fue posible ya que es difícil establecer estrictamente si fueron omisiones - del diseño, o no se construyó la planta bajo especificaciones o - en la operación se omitieron algunas actividades básicas.

Por lo anterior, los problemas observados y las soluciones adoptadas se presentan a continuación sin guardar un orden específico.

5.3.1 Aumento en la temperatura de operación de los hornos.

Aunque esto pudiera considerarse como un aspecto benéfico, la presencia de altas cantidades de papel, madera y desechos secos de jardín, han ocasionado un aumento en la temperatura de - operación de los hornos por un mayor poder calorífico de estos - subproductos, llegando esta a más de 1,000°C., contra los 850-900°C., que es la temperatura recomendable de operación. Ello ha provocado un deterioro de las parrillas y los tabiques refractarios de los hornos que requieren de un mantenimiento más frecuente - con la consecuente pérdida de tiempo y dinero.

La problemática estriba en que por lo variable del contenido de estos subproductos de la basura, no es posible sistematizar la operación del proceso. De acuerdo con la experiencia, -

cuando la cantidad de estos productos es alta, la operación se -- reduce a calentar la cámara de incineración e iniciar la combus-- tión de los desechos, para posteriormente apagar los quemadores consumiéndose el material por sí solo. Es difícil sin embargo, - identificar bajo qué condiciones exactamente se puede seguir este procedimiento.

5.3.2 Combustión incompleta de la basura.

De acuerdo con el proceso de incineración visto en el - Capítulo II, esta es una característica negativa de los sistemas de llenado-vaciado de incineración, ya que al no existir una mezcla adecuada de los desechos la combustión se realiza en la superficie de la pila de basura, quedando la parte interna sin incinerarse.

Aunque se han analizado varias alternativas de solución a este problema, en realidad ninguna ha resultado satisfactoria. En un principio se trató de incrementar la flama en el quemador y al mismo tiempo elevar la temperatura, pero no se obtuvieron los resultados esperados; posteriormente, se intentó provocar turbulencias tanto con la flama del quemador, como con las corrientes de aire que se generan al abrir o cerrar los orificios de ventilación, pero resultó igualmente inútil.

Los mejores resultados se han obtenido disminuyendo la carga de desechos sólidos, pero esto baja la eficiencia del sistema.

5.3.3 Elementos que no resisten altas temperaturas.

a) Compuerta de alimentación.

Con el fin de evitar que las tolvas de la puerta de basura estuvieran en contacto directo con el fuego de los quemadores, se desechó el diseño de abatimiento vertical hacia abajo. Al analizar el diseño de abatimiento vertical hacia arriba, -- también se rechazó por generar acumulación de residuos en el -- contramarco, decidiéndose por compuertas deslizantes accionadas por un sistema hidráulico en que la placa de acero (Sidena H-12), se guía sobre canaletas.

El problema de las compuertas viene dado desde diseño, puesto que no se consideraron las dimensiones adecuadas y el tipo de material para contrarrestar la dilatación térmica. Debido a las altas temperaturas a las que están expuestas, la deformación más importante fue en el sentido vertical, lo que impidió su deslizamiento sobre baleros de material especial con centro - de bronce, los cuales se fundieron con el marco soporte.

Este problema se resolvió substituyendo las compuertas originales por otras construídas con lámina de acero de calibre 12, a la cual se unió una placa de asbesto para fuego directo de 1.25 cm., colocando sobre esta una capa de concreto refractario armado con varillas de acero inoxidable con diámetro de 1.25 cm. El conjunto está ensamblado con birlos de acero inoxidable.

Aunque actualmente estas compuertas se accionan en -- forma manual, se pretende operarlas usando un motor eléctrico -- con movimientos hacia la derecha e izquierda.

b) Concreto de las tolvas de cenizas.

