



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

**METODOS DE RECICLADO PARA DESECHOS
DE MATERIALES PLASTICOS**

TRABAJO MONOGRAFICO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

JORGE ESQUIVEL QUIROZ

MEXICO, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

I N D I C E

I N T R O D U C C I O N G E N E R A L I D A D E S

PAGINA

CAPITULO I

CLASIFICACION DE POLIMEROS PLASTICOS (F A M I L I A S) 1

- I-1.- Generalidades.
- I-2.- Definición de Plástico.
- I-3.- Clasificación

CAPITULO II

CONTAMINACION AMBIENTAL A TRAVES DE LOS PLASTICOS Y NECESIDAD DE DISMINUIRLA O EVITARLA. 8

- II-1.- Contaminación Ambiental.
- II-2.- Definición de Contaminación.
- II-3.- Definición de Contaminante.
- II-4.- Definición de Control.
- II-5.- Definición de Ecosistema.
- II-6.- Definición de Mejoramiento.
- II-7.- Definición de Restauración.
- II-8.- Definición de Prevención.
- II-9.- Contaminación Ambiental por Plásticos y Control de la misma.

CAPITULO III

ORIGEN DE LOS DESECHOS DE ACUERDO A LA CLASIFICACION Y DISPONIBILIDAD DE LOS MISMOS. 17

- III-1.- Aspectos que regulan el tratamiento de Desechos y la facilidad de disponerlos.
- III-2.- Manejo de Desechos Sólidos desde el punto de vista químico y desde el punto de vista físico.
- III-3.- Control desde el punto de vista de Ingeniería Sanitaria y Civil.

- III-4.- Necesidad de el manejo de los Desechos Sólidos.
- III-5.- Disponibilidad de Plásticos Provenientes de la Basura Urbana e Industrial.
- III-6.- Tiraderos a Cielo Abierto.
- III-7.- Pepena.

CAPITULO IV

METODOS DE RECICLADO PARA TERMOFIJOS

METODOS DE RECICLADO PARA TERMOPLASTICOS.

43

- IV-1.- Generalidades.
- IV-2.- Limpieza.
- IV-3.- Caracterización.
- IV-4.- Recuperación (Separación).
 - 4a) Clasificación por Aire.
 - 4b) Separación en Medio Acuoso.
 - 4c) Método de separación Electroestático.
- IV-5.- Recuperación de Desechos Plásticos.
 - 5a) Centro de Reciclado.
 - 5b) Planta Piloto.
- IV-6.- Desechos de Alambre Eléctrico con Aislamiento.
- IV-7.- Recuperación del Valor de los Desechos Postconsumidos.
- IV-8.- Pirólisis.
- IV-9.- Incineración.
- IV-10- Reuso de los Plásticos Provenientes de la Basura Municipal.
 - 10a) Reprocesamiento Mecánico de Mezclas de Plásticos
 - 10b) Modificaciones Químicas en Mezclas de Desechos Plásticos.
- IV-11- Reciclado de Desechos Plásticos. (PE, PP, PS, PVC).
- IV-12- Refabricación.
 - 12a) Moldeo por compresión.
 - 12b) Moldeo por inyección.
 - 12c) Moldeo por extrusión.
 - 12d) Plexiglas.
 - 12e) Emulsiones Acrílicas.
 - 12f) Resinas de Intercambio Iónico.
 - 12g) Polietileno y Polipropileno.
 - 12h) Poliestireno y Copolímeros.
 - 12i) Poliester

- IV-13.- Relleno Sanitario
 - 13a) Justificación del uso de Tecnologías Apropriadas.
 - 13b) Factibilidad Económica.
 - 13c) Factibilidad Técnica y Administrativa.
 - 13d) Operación de Rellenos Sanitarios Manuales.
 - 13e) Organización de Cooperativas.
- IV-14.- Compost.
 - 14a) Definición.
 - 14b) Clasificación.
 - 14c) Proceso.
 - 14d) Usos del Producto.
- IV-15.- Problemas en el Reciclado de Plásticos.
 - 15a) Problemas Químicos.
 - 15b) Procesamiento de Polímeros como una Operación Química.
 - 15c) Algunas posibles Soluciones.
- IV-16.- Aceptabilidad Ecológica de Plásticos.
- IV-17.- Aspectos Técnicos en el Reciclado de Desechos Plásticos.
- IV-18.- Problemática Nacional.
- IV-19.- Alternativas de Solución.

C O N C L U S I O N E S

243

A P E N D I C E

B I B L I O G R A F I A

I N T R O D U C C I O N

Una de las principales fuentes modernas de contaminación, lo constituyen los desechos sólidos, dentro de los cuales los plásticos representan un porcentaje considerable, que se ha incrementado con el desarrollo de nuevas aplicaciones de los mismos; la mayoría de éste tipo de materiales no son biodegradables, por lo que se han utilizado diferentes métodos para su aprovechamiento.

Cabe mencionar que éste trabajo es una recopilación de las diferentes técnicas empleadas a nivel laboratorio y a nivel planta para el reciclado de desechos de materiales termoplásticos y termofijos, provenientes de la basura urbana, así como de la basura industrial, conjuntamente con la necesidad de tratar dichos desperdicios para disminuir o evitar la contaminación ambiental a través de los mismos, recuperando su valor energético y haciendo posible su reutilización en función de las características y condiciones en que éstos desechos se encuentren en el momento de ser recuperados.

El objetivo principal de este trabajo es el de describir los métodos que hasta en la actualidad se han desarrollado para el reciclado de desechos de materiales plásticos, señalando las características más importantes de cada uno de ellos, de tal modo que se ha querido conjuntar la información que en un momento dado se encuentra dispersa, tanto en libros de tratamiento de desechos sólidos, así como en revistas especializadas.

Se hace notar que no se trata de ninguna manera de una revisión exhaustiva sobre el tema, pero sí es una fuente de información sobre el mismo, proporcionando a la vez bibliografía que puede ser consultada en los temas de interés.

Finalmente, se pretende que éste trabajo sea de utilidad para todas aquellas personas relacionadas con el tema en alguna forma; así como para todos aquellos que deseen interesarse en el mismo.

GENERALIDADES

Debido a que los plásticos substituyen otros materiales , tarde o temprano una gran proporción de éstos materiales pasan a formar parte de los desechos sólidos siendo comprensible por tanto, que si no se establecen métodos adecuados de reciclado o reutilización de los desechos plásticos y éstos se continúan ubicando en tiraderos a cielo abierto, de donde son dispersados por el viento de tal forma que el medio se esté saturando de materiales no biodegradables y no descomponiéndose fácilmente por la acción de los agentes del medio, consécuentemente resulta difícil entender cómo podríamos vivir en un ambiente contaminado,, y los problemas que tendríamos si no se toman las medidas necesarias para no obligar al medio ambiente a enfrentarse drásticamente a elementos nocivos como los mencionados desechos plásticos, además detergentes, elementos radiactivos, insecticidas, etc.

El gran volumen de desechos plásticos que se generan, contiene esencialmente termoplásticos y pueden ser ablandados por el calor rápidamente; sólo una pequeña parte de los plásticos - usados para empaque son resistentes al calor, como los de fenol urea que pueden ser moldeados una sola vez y no pueden ser ablandados posteriormente con la aplicación de calor.

Esto nos conduce a una forma de reutilización que se verá más adelante.

En la actualidad la falta de energía y de materia prima ha llegado a ser la regla sin excepción. Esta falta ha causado una reevaluación de la actitud hacia los materiales de desecho - en general y hacia la basura municipal en particular.

La basura municipal es ahora considerada no como una pe

sada incomodidad, sino también como una fuente potencial de mucho valor.

Cuando se discute sobre los plásticos provenientes de la basura, tiene uno que recordar el origen de dichos materiales. La mayoría de las materias primas para plásticos provienen del petróleo. " Al rededor del 5% del petróleo extraído cada año se destina a usos petroquímicos. El 1% se emplea en plásticos".

Hemos mencionado que la mayoría de los plásticos contenidos en la basura son termoplásticos, y como tales son potencialmente reprocesables; su reuso es de interés pequeñamente comercial debido a que la principal razón que los limita es el alto costo de la tecnología para el reciclado de plásticos así como el poco mercado para materiales recuperados.

El gran interés en el reciclado de plásticos fue causado por la falta de resinas en 1974, sin embargo dos años más tarde existía un excedente de resinas, que provocó nuevamente desinterés en el reciclado de plásticos.