Aunque este problema no es ocasionado exclusivamente por el incremento de temperatura, las cenizas que caen a través de las parrillas que sostienen los desechos sólidos provocan - erosión en el concreto utilizado en la tolva receptora. Esta - cavitación se produce por la dilatación diferencial entre las -- componentes del concreto provocando pequeñas explosiones que for- man pequeños cráteres en la superficie.

Para resolver este problema se analizaron dos productos comerciales de recubrimiento; el concreto Missou y el Cast-o-li te "N", siendo los dos seleccionados para esta planta.

c) Fusión de las conexiones eléctricas.

Este problema se presentó principalmente en los cables eléctricos conectados a las fotoceldas que accionan el mecanismo para dar paso al combustible, una vez que se ha formado el arco voltaico de encendido. Esto se ha agravado por algunos fenómenos que han incrementado la temperatura en las cubiertas de los quemadores, como han sido:

- El incrementar el flujo de combustible para tratar de realizar la incineración completa de las basuras.
- La presencia de grandes cantidades de material con alto poder calorífico.
- La diferencia de temperaturas entre la primera y la segunda cámara de combustión que provoca la acumulación de calor alrededor de la boca de los quemadores.

En este caso se ha encontrado que el aire caliente que circula de la primera a la segunda cámara de combustión, trata de salir por el orificio de la boca de los quemadores, orificio que siendo muy pequeño no permite la circulación eficiente, obligando a que esta masa de aire caliente salga a través de dichos quemadores.

Esto provoca que los cables entren en contacto con el calor fundiéndose los recubrimientos y generándose un corto circuito, que impide la acción de las celdas fotoeléctricas. El -- problema se resolvió utilizando un recubrimiento de tela de asbesto y teflón para el sistema eléctrico que se encuentra en contacto con elementos que incrementan su temperatura.

5.3.4 Incrustaciones de fierro y metal.

No obstante que en el diseño original de la planta, se contempló la separación de subproductos, los problemas que esta actividad presenta al realizarla en forma manual, motivó que en un principio la basura se alimentara al incinerador sin previa separación de estos materiales. Las altas temperaturas provocaron que los desechos se fundieran y se incrustaran en diferentes zonas de la cámara de incineración.

A consecuencia de ello, fue necesario la separación de subproductos, pero la forma en que se realiza actualmente esta operación es muy ineficiente, provocando que todavía parte de estos materiales continúan incrustándose en el incinerador. Dadas las condiciones de recolección y transporte y las características del sitio de separación de subproductos, se piensa que una solución integral a este problema es bastante difícil y sólo se recomienda tomarlo en cuenta en el diseño de otras plantas similares.

5.3.5 Corrosión por ácido clorhídrico.

Este problema aunque fue previsto originalmente porque ya se ha presentado en otras plantas, no ha sido posible evitarlo totalmente en la Ciudad Universitaria.

La generación de ácido clorhídrico se produce durante la combustión de plásticos cuya estructura molecular contiene cloro, este elemento actuando como receptor de electrones en el proceso de combustión, resulta altamente corrosivo.

El problema se minimiza realizando la separación de plásticos previa a la combustión. Sin embargo, dado el bajo valor comercial de este subproducto, resulta incosteable su recuperación, por lo que posiblemente sea conveniente en futuros diseños de incineradores, incluirlo en la incineración y utilizar materiales anticorrosivos.

5.3.6 Presencia de material húmedo.

La gran diversidad de materiales que son descargados como residuos sólidos han provocado también algunos problemas operativos. Originalmente los desechos de jardinería fueron transportados hasta la Planta de Incineración. Cuando este material se quemaba con altas cantidades de humedad, el proceso de -

combustión se alteraba provocando mayor consumo de combustible, el cual prácticamente se emplea para evaporar el agua contenida en los desechos. Asimismo, se ha observado que la mayor compactación de la pila de los residuos, provoca menor combustión y la formación de masas voluminosas que son difíciles de desalojar -- posteriormente. Por otro lado, se generan olores desagradables que afectan un área reducida alrededor de la planta.

Actualmente para evitar estos problemas, los desechos de jardinería son transportados hasta sitios donde se realiza relleno sanitario.

5.3.7 Volatización de cenizas durante la descarga.

Después de finalizada la combustión de los desechos, los quemadores son apagados y se espera que las cenizas se enfri en un poco para ser descargadas a camiones de volteo. Es en este paso, cuando una parte de las cenizas, sobre todo las de menor tamaño, escapan a la atmósfera provocando problemas a los trabajadores.

Para evitar esto se diseñó un Sistema de Aspersión de Agua, que consiste esencialmente en un tubo perforado con agua a presión. La cascada que se forma, atrapa las partículas y evita su emisión sin control. Este residuo semilíquido es conducido -

por un camión hasta un lugar donde se descarga directamente al suelo para que se infiltre. Considerando la posibilidad de la presencia de metales pesados o sustancias tóxicas en las cenizas, se han iniciado pláticas con diversas dependencias, a fin de realizar un análisis de estos productos y llevar a cabo un manejo adecuado de los mismos.

5.3.8 Altos consumos de combustible.

Dentro de los problemas operacionales de la Planta - Incineradora, el de mayor importancia debido a las características económicas, ambientales y energéticas, es el de la utilización del combustible.

Actualmente se está utilizando Diesel para la combustión de los desechos sólidos. El problema de utilizar este combustible radica en el costo mensual que se tiene en la planta, ya que el precio de Diesel es de 500 pesos litro y de acuerdo al consumo mensual de combustible, que es de 14,000 litros, se tiene un gasto de 7 millones de pesos, trabajando 60 hrs. a la semana y además considerando que se mantiene estable el precio del Diesel.

Como un intento por reducir estos costos, se está pensando en la posibilidad de utilizar combustóleo en lugar de Diesel, ya que este resulta más económico. Cabe señalar sin --

embargo, que aparte del costo de los equipos que se requieren, es necesario considerar el incremento de sustancias contaminantes que este combustible puede provocar.

5.3.9 Calentamiento del agua del Sistema de Control de Contaminación Atmosférica.

Como se mencionó anteriormente, las partículas contenidas en los gases, producto de la combustión, son atrapadas en cortinas de agua para después ser separadas en tanques sedimentadores. Debido a que estos gases se encuentran a altas temperaturas, este calor es transmitido al agua provocando problemas operativos en los sedimentadores.

El problema se resuelve fácilmente haciendo pasar el agua por un serpentín hasta que se enfíe a temperatura cercana a la ambiente, como se puede observar en la Fig. 22, se cree que esto pueda disminuir la eficiencia de expulsión de los gases por la chimenea, aunque hasta el momento es la única alternativa viable.

Se ha considerado, sobre todo si se cambia a combustible, que el calor captado por esta agua puede ser utilizado en el precalentamiento del combustible, haciendo que el serpentín se encuentre inmerso en éste.

5.4 Costos de operación y mantenimiento.

La Planta Incineradora es operada desde que inició actividades en 1984, por la empresa I.D.D.E.C., S.A. de C.V. En la Tabla 11 se presenta un resumen de los costos de operación y mantenimiento para los años 1988 a 1990, conforme a información proporcionada por la empresa citada. Los costos de operación incluyen conceptos como gastos de combustible, control de plagas y -- sueldos del personal que labora en la planta. El desglose de es tos sueldos se muestra en la Tabla 12.

Los costos de mantenimiento se dividen en preventivos y correctivos y se refieren al mantenimiento de los equipos y a las correcciones que se realizan al sistema.

5.5 Costos de la planta.

El costo original de la planta en mayo de 1984, fue de \$62'440,900.00, de acuerdo con los conceptos que se presentan en la Tabla 13.

En la Tabla 14 se presenta el costo de la planta a pre cios de 1989. Como se puede observar este costo es de: ---
\$1,781'738,593.00.