En 1976, la producción de plásticos excedió a 26 mil millones de libras. Este hecho sucedió debido a las características de buen costo y buena apariencia. El consumo y producción de plásticos aumentó, teniendo como consecuencia un incremento en el porcentaje de la basura municipal.

El porcentaje de desperdicio plástico en la basura municipal depende del área en la cual se realiza el muestreo y también de la época del año. En muchos países industrializados la cantidad de plásticos en la basura municipal es de un promedio de el 2%. En Japón éste porcentaje es mucho más alto (7%) para el año de 1970. En Estados Unidos de Norte América, la tasa de crecimiento en la producción de desperdicios plásticos para el año de 1980 fue de 3%.

En 1976 el empaque de productos constituyó aproximadamente el 60% de la basura plástica municipal. Así mismo el incremento de dichos empaques en la basura fue de 2.5 veces en 1980.

Las poliolefinas constituyen la mayor proporción de los plásticos junto con los poliésteres en el área dispuesta, seguidos por el PVC y los plásticos termofijos, éstos últimos en menor proporción. ¹

Normalmente en los basureros públicos se acumulan los plásticos junto con la demás basura tal como papel, cartón, tela, vidrio, metales, etc.; pero los plásticos no se descomponen como otros desperdicios, debido a sus propiedades físicas y químicas.

Aunque se han hecho experimentos para compactar los desperdicios plásticos y formar láminas que se utilizan como plafones, otros experimentos en la dirección de la incineración de los plásticos en lecho fluidizado con lavado de gases, no se han podido implementar económicamente procesos a escala industrial, creándose una gran acumulación a través de los años.

Como consecuencia de lo anterior, debemos considerar al desarrollar nuevos productos plásticos los problemas de manejo de desechos una vez que éstos hayan sido utilizados, junto con los efectos que puedan tener en el medio ambiente, así como los factores de durabilidad, interés del consumidor y economía, además para los ya existentes desarrollar técnicas para su recuperación posterior a su uso, reutilización y disposición final.

C A P I T U L O I

CLASIFICACION DE POLIMEROS PLASTICOS (F A M I L I A S)

CLASIFICACION DE POLIMEROS PLASTICOS

(F A M I L I A S)

I-1.- GENERALIDADES.

Los plásticos tienen como característica común la de hallarse constituidos por macromoléculas que resultan de la unión (polimerización) de numerosos grupos de átomos todos ellos iguales, que repiten la misma fórmula o unidad elemental del cuerpo de donde provienen (a ésta última se le da el nombre de monómero), hasta formar una unidad mayor de eslabones de moléculas que pueden ser moldeadas por acción del calor, la presión y la catálisis, en múltiples formas funcionales.

Los plásticos comerciales no continen solamente al polímero, sino también algunas otras sustancias como: aditivos, colorantes, plastificantes, etcetera.

I-2.- DEFINICION DE PLASTICO.

Los plásticos son materiales sintéticos. Una definición de los mismos es la siguiente:

" Son polímeros orgánicos moldeables, en múltiples formas funcionales por efecto del calor, la presión, y la catálisis."

La clave de ésta definición es el concepto de polimerización, o sea el proceso por el cual moléculas de una o más sustancias se eslabonan repetidamente entre sí, para obtener macromoléculas bajo la forma de largas cadenas termoplásticas o en amplias redes espaciales termofijas.

Otra definición aceptada es:

" Materia total o parcialmente compuesta de combinaciones de carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y otros elementos orgánicos e inorgánicos y que aunque sólida en su estado final, - se hace líquida en alguna fase de su fabricación y por consiguiente, puede recibir diversas formas, casi siempre mediante la aplicación separada o conjunta de calor y presión". (The Society - of the Plastics Industry Inc. New York).

COMPOSICION: Los compuestos plásticos comerciales generalmente están formados por los siguientes elementos.

- 1.- Monómero: Es la unidad básica a polimerizar.
- 2.- Aglomerante: Permite que el compuesto se mantenga siempre unido.
- 3.- Colorante: Puede prescindirse de él en el caso de compuestos transparentes. En otros da color al compuesto.
- 4.- Acelerador e Inhibidor : Se usa con los termofijos prácticamente para incrementar o hacer decrecer - el tiempo de curado. Controla la velocidad de reacción.
- 5.- Plastificante: Determina las características de flujo o viscosidad .
- 6.- Lubricante: Previene que se pegue o adhiera el material a la maquinaria y a los moldes; decrece la viscosidad del material haciéndolo más fluido. Algunos no requieren de lubricante.

Los materiales plásticos poseen muchas características de-

seables, entre las cuales se encuentra: Resistencia a la interperie, resistencia química, resistencia a la corrosión, resistencia a la abrasión, facilidad de acabado, amplia variedad de colores y buena configuración, además muchos de ellos ofrecen un buen aislamiento al calor, una gran variedad de durezas y flexibilidades, buenas propiedades acústicas, transparencia y buena capacidad de combinación con otros elementos.

A pesar de la extensa variedad de plásticos, los podemos dividir en dos grupos fundamentales: los termoplásticos y los termofijos.

I-3.- CLASIFICACION

Como se dijo anteriormente los plásticos se clasifican en dos grandes grupos o familias:

Termoplásticos: Son aquellos materiales plásticos que reblandecen con la aplicación del calor y se endurecen al enfriarse. Esto se cumple siempre, sin importar cuántas veces se repita la operación. Así, por calentamiento y enfriamiento alternados, éstos pueden ser cambiados de forma muchas veces.

Al estar calientes son perfectamente moldeables y se vuelven rígidos al enfriarse. Los termoplásticos en comportamiento se parecen a la cera, ya que reblandecen en cualquier momento bien ya sea durante su moldeo para darles forma o después del mismo, mediante temperaturas más o menos altas, siendo solubles en ciertos disolventes orgánicos que disgregan su estructura macromolecular en forma de cadenas libres; son pues ablandados por el calor, solubles en sus monómeros líquidos, o bien en disolventes altamente polares como la acetona y el tetrahidrofurano (THF).

Son totalmente combustibles con excepción de los polietenos halogenados.

Termofijos.- Son aquellos materiales plásticos que una vez endurecidos por el calor no es posible reblandecerlos por la aplicación posterior del mismo, ni tampoco cambiándoles la estructura intramolecular de redes con ningún disolvente conocido; resultan entonces infusibles, insolubles, incombustibles (primero carbonizan antes que arder) e imputrescibles. También se les llama termoendurecibles, termofraguantes, y termoestables.

Los típicos termofijos son los fenólicos, los de urea - formaldehído y las resinas epóxicas, junto con los de melamina formaldehído.

A continuación se presentan los principales miembros de la familia de los termoplásticos, así como los de la familia de los termofijos.²

FAMILIA DE LOS TERMOPLASTICOS

Los principales miembros de ésta familia son;

- 1.- HOMOPOLIMEROS ACETALICOS
- 2.- COPOLIMEROS ACETALICOS
- 3.- ACRILICOS
- 4.- CELULOSICOS
- 5.- CLORURO DE POLIVINILO
- 6.- ACRILONITRILO-BUTADIENO-ESTIRENO
- 7.- ABS-PVC
- 8.- ABS-POLICARBONATOS
- 9.- ACRILATO-ESTIRENO-ACRILONITRILO (ASA)
- 10.- ACETATO DE CELULOSA
- 11.- BUTIRACETATO DE CELULOSA
- 12.- ETILEN-VINIL-ACETATO (EVA)
- 13.- PROPILENO-ETILENO-FLUORADO (FEP)
- 14.- METACRILATO-BUTADIENO-ESTIRENO (MBS)
- 15.- POLIAMIDAS (NYLON)
- 16.- POLIAMIDAS TRANSPARENTES
- 17.- POLIBUTADIENO
- 18.- POLIBUTENO
- 19.- POLICARBONATOS
- 20.- POLIETILENOS
- 21.- PROPILENO
- 22.- POLIESTIRENO
- 23.- POLISULFONAS
- 24.- OXIDO DE POLIFENILENO (PPO)
- 25.- FLUORURO DE POLIVINILIDENO
- 26.- ESTIRENO ACRILONITRILO (SAN)

FAMILIA DE LOS TERMOFIJOS

Los principales miembros de ésta familia son;

- 1.- ALQUIDALICOS
- 2.- UREA-FORMALDEHIDO
- 3.- MELAMINA - FORMALDEHIDO
- 4.- FTALATO DE DIALILO (DAP)
- 5.- EPOXICOS
- 6.- FENOLICOS
- 7.- POLIESTERES
- 8.- SILICONES

C A P I T U L O I I

CONTAMINACION AMBIENTAL A TRAVES DE LOS PLASTICOS Y NECESIDAD DE DISMINUIRLA O EVITARLA

CONTAMINACION AMBIENTAL A TRAVES DE LOS PLASTICOS
Y NECESIDAD DE DISMINUIRLA O EVITARLA

II-1.- CONTAMINACION AMBIENTAL: (Generalidades).