TABLA 11

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

ANO	MANTENIMIENTO	OPERACION
1988	14'000,000	66'764,414 *
1989	29'300,000	162'916,474
1990	42'000,000	193'737,767

FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

- * EL COSTO DE OPERACION INCLUYE: SUELDOS DE PERSONAL, ASI COMO GASTOS QUE SE HAN REALIZADO PARA CONTROL DE PLAGAS.

TABLA 12

SUELDOS EROGADOS EN LA OPERACION DE LA
PLANTA INCINERADORA DE BASURA 1989.

PERSONAL	IMPORTE MENSUAL (\$)
1 SUPER INTENDENTE	918,000
2 OPERADORES	1'340,280
1 AUXILIAR DE MANTENIMIENTO	670,140
4 PEONES	1'744,200
2 VIGILANTES	872,100
2 VELADORES	1'071,000
1 VIGILANTE (DOMINGO)	166,770
3 JARDINEROS	1'308,150
T O T A L	8'090,640 /MES

FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

TABLA 13

COSTO DE LA PLANTA INCINERADORA DE BASURA
(1984)

C O N C E P T O		IMPORTE (\$)
I. EDIFICIOS		
1.0	ESTRUCTURAS	
1.1	TRABAJOS PRELIMINARES	161,200
1.2	CIMENTACION	6'772,300
1.3	SUPERESTRUCTURA	10'696,600
		17'630,100
2.0	ALBANILERIA	
2.1	ALBANILERIA GRUESA	1'651,000
2.2	ALBANILERIA ACABADOS	3'191,806
		4'842,800
3.0	INSTALACIONES	
3.1	HIDRAULICA Y SANITARIA	1'590,500
3.2	ELECTRICIDAD E INTERCOM.	1'208,300
3.3	EQUIPOS ESPECIALES	18'120,900
		20'919,700
4.0	COMPLEMENTOS	
4.1	VIDRIERIA Y MATERIALES LAMINADOS	53,500
4.2	CANCELERIA INTERIOR	190,700
4.3	HERRERIA	793,100
4.4	YESERIA Y PINTURA	1'781,600
4.5	VARIOS, FLETES	1'132,500
		3'951,400

TABLA 13/Hoja 2.

C O N C E P T O		IMPORTE (Ls)
5.0	GASTOS GENERALES	
5.1	VIGILANCIA	950,900
		950,900
11.	OBRAS EXTERIORES	
1.0	OBRA CIVIL Y JARDINES	
1.1	ESTACIONAMIENTOS	3'118,000
1.2	BANQUETAS Y PAVIMENTOS	3'118,000
1.3	REJAS Y BARDAS	2'041,900
1.4	JARDINERIA	2'480,000
		10'757,900
2.0	INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	
2.1	ACOMETIDA ELECTRICA	681,600
2.2	ILUMINACION EXTERIOR	242,600
2.3	ALIMENTACION DE AGUA	242,600
2.4	CONEXION DRENAJE	615,600
2.5	RIEGO DE JARDINES	1'305,700
2.6	CANALIZACION EXTERIOR TELEFONOS	300,000
		3'338,100
T O T A L:		\$ 62'440,900

FUENTE: IDDEC, S.A. DE C.V.

TABLA 14
COSTO DE LA PLANTA DE INCINERACION A PRECIOS DE
(1989)

C O N C E P T O		IMPORTE (\$)
I. EDIFICIOS		
1.0	ESTRUCTURAS	
	1.1 TRABAJOS PRELIMINARES	4'599,809.76
	1.2 CIMENTACION	193'246,226.00
	1.3 SUPERESTRUCTURA	305'225,341.70
		503'071,377.50
2.0	ALBANILERIA	
	2.1 ALBANILERIA GRUESA	47'110,954.80
	2.2 ALBANILERIA ACABADOS	91'077,545.85
		138'188,329.40
3.0	INSTALACIONES	
	3.1 HIDRAULICA Y SANITARIA	45'384,599.40
	3.2 ELECTRICIDAD E INTERCOM.	34'478,598.84
	3.3 EQUIPOS ESPECIALES	517'076,257.30
		596'939,455.60
4.0	COMPLEMENTOS	
	4.1 VIDRIERIA Y MATERIALES LAMINADOS	1'526,611.80
	4.2 CANCELERIA INTERIOR	5'441,586.36
	4.3 HERRERIA	22'630,949.88
	4.4 YESERIA Y PINTURA	50'837,599.68
	4.5 VARIOS, FLETES	32'315,661.00
		112'752,408.70