En la tierra existen una gran diversidad de paisajes: selvas, regiones herbosas, desiertos, bosques espesos y comarcas cubiertas de hielo. En éste caso comprendemos que cada uno de esos paisajes es el resultado de una diferencia de ambientes , determinados en cada caso por el clima, el suelo, y la hidrología.

Entre éstos ambientes y los seres vivos que los habitan existe una continua interacción, durante la cual la materia pasa del medio a los seres vivos, los cuales la transforman químicamente hasta que las sustancias retornan al medio después de transitar de un ser a otro, a través de las cadenas alimenticias.

Los diversos ambientes donde se desarrollan comunidades de seres vivos, después de mucho tiempo, pueden llegar en condiciones naturales a adquirir equilibrio dinámico cuando se estabilizan las cadenas y tramas alimenticias, de manera que la población de seres vivos mantiene un número casi constante de individuos que aumentan o disminuyen temporalmente, de acuerdo con los cambios correspondientes a las estaciones del año.

Un ecosistema equilibrado es autosuficiente; por tanto no es necesario suministrarle artificialmente materiales o sustancias ajenas a él.

Sin embargo, en no pocos casos, el hombre altera el equilibrio natural de los ecosistemas cuando tala bosques, abre carreteras, construye ciudades o contamina el ambiente al arrojar de

sechos tóxicos, así como sustancias diversas que envenenan el ambiente y poblaciones enteras de seres cuya acción en los ecosistemas es necesaria para mantener el equilibrio natural.

En la misma forma utiliza, por ejemplo, plaguicidas que afectan no sólo a seres que el hombre considera perjudiciales, sino también en mucha parte a especies cuya merma o desaparición rompe el equilibrio de los ecosistemas.

La gravedad de la contaminación reside en toda la tierra a partir de fuentes de contaminación bien localizadas. La diseminación de la contaminación se produce actualmente en unas condiciones que la humanidad entera es solidaria y víctima de la posición de cada uno de sus miembros.

La contaminación de los mares no es originada únicamente por los productos vertidos a estos de desechos de fábricas y resíduos del petróleo, sino también a la contaminación de los ríos que absorben productos contaminantes a lo largo de los territorios que atraviesan.

En el terreno de la contaminación ciertas zonas no sólo es tán muertas, sino que además son tóxicas. El hombre no sólo ha conseguido hacer desaparecer la vida sino que también ha convertido en inhabitables y tóxicos un gran número de medios o de seres vivos. Es lo que sucede con respecto a muchos peces, crustáceos y moluscos.

En el mar se han convertido regiones de vida animal y vegetal, en zonas de alta contaminación debido a los desechos que allí se depositan, tales como:

- Los productos provenientes de petroleras.
- Los residuos domésticos de poblaciones ribereñas.
- Los residuos industriales vertidos por las fábricas ubi-

cadras en la zona litoral.

- Todos los residuos arrastrados por el agua de los ríos.

Consecuentemente, después de visualizar en forma general la contaminación del medio ambiente, para su mayor comprensión es necesario tener bien claros los siguientes conceptos:

II-2.- CONTAMINACION

La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos que perjudique o resulte nocivo a la vida, la salud y el bienestar humano, a la flora y la fauna o degraden la calidad del aire, del agua, del suelo o de los bienes y recursos en general.

II-3.- CONTAMINANTE

Toda materia o substancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, aguas, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición, o afecten la salud humana.

II-4.- CONTROL

La vigilancia, inspección y aplicación de medidas para la conservación del ambiente o para reducir y, en su caso, evitar la contaminación del mismo.

II-5.- ECOSISTEMA

La unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y sobre el medio ambiente en un espacio determinado.

II-6.- MEJORAMIENTO

El acrecentamiento de la calidad del ambiente.

II-7.- RESTAURACION

Conjunto de medidas y actividades tendientes a la modificación renovadora de aquéllas partes del ambiente en las cuales se manifieste un grado de deterioro tal que represente un peligro para la conservación de los ecosistemas

II-8.- PREVENCIÓN

La disposición anticipada de medidas para evitar daños al ambiente.

II-9.- CONTAMINACION AMBIENTAL POR PLASTICOS Y CONTROL DE LA MISMA.

La palabra contaminar se refiere a ensuciar, manchar, infectar, viciar, contagiar, infiltrar; de manera que cuando decimos contaminación ambiental nos referimos a los medios extraños que se infiltran en el medio ambiente, causando mal olor o ensuciándolo.

Los elementos ambientales que encontramos contaminados por diferentes causas son el suelo, el agua y la atmósfera. En lo que se refiere a la contaminación por los plásticos, ésta es causada directamente en los suelos; por tal hecho se hace énfasis

CONTAMINACION DEL SUELO.- El suelo se contamina con los productos que emanan de las actividades del hombre: desechos sólidos, líquidos y gaseosos de origen diverso.

A la emisión de desechos sólidos se aplica el término común de basura y consiste en un material heterogéneo formado por residuos putrefactos, derivados de las actividades diarias en las comunidades, incluyendo los desechos que se barren en las calles y restos procedentes de los hogares, mercados, hospitales y demás centros públicos, cuya composición es múltiple y varía de acuerdo a las costumbres, hábitos de la población y época del año.

La cantidad y la composición de la basura cambian con el transcurso del tiempo y con la educación de los pueblos.

El aprovechamiento de algunos residuos, que son procesados para recuperarse de ellos fertilizantes, contribuye al mejoramiento del nivel de vida y proporciona más comodidad y limpieza a los habitantes.

La naturaleza de la basura es muy diversa; por lo general procede de polvos, cenizas, materiales putrefactos, restos de vegetales y animales; papel, metales, textiles, vidrios, plásticos, hule, trapo y otros materiales no clasificados.

La concentración de desechos sólidos depositados en grandes cantidades por el incremento demográfico en áreas reducidas, ha causado el deterioro lento e irreversible del suelo.

Los residuos depositados en el suelo se convierten en focos de contaminación, infección o madriguera de organismos perjudiciales a la salud. El exceso de basura y la imposibilidad de su procesamiento hace menos que imposible la vida de los habitantes.

En las zonas destinadas a recibir los desechos sólidos y los residuos no eliminados, éstos representan un grave problema para la salud pública. El desalojamiento de los productos contaminantes debe lograrse a través de dispositivos y medios adecuados, descargando aquellos en un solo elemento ambiental; agua o suelo. Para determinar cuál de los elementos puede recibirlos con la menor posibilidad de que causen daño, debe conocerse el efecto total de los residuos desechados sobre el medio, ya que algunos subsisten permanentemente y otros se destruyen con lentitud a través del tiempo. Es necesario conocer tanto la calidad como el origen de los desechos sólidos o partículas que contaminan el suelo a fin de establecer mecanismos de prevención y de control. Una observación general de los desechos sólidos nos conduce a clasificarlos en:

- ↳ Desechos orgánicos fermentables.
- Desechos orgánicos no fermentables.

Los primeros son aquellos que se descomponen fácilmente; por ejemplo, los desperdicios de frutas, verduras y todos los residuos de alimentos.

Los no fermentables son aquellos que se resisten a la descomposición o desintegración lenta, como los plásticos, el papel, huesos, láminas, metales, etc.

Todos los desechos que se disponen en tiraderos de basura generan efectos perjudiciales, desde la emisión de líquidos repugnantes, gases, malos olores, y hasta inflamación o combustión espontánea por acción del sol. A esto se suma la dispersión de fragmentos de papel, de materiales plásticos, polvos y otros residuos que son arrastrados por el viento llevando consigo gérmenes de infección y contaminantes.

Se ha demostrado que las áreas destinadas a tiraderos de basura, son verdaderos focos de contaminación biológica, debido a que resultan lugares propicios para el desarrollo de moscas, roedores, parásitos y otros organismos propagadores de enfermedades, que perjudican gravemente la salud de los habitantes del lugar.

La destrucción de las áreas verdes en las ciudades y la deforestación en el campo, son otras formas de contaminación ambiental que deterioran los suelos; la tala immoderada y desordenada de comunidades vegetales, conduce a la erosión del suelo, al aumento de dióxido de carbono y a la disminución de oxígeno.

La contaminación ambiental es un producto de la sociedad industrial del siglo XX que afecta la ecología produciendo un desequilibrio en el medio ambiente y que redundará en perjuicio de las especies que lo habitan. El hombre es la fuente principal de esta contaminación y ha tratado de evitarla por distintos medios.

El uso o degradación de desechos plásticos se ha estudiado poco a nivel mundial, ya que en su inicio el empleo de plástico era muy reducido; se utilizaba como relleno junto con otro tipo de materiales, pero a medida que se incrementó su uso como consecuencia de la diversificación en sus aplicaciones, los problemas de contaminación también se incrementaron obligando a los países a desarrollar procesos para su aprovechamiento.

En la actualidad, el empleo de los plásticos en sus múltiples formas y aplicaciones es un proceso ascendente. Cuando estos materiales han sido utilizados se desechan y entonces pasan a formar parte de los desechos sólidos; éstos son depositados en tiraderos a cielo abierto, y en dichos lugares los plásti-

cos de película, que son los que tienen mayor auge en la actualidad, tienden a permanecer en la superficie de los promontorios de basura y es donde se inician prácticamente los problemas que originan dichos materiales, ya que el viento los dispersa en todas direcciones, y dado que son materiales en cuya estructura no son atacados ni por bacterias, ni por los agentes del medio como la luz, ni el calor, ni la humedad, etc., permanecen en su estado original por mucho tiempo; consecuentemente el medio se está llenando de éstos materiales que no aportan ningún beneficio y sí muchos problemas: originan taponamientos en conductos de aguas y alcantarillas, producen una mala filtración del agua en terrenos agrícolas, producen un aspecto desagradable y sucio en los sitios donde permanecen, impiden que los promontorios de basura se irrigen adecuadamente, originando una descomposición lenta y, por consiguiente, un aumento constante de basura. ⁴

Puede parecer, en principio que los problemas actuales originados por los desechos plásticos no son de tomarse en consideración. Sin embargo, hay que permanecer advertidos, ya que la producción de plásticos continúa en aumento, y por consiguiente la de desechos plásticos; y resulta difícil, por tanto, prever como podremos vivir en un ambiente limpio, ya que cada día se está llenando de materiales que lo degradan alterando su configuración, debido a que dichos desechos no sufren descomposición.

Lo anterior representa un grave y creciente problema y debemos como responsables del mismo, buscar medios adecuados para contra-restar sus efectos y mejor aún, sus causas, analizando técnicas de recolección y disposición que se han desarrollado hasta la fecha, y la posibilidad de aplicarse en nuestro país.

Los elementos residuales de las diversas etapas de transformación deben reaprovecharse cuantas veces sea posible, a fin de que en lugar de perjudicar, beneficien al hombre.

Algunas plantas industriales y hangares primitivos carecen de instalaciones apropiadas para depositar o tratar desechos, sus propietarios se han preocupado por el diseño de su edificio o por la función a que éste se destina, de tal manera que los residuos son arrojados a la atmósfera, a los drenajes o se amontonan en la superficie de la tierra provocando la contaminación de plantas, animales y personas que habitan los alrededores.

Sin embargo, muchos de ellos se sujetan a las disposiciones legales establecidas para no causar daño a la población.

Es importante modificar radicalmente esa actitud del hombre primitivo y educar a todos los habitantes para que comprendan los problemas y apliquen las medidas necesarias contra los efectos nocivos de la contaminación del suelo.

El hombre civilizado debe evitar fundamentalmente la contaminación de la tierra al considerar que para el mejor manejo de la agricultura y obtener óptimos productos, la aplicación de los fertilizantes debe ser en las mejores condiciones.

C A P I T U L O I I I

ORIGEN DE LOS DESECHOS DE ACUERDO A LA CLASIFICACION Y DISPONIBILIDAD DE LOS MISMOS.

ORIGEN DE LOS DESECHOS DE ACUERDO A LA CLASIFICACION
Y DISPONIBILIDAD DE LOS MISMOS.

III-1.- ASPECTOS QUE REGULAN EL TRATAMIENTO DE DESECHOS Y LA
FACILIDAD DE DISPONERLOS.

Para poder adentrarnos al análisis del problema de disponibilidad y origen de los desechos sólidos, es necesario primeramente hacer un desglosamiento de los aspectos que regulan el tratamiento de desperdicios sólidos, de los cuáles muchos de ellos resultan peligrosos como ya se vió anteriormente y que dañan al ecosistema en que vivimos, así como la facilidad de disponerlos.

De hecho, el manejo y disponibilidad de desechos sólidos están regulados por una entidad gubernamental, bajo la autoridad de la legislación con respecto al manejo de desperdicios sólidos peligrosos, y no solamente éste tipo de desperdicios sino también cualquier tipo de desecho.

Dicho manejo no resulta fácil, ya que deberán tomarse en cuenta los factores que influyen en ésta decisión, como son los factores o aspectos socio-políticos, económicos y jurisdiccionales que toman parte en tal reglamentación.

a) ASPECTOS SOCIO-POLITICOS:

Cuando se habla de el manejo de desperdicios sólidos y de la facilidad de disponerlos, la reacción del público que es casi universal, es la siguiente: "No deposites tu basura en mi propiedad". Conjuntamente a la mentalidad de la sociedad, y prescindiendo de los aspectos técnicos que éste problema involucra, está aunada a dicha situación la ideología política que

se vive en el momento. Esto se nota claramente en un país como el nuestro, donde las decisiones políticas están en primer orden, preocupándose de muchos aspectos de orden prioritario y en muchos otros de orden particular, y muy escasamente atienden la problemática de la comunidad, específicamente en éste tema.

Y lo que resulta todavía más grave es que cuando se llega a tomar en cuenta el problema, la reacción de la gente es por lo general estridente y negativa.

Claramente la reacción adversa de los ciudadanos hacia el manejo y disposición de los desechos sólidos, llega a ser más prevalescente, si no existe una buena reglamentación y legislación gubernamental. Las leyes no pueden ser implementadas si hay insuficiencia en el manejo de decisiones para el tratamiento de los desechos y su disponibilidad.

Balanceando nuevamente ésta presión, el público está en su derecho de participar en las decisiones de reglamentación.

En un programa de manejo y disponibilidad de desperdicios, deberá incluirse obviamente las necesidades que el público tiene; se deberán saber las dimensiones del problema y cuáles son las posibles soluciones para tal propósito. Las necesidades de el público deberán tomarse en cuenta para también poder establecer medidas de precaución en dicho asunto. Deberán realizarse evaluaciones de costos y economía contra los beneficios que se podrán alcanzar. Es importante introducir en el programa un plan de educación y formación urbana para el público. Si el público toma conciencia y sus consideraciones son más objetivas, podrá tomar decisiones más fructíferas para la sociedad, que tanto las necesita.

b) ASPECTOS ECONÓMICOS:

Obviamente hay una fuerte interacción entre los aspectos económicos y los aspectos socio-políticos, para el manejo de los desechos sólidos.

Si los aspectos socio-económicos tienen un fuerte impacto en la problemática de el manejo y disponibilidad de los desechos, con mayor razón lo tienen los de carácter económico, ya que es bien sabido por todos que si no existe un financiamiento suficiente para cualquier proyecto, éste es imposible que se realice.

A partir de una perspectiva reglamentaria, existen aspectos económicos que se deben solucionar. Esto tiene como resultado el inicio de un problema de control en la evaluación del manejo y disposición de los desechos.

Si una agencia gubernamental tiene poder reglamentario, pero no existen facilidades en su jurisdicción, es muy difícil hacer cumplir la reglamentación.

Como consecuencia de lo anterior, esto nos sugiere que dicha dependencia deberá tomar la decisión de proporcionar incentivos fiscales con el fin de proporcionar trayectorias aceptables para el tratamiento de los desechos. Tales incentivos incluyen concesiones, préstamos, créditos e impuestos preferenciales.