TABLA 14/Hoja 2.

C O N C E P T O		IMPORTE (\$)
5.0	GASTO GENERALES	
5.1	VIGILANCIA	27'133,741.32
		27'133,741.32
II.	OBRAS EXTERIORES	
1.0	OBRA CIVIL Y JARDINES	
1.1	ESTACIONAMIENTOS	88'971,506.40
1.2	BANQUETAS Y PAVIMENTOS	88'971,506.40
1.3	REJAS Y BARDAS	58'265,208.12
1.4	JARDINERIA	70'766,304.00
		306'974,524.90
2.0	INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	
2.1	ACOMETIDA ELECTRICA	19'449,319.65
2.2	ILUMINACION EXTERIOR	6'922,542.48
2.3	ALIMENTACION DE AGUA	6'922,542.48
2.4	CONEXION DRENAJE	17'566,022.88
2.5	RIEGO DE JARDINES	37'257,888.36
2.6	CANALIZACION EXTERIOR TELEFONOS	8'560,440.00
		95'252,015.88
T O T A L:		\$1,781'738,593.00

NOTA: ESTA TABLA SE ELABORO CON BASE EN LA TABLA 1, UTILIZANDO EL INDICE DE PRECIOS DEL BANCO DE MEXICO, S.A., PARA EL LAPSO 1984-1989.

5.6 Mantenimiento.

Al ser 1989 el sexto año de operación de la Planta Incineradora, es natural que las actividades de mantenimiento tan to preventivo, como correctivo, se vuelvan más intensas; siendo este año más críticas ya que existió la necesidad de dar mante- nimiento a la parte interior de los hornos, al haberse desgastado los tabiques refractarios de los dos incineradores.

A continuación se describen en forma general las principales actividades realizadas en cuanto a mantenimiento preventivo y correctivo en las dos unidades de la Planta Incineradora.

5.6.1 Mantenimiento Preventivo.

La rutina de mantenimiento preventivo a fin de mante- ner la eficiencia y alargar la vida útil de los equipos, consis- te fundamentalmente en las siguientes actividades:

- Chequeo diario de amperaje a cada uno de los motores en opera- ción.
- Inspección en los motores para detección de ruidos anormales o alza de temperatura.
- Lectura del nivel de combustible para registro de consumo y -- detección de consumos extraordinarios.

- Limpieza general de cada uno de los incineradores todos los lunes, antes de iniciar actividades.
- Extracción cada semana de la ceniza acumulada.
- Retiro y limpieza general cada 15 días de los equipos de combustión, chequeando cada una de sus partes.
- Revisión interior de los hornos cada 15 días, para detección de fisuras en los tabiques refractarios, procediéndose en el caso de ser necesario a su reparación.
- Revisión de la solidez de las parrillas para evitar vencimientos por el peso de la basura.
- Cambio de rodamientos, limpieza y barnizado del devanado de los motores de las bombas de recirculación de agua y de quemadores cada tres meses.
- Chequeo de presión de las bombas de combustible en forma trimestral.
- Ajuste o cambio de platinos al centrífugo.
- Pintura general de la planta anualmente.

5.6.2 Mantenimiento Correctivo.

A continuación se describen las actividades de mantenimiento correctivo más importante durante 1989.