Otra alternativa es establecer un financiamiento cuasigubernamental, soportado por inversión privada. Un aspecto importante en el financiamiento privado para el manejo de los desechos, es la responsabilidad fiscal de el propietario.

Los procesos realizados por empresarios privados también deberán realizarse con buena factibilidad y con buen costo, atendiendo también las necesidades de la población en lo que se re-

fiere al manejo y disponibilidad de desechos sólidos.

c) ASPECTOS INSTITUCIONAL Y JURISDICCIONAL

Así como existe una interacción entre los aspectos económicos y los aspectos socio-políticos, también la existe entre los aspectos institucional y jurisdiccional para el tratamiento, manejo y disposición de los desechos sólidos.

Las cuestiones básicas de los aspectos institucional y jurisdiccional para el manejo y la disposición de los desechos sólidos, deberán ser generadas por el sector público o por el sector privado, o también por una mezcla de ambos.

Una variante puede ser una corporación pública maneje una área determinada, con contribución de la estructura de funcionamiento regulada y supervisada por una comisión de vigilancia.

Una ventaja de la participación pública en el reuso de los desechos, es que dicha participación podrá regular y aceptar todo tipo de desechos en cualquier cantidad.

Por el contrario, la inversión privada puede elegir y aceptar un alto volumen, concentrando los desperdicios para maximizar sus ganancias, y rechazar un volumen bajo de desperdicios ya que podría ser más difícil procesarlos y tal vez resultaría no atractivo económicamente.

En oposición a lo anterior, podemos argumentar que entre la inversión pública y la privada, podrían generarse resultados a más bajo costo, con una eficiencia mucho mejor que la que se tendría solo con la participación pública. Pero si la participación privada no está de acuerdo con algunas de las disposiciones de la inversión pública, ésta última sería la solución.

El mismo criterio de reglamentación deberá aplicarse tan-

to para la inversión privada como para la inversión pública.

Corresponde al gobierno del país establecer la legislación, así como la supervisión y el establecimiento de los medios que den origen a un mejor y fácil manejo y disposición de los desechos sólidos, implementando la construcción y operación de dichos medios.

d) ASPECTOS TECNICOS:

Asumiendo que todos los aspectos socio-políticos, económicos y jurisdiccionales están satisfactoriamente resueltos, la esencia de las decisiones sobre la disponibilidad de los desechos llega a depender de una completa y objetiva evaluación de numerosos aspectos técnicos.

Cabe preguntarse: ¿ el lugar de disposición de los desechos sólidos ha sido debidamente seleccionado ? o ¿ su empleo es factible técnicamente ?. Estas son las preguntas difíciles.

En la respuesta a éstas preguntas deberá visualizarse la protección futura de la salud pública y la del medio ambiente.

Se han realizado trabajos con respecto a los criterios de selección del lugar de disposición de los desechos, como se visualiza en el artículo de 1972 de el Journal of the American Water Works Association, en el cual Stokinger analizó siete fundamentos para la preservación del medio ambiente.

Cuatro de éstos están relacionados con los criterios de selección, los cuáles deberán estar basados en:

- hechos científicos y no políticos exclusivamente.
- bien documentados y defendibles.
- realistas y no necesariamente muy severos.
- basados en una precisa interpretación de las tendencias

Basándose en otros estudios más recientes sobre el tema, se han sugerido otros principios adicionales;

- tratar cada parámetro del lugar independientemente, con el fin de considerar completamente el impacto que se tendría en el lugar seleccionado, para evitar así posibles riesgos.
- Minimizar el número de juicios y decisiones arbitrarias.
- Estas decisiones deberán estar basadas en la mejor evaluación tecnológica
- La evaluación de los parámetros del lugar deberán ser medidos y definidos en base a procesos de prueba.
- Generar procesos variables u opciones para mejorar o modificar parámetros no aceptables.
- Hacer uso de los datos existentes del medio ambiente.
- Aplicarlos a un amplio intervalo de las condiciones ambientales.
- Ser flexible al cambio con un mínimo de modificaciones.

Con éstos principios generales en mente, el siguiente paso es diseñar una idea que proceda, la que contenga los distintos parámetros en la selección. Los parámetros más significativos son aquellos que determinan (1) el comportamiento y movimiento del suelo, y (2) la aceptabilidad política y social de la disposición de los desechos .

Ejemplo de tales parámetros del lugar son:

- Hidrología, incluyendo la actividad sísmica.
- Topografía, incluyendo la pendiente de escurrimiento de el suelo.
- Factores climatológicos, tales com lluvias, vientos,

prevalencia de tornados, huracanes, etc.

- Factores culturales tales como: uso de la tierra y zonificación, accesibilidad al transporte, aspectos estéticos, etc.

En resumen, los criterios de selección técnica deberán ser tratados independientemente cada uno de ellos, generando un esquema de sus valores promedio, para evitar errores y defectos en la selección de el lugar de disposición. Los parámetros deberán ser evaluados por métodos de prueba estandar con el fin de minimizar decisiones arbitrarias.⁵

III-2.- MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS DESDE EL PUNTO DE VISTA QUIMICO Y DESDE EL PUNTO DE VISTA FISICO

El punto de vista químico es diferente de los demás puntos de vista, por lo que se deberán tomar en cuenta las características químicas de los desechos en la disposición de los mismos.

El punto de vista químico también se debe analizar juntamente con los demás puntos de vista analizados anteriormente.

Una revisión de los artículos presentados en el "Tercer Congreso Nacional de Tecnología para el manejo de desechos sólidos y fuentes de Recuperación" en Noviembre de 1974, indica la tecnología operacional y las técnicas de tratamiento básico descritas por del Dr. Eugene Nesselson en su artículo "Técnicas para el Tratamiento de desechos químicos y desperdicios peligrosos" juntamente con el artículo publicado por Mr. E Wagner "Aplicaciones Tecnológicas en el Manejo de Desechos Sólidos y Desechos Químicos" en los que presentan las consideraciones químicas para el manejo de desechos químicos.

Se puede decir que existen en general dos tipos de dese-

chos industriales; aquellos que pueden ser manejados y reacondicionados al ambiente por técnicas de disposición muy prácticas.

Los otros son aquellos desechos que contienen sustancias peligrosas que pueden afectar inmediatamente o a través del tiempo al hombre, los animales y plantas; dichos desechos sólidos deberán ser manejados y dispuestos con precauciones especiales.

Todos los desechos han sido creados por el hombre a partir de materiales naturales. La vida ha evolucionado y prosperado con el equilibrio de todos sus materiales naturales; hemos visto que la naturaleza puede perecer debido a la acumulación de desperdicios peligrosos, sin embargo el hombre debe regresarlos a su estado natural no peligroso o a sus equivalentes.

Esto no es necesariamente difícil o excesivamente costoso, con excepción de algunos materiales tales como los desechos de radio activos.

En muchos casos la porción peligrosa de un desperdicio puede ser separada y / o concentrada con métodos de recuperación o disposición normal, aplicados a la porción no peligrosa.

Las características físicas de los residuos también son importantes. Un sólido inerte puede ser realmente fácil de disponer y de manejar en un lugar, después de haber sido procesado de tal modo que sus características físicas y químicas sean las adecuadas para su disposición final sin causar situaciones adversas en el medio ambiente.

En el punto de vista químico, no es tan problemático y tan costoso el acondicionar los desechos que no son peligrosos por sus características químicas.

Cada desecho peligroso tiene sus características físicas y químicas individuales y en base a ellas, se deberá manejar para

poder recuperar el valor que contenga o poder dar un reuso o disposición final, siempre atendiendo el aspecto de no contaminar más el ambiente, ayudando así al ecosistema a mantener constante su equilibrio dinámico.

Debido a las diferentes características químicas inherentes a los desperdicios peligrosos, no hay un proceso que pueda manejar todo tipo de desperdicios.

Sería deseable que un proceso simple pudiera desarrollarse para poder operar económicamente a una diversidad de desechos ; desde el punto de vista químico, como ya se dijo anteriormente, será necesario tratar los desechos de acuerdo a sus características individuales y convertirlos completamente a desechos no peligrosos que puedan ser captados nuevamente por el medio ambiente. 6

III-3.- CONTROL DESDE EL PUNTO DE VISTA DE INGENIERIA SANITARIA Y CIVIL.

Avances substanciales en la tecnología del tratamiento de desechos se han desarrollado y se usan recientemente en la operación de disposición de desechos sólidos. Los principios básicos de la ingeniería se han empleado en las operaciones de tratamiento de desechos y se han estabilizado a través de los años, cumpliendo mejor cada vez con los requerimientos del mejoramiento ambiental.

Los desechos sólidos son coleccionados de todas las fuentes de desecho y son transferidos al lugar de la disposición, donde la eficiencia de disposición a gran escala puede representar operaciones económicamente atractivas.

Inherente al concepto de procesamiento central, está la eficiencia de operación a gran escala, el bajo costo y la alta

capacidad en volumen. Por otro lado, no puede existir flexibilidad de operación si se varían las características individuales de los desechos. Todo desecho deberá procesarse a través de procesos estabilizados.

Modificaciones adicionales se han realizado a los principios de diseño y operación en el tratamiento de desechos, en las áreas de costos, eficiencia de maquinaria y equipos, técnicas de tratamiento y selección óptima del lugar de disposición.

III-4.- NECESIDAD DE EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

Se debe reconocer que el problema de disponibilidad de desechos sólidos no solamente deberá ser evaluado a través de los aspectos socio-económicos, políticos y jurisdiccionales, sino que también toman parte esencial en ésta evaluación los aspectos tecnológicos por medio de todas las disciplinas inherentes a tal problema; dichas disciplinas lo son la ingeniería civil, sanitaria, química; el área bioquímica y otras, conjuntamente con los métodos de evaluación económica; todas éstas contribuyendo a un efectivo tratamiento de los desechos sólidos tanto peligrosos como de los que no lo son.

Con el análisis presentado de los diferentes puntos de vista sobre el manejo de desechos sólidos, deberá incrementarse el entendimiento de la necesidad que existe en la actualidad de la resolución del problema de disponibilidad de los desechos sólidos y de la urgencia que ésta misma conlleva, dado el fuerte impacto que causa en la contaminación del ambiente.

III-5.- DISPONIBILIDAD DE PLÁSTICOS PROVENIENTES DE LA BASURA URBANA E INDUSTRIAL.

Los últimos años se han caracterizado por la gran importancia que tienen los plásticos. Los plásticos han reemplazado rápidamente al vidrio, a los metales, a la madera, en muchas de sus aplicaciones, tales como los automóviles, mercancías empacadas, tubos, recipientes, muebles, etc.

El total de ventas de plásticos en Estados Unidos de Norte América durante el año de 1972 se presenta en la figura 3.1; la figura muestra aquellos plásticos componentes de la basura en sus dos tipos: termoplásticos y termofijos.

Los termoplásticos más comunes son los siguientes:

- 1.- Poliolefinas, incluyendo polietileno de alta densidad (PEAD); polietileno de baja densidad (PEBD) y polipropileno (PP).
- 2.- Estirenos, incluyendo poliestireno (PS) y acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).
- 3.- Vinilos, primariamente cloruro de polivinilo (PVC) y cloruro de polivinilideno (PVDC).

Termofijos:

Los característicos son los fenólicos, poliésteres, y otros no clasificados.⁷

Por otro lado, para la producción de resinas sintéticas en México se observa lo siguiente:

La industria de Resinas Sintéticas que en México se encuentra integrada por más de 70 compañías, contribuyó en 1980 con el 10% aproximadamente al valor total de la producción de la Industria Química, con el 12 % de la inversión fija bruta total del sector y dió ocupación al 14% del total de la fuerza de tra

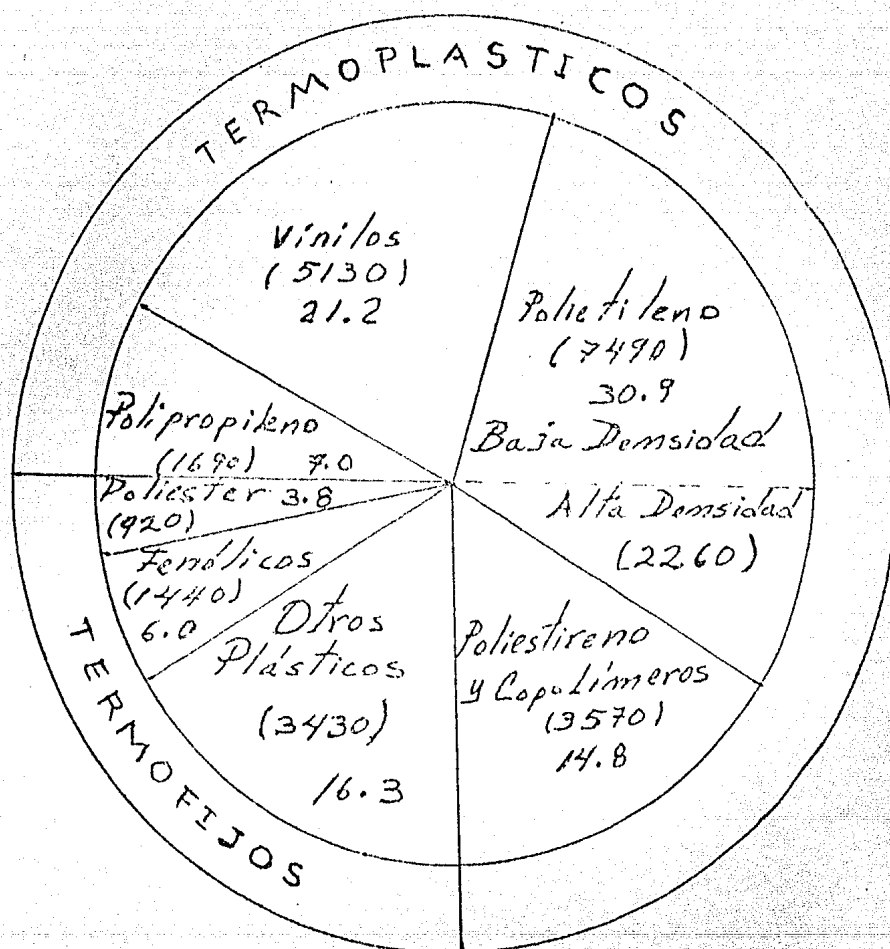


FIG. 3.1 Total de ventas de plásticos en E.U. durante 1972
El número en el paréntesis son los millones de libras y los otros son el por ciento del total.

bajo empleada por la Industria Química en ese año.

Los proyectos anunciados para la fabricación de resinas - no producidas hasta la fecha, así como las ampliaciones en aquellas ya fabricadas localmente, ha traído como consecuencia la - sustitución de cuantiosas importaciones, aún cuando se continúa importando especialidades que por su baja costeabilidad no justifican una inversión.

Por lo que se refiere a la integración del sector, esta va incrementándose a medida que los consumos hacen economicamente factible su producción en México.

Los productos que se clasifican dentro de éste capítulo, están compuestos por más de 25 sub-sectores que a su vez captan un sinúmero de productos, cuyos usos y aplicaciones, nada tienen que ver unos con otros.

El año de 1979 se caracterizó por existir mayor dinamismo en el sector, notándose en el incremento del consumo aparente - de las principales resinas producidas en el país. Esto se debió principalmente a que continuó la activación de los sectores relacionados directamente con el de resinas, como fue el caso - de la industria de la construcción y de otras manufacturas, los cuales en 1980 y al 1er. semestre de 1981 han tenido ligera disminución en la tendencia de crecimiento por lo que en forma global en este sector se aprecia un incremento del 21.1% en 1980 - respecto a 1979.

Datos de la participación relativa en el país sobre el - mercado de resinas sintéticas se presentan en la tabla 3.1.

Por otro lado la Industria de las Fibras Artificiales y - Sintéticas de México se caracterizó por lo siguiente hasta el - año de 1980:

PARTICIPACION RELATIVA EN EL
MERCADO DE RESINAS SINTETICAS

PRODUCTO	PARTICIPACION o/o			
	1977	1978	1979	1980
Polietileno B. D.	29.4	28.3	24.5	22.7
Policloruro de Vinilo	12.9	14.2	14.8	15.0
Poliestireno	10.7	9.5	11.8	10.1
Polietileno de A. D.	9.8	10.7	10.5	12.9
Poliacetato de Vinilo	5.0	5.5	5.5	5.1
Polipropileno	8.1	9.3	10.1	8.1
Urea-Formaldehído	3.7	3.4	3.8	4.0
Alcídicas	3.5	3.2	2.8	2.6
Poliuretanos	6.1	5.9	6.6	5.7
Poliéster no Saturado	2.4	2.3	2.0	2.0
Fenólicas	1.7	1.9	1.7	1.6
Copolímero VCM-VAM	2.2	1.8	1.8	1.5
Polimetacrilato de Metilo	1.8	1.3	1.5	1.2
Breas Esterificadas	0.5	0.3	0.2	0.2
Maléicas	0.6	0.6	0.5	0.5
Melamina-Formaldehído	0.7	0.7	0.7	0.7
Epóxicas	0.5	0.7	0.8	0.7
Poliamidas Ac. Dimérico	0.2	0.2	0.2	0.2
Silicones	0.2	0.2	0.2	0.2
	100.0	100.0	100.0	100.0

FUENTES: ANIQ Investigación Directa.