Febrero: . Se realizó el cambio de los quemadores de mayor potencia a la parte inferior de los hornos a fin de lograr

una mayor eficiencia en la incineración y en el consumo de diesel.

Marzo: . Reconstrucción de la bóveda y el cuello del horno Núm. 1, ya que éste se empezaba a desgajar, revisándose las demás recámaras.

. Reparación de fisura en la tina de agua del mismo incinerador para evitar fugas.

. Reconstrucción de la tapa del horno Núm. 1, debido a que se había consumido el concreto refractario existiendo fugas, perdiéndose eficiencia.

. Lavado de quemadores, cambio de espreas, espínens y aplicación de pintura en quemadores.

Abril: . Reparación de fisuras de la bóveda del horno Núm. 2.

. Lavado de quemadores, ajuste de trenes de flama y aplicación de pintura.

Mayo: . Limpieza y ajuste de timers en tablero de control.

. Embobinado del motor de la bomba de recirculación de agua, ya que ésta se quemó. Se cambiaron rodamientos y sello del impulsor.

. Cambio de válvula solenoide de la cisterna de recirculación de agua de enfriamiento y reparación de corto circuito en el tablero.

Agosto: . Reparación improvisada de la parrilla del horno Núm. 1, debido a que ésta se deformó por las altas temperaturas alcanzadas.

Septiembre: Reconstrucción de la parrilla del horno Núm. 1.

Se colocaron 2 soportes de tubo negro cédula 40 de 4" - de diámetro, a una sección de la parrilla y otros 2 tramos de tubo del mismo calibre, empotrados en los muros y sellados con cemento refractario en otra sección de la parrilla. A esta última se le soldaron también 12 tramos de tubo negro cédula 40 de 2" de diámetro, para su conformación.

Noviembre: . Reconstrucción de dos áreas y un muro de la 1a. y 2a. - recámaras del horno Núm. 2, dado que se desgajaron parcialmente.

- . Cambio de la tapa superior del cuello del horno, al -- haberse consumido el concreto refractario.

Diciembre: Cambio de ~~Winchers~~ para abrir y cerrar las tapas de -- ambos hornos, ya que los anteriores ya no funcionaban -- correctamente.

5.7 Modificaciones importantes realizadas al mantenimiento preventivo.

A partir de 1987 se han estado haciendo modificaciones importantes a todo el equipo con el que cuenta la planta, con el fin de aumentar su eficiencia. Esto ha traído algunos beneficios que serán comentados más adelante.

Dentro de las modificaciones más importantes se encuentran las siguientes:

- a) Se cambiaron espreas a todos los quemadores a fin de mejorar -- la eficiencia de incineración.
- b) Se modificó el sistema para abrir las compuertas de carga de -- basura de hidráulico a manual, ya que la dilatación de las -- compuertas impedía su normal funcionamiento perdiéndose tiempo al esperar su enfriamiento.

- c) Se cambió la tubería de agua que alimenta a la cámara de atrape de cenizas, pasándose de cobre a acero inoxidable, ya que la ~~tubería fue~~ afectada en el segundo mes de operación por la -- abrasión de las cenizas y la acidez del agua.
- d) Se realizaron cambios en la línea de alimentación eléctrica de los arrancadores, ya que eran de baja capacidad. Asimismo, se fijó a tierra el tablero general para evitar cortos circuitos que sucedían con frecuencia en diversos motores.
- e) Se cambiaron 5 de las 8 celdas de control de temperatura de -- los quemadores, mismos que se han quemado por falta de una adecuada protección en el equipo.
- f) En el horno Núm. 2, se cambiaron los quemadores originales de la Cámara de Incineración, por unos de menor poder calorífico que se tomaron de la cámara de quema de gases (uno de cada incinerador) ahorrándose combustible y contándose con 2 quemadores de emergencia.
- g) Se modificó el ángulo de los quemadores lográndose una reduc--ción importante en el tiempo de incineración, con el consecuente ahorro de combustible.