TABLA 3.1

El sector está constituido por las siguientes empresas:

AKRA	INDUSTRIAS POLIFIL, S.A.
CELANESE MEXICANA, S.A.	KIMEX, S.A.
CELULOSA Y DERIVADOS, S.A.	INPETEMEX, S.A.
FIBRAS SINTETICAS, S.A.	PLASTICOS INDUSTRIALIZADOS, S.A.

La Industria de Fibras Químicas está constituida por 8 empresas que en 14 localizaciones operan 30 plantas. Estas plantas están distribuidas en los Estados de México, Tlaxcala, Michoacan, Nuevo León, Veracruz y el D.F.

INVERSION: La inversión en Activos Fijos en 1980 era del orden de 15,913 millones que representa un incremento de 3,668 millones de pesos o sea un 30% con respecto a 1979. Los proyectos de inversión para 1981, fueron del orden de 2,887 millones.

CAPACIDAD INSTALADA: La capacidad instalada en diciembre de 1980, era del orden de 369,012 toneladas, correspondiendo 329,267 a las sintéticas y 39,745 toneladas a las artificiales.

Se tienen expansiones previstas para 1981 por 77,800 toneladas en las fibras sintéticas.

PRODUCCION: La producción de fibras sintéticas en 1980, fue de 244,177 toneladas y la de artificiales de 36,984 toneladas, lo que hace un total de 281,161 toneladas.

El incremento porcentual con respecto a 1979 fue de 3.9%. La expectativa de aumento para 1980 era de 10 a 12 % que no se logró debido a varios factores, entre los cuales se puede mencionar la contracción del mercado de poliester filamento y en menor escala de nylon.

FUERZA DE TRABAJO: La fuerza de trabajo de éste sector durante los últimos 4 años, ha alcanzado los siguientes niveles:

	<u>1971</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>
TECNICOS	913	991	1,060	1,208
EMPLEADOS	3,240	3,457	3,800	4,123
OBREROS	<u>13,951</u>	<u>14,579</u>	<u>15,409</u>	<u>16,029</u>
TOTALES	18,104	19,027	20,269	21,360

En el mismo período el Sector pagó por sueldos, salarios y prestaciones, las siguientes cantidades:

MILLONES DE PESOS

<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>
2,044.0	2,376.0	2,415.0	4,125.5

COMERCIO EXTERIOR

a) IMPORTACION:

En 1980 se importaron 18,581 toneladas de fibras artificiales, y sintéticas, cifra superior a la de 1979 en un 22.4 %, con un valor de 1,264 millones de pesos. Las principales importaciones se realizaron en rayón blanqueado, nylon filamento, poliéster filamento, cuerdas de nylon para llantas y fibras acrílicas. En algunos casos la importación está justificada por déficits en la producción nacional, debido tanto a fallas en el abastecimiento de materias primas como a falta de capacidad productiva, sin embargo en algunas fibras como es el caso de nylon filamento, la fibra acrílica y el poliéster filamento se estima que se realizaron gracias a los subsidios concedidos sin justificación plena.

b) EXPORTACION:

La exportación de fibras en 1980 fue del orden de 328 millones de pesos, o sea un 11.6% inferior a la exportación de 1979.

Esta situación corresponde a distorsión y contracción de

los mercados internacionales de fibras, que hizo particularmente difícil la exportación. A pesar de todo, el Sector sigue buscando mercado en el exterior estimando algunas posibilidades para los años futuros.

INTEGRACION DE LA INDUSTRIA: En la actualidad se encuentran 100% integradas con la Petroquímica Básica, la fabricación de las siguientes fibras:

NYLON

PEMEX-Ciclohexano-Amoniaco.

UNIVEX, S.A.- Monómero de Caprolactama

Sector Productor Fibras- Fibras de Nylon (Polimerización y extrusión).

POLIESTER

PEMEX.- p-Xileno-Metanol.

PROCEL, S.A.- DMT y TPA

TEREFTALATOS MEXICANOS, S.A.- TPA grado fibra.

Sector Productor Fibras- Polimerización y extrusión Fibras Acrílicas.

Parcialmente Integradas:

FIBRAS ARTIFICIALES DE RAYON Y ACETATO: Estas fibras que utilizan como materia prima básica la Alfa-Celulosa, que no se produce en el país y de la cual no existen proyectos de fabricación, tienen una integración parcial, ya que en México se producen otros elementos de su fabricación como son la sosa cáustica, el ácido acético, el anhídrido acético y acetato de celulosa.

Esta integración parcial subsistirá por tiempo indefinido.

No integradas:

FIBRAS POLIPROPILENICAS: Hasta que PEMEX ponga en operación la planta programada de polipropileno de 100,000 Tons/Año

en Poza Rica, Ver., éstas fibras se integranán con la Petroquímica básica. Todo esto se visualiza de manera más clara en las tablas 3.2, 3.3 y la figura 3.2 que se presentan en las siguientes páginas.

Juntamente con el panorama observado para la Industria de las Resinas y Fibras Naturales y Sintéticas, podemos visualizar el contexto de la Industria Hulera como sigue:

La Industria Hulera está constituida de 3 sectores bien definidos:

a) PROVEEDORES DE MATERIAS PRIMAS (HULES, LATEX Y AUXILIARES)

Respondiendo al necesario crecimiento de todas las secciones de la industria hulera, los productores de hule y látex están llevando a cabo ampliaciones en sus capacidades productivas que incrementarán la capacidad de producción de látex y hules sintéticos en forma apreciable, de manera que la demanda creciente de tales productos pueda ser abastecida por los fabricantes locales.

Se puede decir también, que los productores de auxiliares como : antioxidantes, aceleradores, etc., han ampliado sus capacidades productivas de modo que los déficits a importar sean menores, esperando que en breve plazó estas importaciones sean únicamente de productos no fabricados en México.

b) PRODUCTORES DE LLANTAS.

La producción de llantas en México ha venido aumentando conforme lo ha ido marcando la demanda, que está en razón directa al aumento de la producción y circulación de vehículos automotores. En los últimos dos años los problemas de abastecimiento de materias primas, y otros de índole laboral han bajado el ritmo de crecimiento , pero se espera una recuperación en los

FIBRAS ARTIFICIALES Y SINTÉTICAS
FABRICAS EN EL PAIS

Empresa y Dirección	Nylon Fabricado Textil	Nylon F. Corta	Nylon A.T. y C. y F. Corta	Dacron Filamento Textil	Dacron F. Corta	Espeyer A.T. y C. y F. Corta	Acetato F. Corta	Polipropileno Filamento Textil	Polipropileno F. Corta	Rayón Filamento Textil	Rayón A.T. y C. y F. Corta	Rayón F. Corta	Acetato Filamento	Acetato F. Corta y Mod. de	Fibras Especiales
... S.A. ...			*		*	*					*				
... S.A. ...	*	*		*									*	*	
... S.A. ...							*			*	*	*			
... S.A. ...				*											
... S.A. ...										*	*				
... S.A. ...							*								
... S.A. ...	*		*	*		*									
... S.A. ...	*			*	*										
... S.A. ...				*			*								
... S.A. ...				*				*	*						
... S.A. ...	*			*	*										*
... S.A. ...									*						