- h) Se instalaron pirómetros a fin de tener un control adecuado de la temperatura y evitar riesgos de sobrecalentamiento.
- i) Se reparó el tiro de la chimenea del horno Núm. 1 que se encontraba cuarteado al inicio de la operación.
- j) Se modificó el sistema de enfriamiento del agua para atrape de cenizas, cambiando la ubicación del tanque de recirculación y dándole mayor distancia de recorrido al agua, ya que se manejaban temperaturas de 60° a 90° C, existiendo una fuerte corrosión.
- k) Se colocó malla de alambre a todo el frente de los incineradores, para evitar cualquier posible acceso de personas extrañas fuera de horas de trabajo sin la respectiva autorización.

5.8 Beneficios.

Las modificaciones descritas han traldo como consecuencia, notables beneficios para la operación de la planta, siendo las más importantes los siguientes:

- Reducción en el consumo de combustible, de un consumo promedio de 1,100 litros por día, a 750 litros por día, representando un ahorro de 30%.

- El acarreo de cenizas se redujo de un periodo de 2 viajes diarios durante los primeros 4 meses de operación, a sólo 3 viajes por semana.
- El tiempo de quema por carga se ha reducido de 60 minutos a 35-40 minutos para basura seca y con basura húmeda de 80 minutos a 60 minutos, mejorando la eficiencia en un 34% en promedio.

CAPITULO VI

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

- De acuerdo con lo examinado en el presente trabajo, la disposición de los desechos sólidos en el Distrito Federal, es cada vez más crítica, ya que su generación se incrementa continuamente - sin que las técnicas a utilizar sean las más adecuadas de acuerdo a la configuración geográfica de la ciudad.
- Las alternativas de disposición de desechos que se mencionaron en el Capítulo II, como son: Composteo, rellenos sanitarios, pirólisis, etc., podrían ser utilizados si se dispusiera de grandes áreas y de sitios específicos, ya que ello acarrea problemas como el de reserva ecológica y contaminación del manto acuífero. La pirólisis por su parte, es una alternativa más compleja, ya que requiere un control especial para su adecuado funcionamiento. Debido a esto y a la urbanización del Distrito Federal, se hace necesario llevar los desechos a lugares cada vez más alejados, incrementando el costo de transportación.
- Por otra parte, en la Ciudad de México no se han desarrollado alternativas diferentes a la de relleno sanitario, como plantas incineradoras, procesos pirolíticos y en especial sistemas para recuperar energía de los desechos sólidos, principalmente la conversión en electricidad.

- La Planta Incineradora ha presentado varios problemas operativos a lo largo de los 6 años de operación, debido principalmente a - que no se diseñó de acuerdo a estudios que permitieran decidir - el tipo de instalaciones adaptables a las características de generación de desechos sólidos de Ciudad Universitaria, sino en ba se a plantas incineradoras de Estados Unidos con especificaciones diferentes a las requeridas en México.
- Otro limitante es el bajo presupuesto que le es asignado anualmente a la planta para atender sus demandas, lo que origina que muchos problemas operativos no se puedan resolver de inmediato y tengan que posponerse indefinidamente.
- Además, la manera en que los desechos de Ciudad Universitaria se disponen para su posterior recolección, no es la más adecuada, - ya que las artesas y cestos, al estar al aire libre además del - mal aspecto y la proliferación de fauna nociva, contribuyen a -- que se eleven los consumos de combustible en la planta al llegar la basura mojada.
- La separación de desechos en la planta se realiza en forma manu al, por lo que se pierde bastante tiempo en esta actividad, ya que se retrasan las cargas al horno y se disminuye la eficiencia, al ser incinerados desechos que ocasionan daños en los hornos, - como plásticos o materiales que se incrustan en ellos.

- No se cuenta con equipo de control de contaminantes, ni con estudios que indiquen el tipo de ellos y en qué proporción son - descargados a la atmósfera.
- Los materiales utilizados en las parrillas de los hornos, sufren constantemente de deformaciones debido a las altas temperaturas ocasionando altos costos de mantenimiento.
- Existe un elevado consumo de combustible, principalmente en los meses de lluvia, debido a que la basura llega mojada, lo que influye en altos costos de operación.
- En general, los problemas operativos que se han presentado en la planta, están íntimamente relacionados con la falta de experiencia en el diseño, construcción y operación de estos procesos.

6.2 Recomendaciones.

De acuerdo a las conclusiones anteriores se proponen las siguientes recomendaciones:

- Debido a que la selección de subproductos en la planta de Ciudad Universitaria se realiza manualmente, es necesario que el proceso de incineración sea precedido de un sistema eficiente de sepa

ración de subproductos, ya que esto además de separar el material recuperable y permitir que la combustión se realice en forma adecuada, representa una recuperación parcial de los costos de disposición de los desechos, evitando los problemas que se derivan de la separación manual y que afectan directamente a los equipos, como la corrosión por ácido clorhídrico.

- Es conveniente que los futuros diseños de sistemas de incineración consideren desde el principio la utilización de gas L.P., por ser más barato que el diesel y producir menos impurezas que éste combustible.
- Sería recomendable cambiar el tipo de recolectores de residuos sólidos, de artesas de mampostería y cestos al aire libre a contenedores cerrados, para evitar que la basura llegue mojada a la planta en los meses de lluvia.
- El problema de contaminación ambiental es un factor decisivo en esta época, por lo que se hace necesario contar con equipo que facilite controlar la emisión de gases que son descargados a la atmósfera, así como con sistemas que permitan establecer el efecto ambiental del proceso en general.
- Es conveniente desarrollar aleaciones de materiales que resistan altas temperaturas aunque resulten caros, ya que es inadmi-

sible que en un sistema de incineración existan problemas operativos relacionados con este concepto.

- Es necesario que se utilice el calor contenido en los gases producto de la incineración de los desechos sólidos para ser recuperado mediante la conversión del vapor en electricidad, ya que esto representaría un beneficio económico para la U.N.A.M.
- Como se mencionó anteriormente, la falta de terreno, así como el costo de transportación en las grandes ciudades, crea la necesidad de utilizar técnicas de disposición de desechos de acuerdo a las necesidades propias del lugar, es por esto que el camino más viable para la solución de este problema es la incineración, aunque trae consigo problemas de contaminación atmosférica pero con el adecuado equipo de control de contaminantes se hace atractivo utilizar esta técnica.
- Futuros diseños deberán operar en forma más eficiente que el de Ciudad Universitaria, tomando en cuenta que tendrán que ser diseñados de acuerdo a las características propias del lugar.

BIBLIOGRAFIA

- *Incineration; Handbook of Solid Waste Disposal*
Hagerty Joseph; L. Pavori Joseph
Van Nostrand Reinhold Company, United States of America 1975
- *Incineration Systems*
R. Brunner Calven
Incinerant Consults 1984
- *Solid Wastes. Engineering Principles and Managament Issues*
George Tchobanoglous
McGraw-Hill 1977
- *Enviromental Engineering*
Howard S. Peavy; Donald R. Rowe; George Tchobanoglous
McGraw-Hill 1988
- *Refuse Recycling and Recovery*
John Holmes
American Public Works Association, Institute of Solid Wastes 1970
- *Evaluación Operativa de la Planta Incineradora de Ciudad Universitaria; Tesis Profesional*
Sergio Ortega Pescina, Ramón Jiménez Peña
U.N.A.M 1985
- *Ejemplo y Caso Práctico de la Planta Incineradora de Desechos Sólidos instalada en la U.N.A.M.*
Félix Fernando Mercado
Primer Congreso Nacional Iberoamericano de Ingeniería Municipal
Guadalajara, Jal.; Noviembre 1984

- Revista Ingeniería Civil, Órgano Oficial del
Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.
Febrero 1989