INTEGRACION DE LA INDUSTRIA DE FIBRAS SINTETICAS

CON LA PETROQUIMICA BASICA

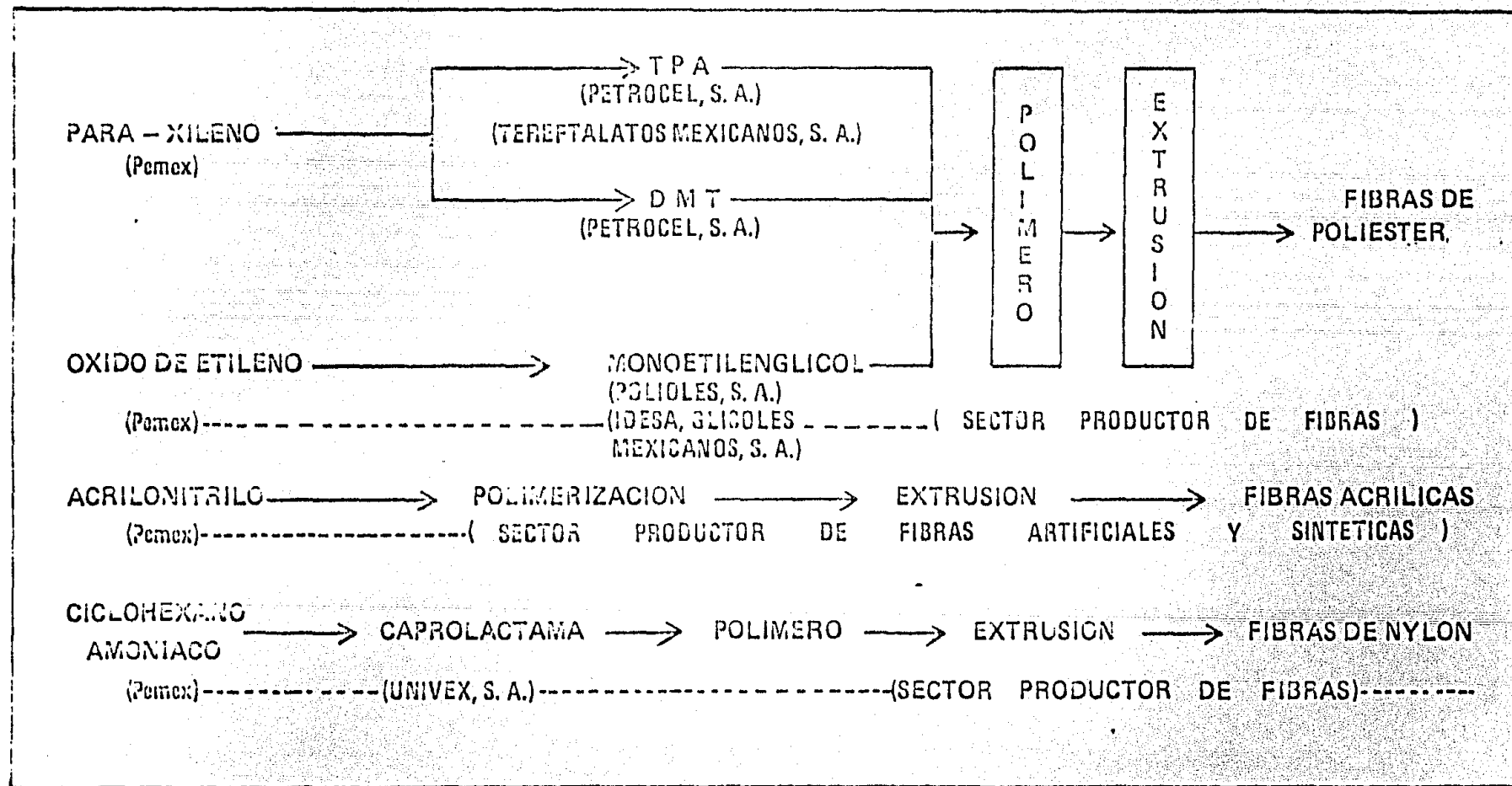


FIG. 3.2

CLASE DE FIBRA	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO NAL. APARENTE	CAPACIDAD INSTALADA
RAYON FILAMENTO TEXTIL	6,104	181	809	5,451	6,545
RAYON FIBRA CORTA	10,838	4,110	-----	14,008	12,000
TOTAL RAYON TEXTIL	16,912	4,291	809	20,352	18,545
RAYON FILAMENTO INDUSTRIAL	2,460	-----	-----	2,460	2,500
TOTAL FIBRAS DE RAYON	19,372	4,291	809	22,522	21,045
ACETATO FILAMENTO	9,136	80	2	9,184	10,000
ACETATO FIBRA CORTA	8,476	-----	2,631	5,785	8,700
TOTAL FIBRAS DE ACETATO	17,612	80	2,633	14,969	18,700
TOTAL FIBRAS ARTIFICIALES	36,984	4,371	3,502	37,791	39,745
NYLON FILAMENTO TEXTIL	29,800	4,106	-----	33,936	36,400
NYLON FIBRA CORTA	2,000	345	-----	2,345	3,500
TOTAL NYLON TEXTIL	31,800	4,451	-----	36,281	39,900
NYLON FILAMENTO INDUSTRIAL	14,734	2,640	-----	17,574	19,500
TOTAL FIBRAS DE NYLON	46,534	7,091	-----	53,855	59,400
POLIESTER FILAMENTO TEXTIL	36,415	2,764	-----	39,179	129,000
POLIESTER FIBRA CORTA	42,526	1,386	-----	44,032	50,742
TOTAL POLIESTER TEXTIL	128,941	4,320	-----	133,261	179,742
POLIESTER FILAMENTO INDUSTRIAL	813	-----	-----	813	3,200
TOTAL FIBRAS DE POLIESTER	129,754	4,320	-----	134,074	182,942
ACRILICA FIBRA CORTA	59,623	2,000	446	31,177	76,600
POLIPROPILENO FILAMENTO	8,012	95	2,255	5,352	10,000
ELASTOMERICA	234	125	-----	382	325
TOTAL FIBRAS SINTETICAS	244,177	13,864	2,701	255,340	329,267
T O T A L E S	281,161	15,173	6,203	290,131	369,012

TABLA 3.3

siguientes años, acorde con las necesidades existentes.

c) PRODUCTORES DE OTROS ARTICULOS DE HULE.

Las empresas huleras no llanteras han tenido un desarrollo verdaderamente espectacular en unos cuantos años, aunque no se tiene una idea muy precisa del crecimiento por producto.

En forma breve se presenta a continuación la descripción de algunos aspectos importantes que determinan el comportamiento del Sector:

	<u>1979</u>	<u>1980</u>
	(MILES DE PESOS)	
ACTIVOS FIJOS BRUTOS	2,415,700	3,108,454
INVERSION	334,500	773,500

La FUERZA DE TRABAJO de este sector para 1979 y 1980 alcanzó comparativamente los siguientes niveles:

	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>%</u>
OBREROS	1,468	1,805	22,95
EMPLEADOS	907	1,203	32,63
QUIMICOS E INGS. QUIM.	281	358	27.40
OTROS INGENIEROS	96	221	130.20
TOTAL:	2,752	3,587	30.34

Las cifras de PRODUCCION alcanzadas fueron las siguientes:

	<u>1980 (Tons.)</u>	<u>1979/1980 %</u>
HULE SINTETICO	90,770	7.5%
HULE QUIMICOS	5,875	4.0%
NEGRO DE HUMO	73,630	12.5%

Si las condiciones del mercado son favorables y la disponibilidad de materias primas permite una producción continua se pudo esperar en aquel entonces un aumento del 10% con respecto a 1980.

**PARTICIPACION RELATIVA DEL CONSUMO DE HULES Y LATEX
NATURALES Y SINTETICOS
(TONS.)**

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Hule natural	Tons.	28,332.3	32,844.3	33,225.5	37,809.3	36,111	41,934	40,837.8	47,261.2
Participación	o/o	29.7	29.6	31.3	31.1	31.8	29.4	26.9	29.9
Hule Sintético	Tons.	67,216.6	78,243.8	74,241.5	83,691.2	77,416	100,667.7	110,878.2	116,583.9
Participación	o/o	70.3	70.4	68.7	68.9	68.2	70.6	73.1	71.1
T O T A L		95,548.9	111,088.1	107,467	121,500.5	113,527	142,601.7	151,666	163,845.6

FUENTES: A.N.I.Q. Investigación Directa
S.P.P. Dirección General de Estadística
S.H.C.P. Dirección General de Aduanas
Instituto Mexicano de Comercio Exterior (IMCE)

NOTAS: (1) Existen proyectos de un Fideicomiso del Hule para crear plantaciones por 60,000 hectáreas con una capacidad productiva Promedio de 1,200 Kg/A-Ha, al cabo de 9 años de iniciado el cultivo

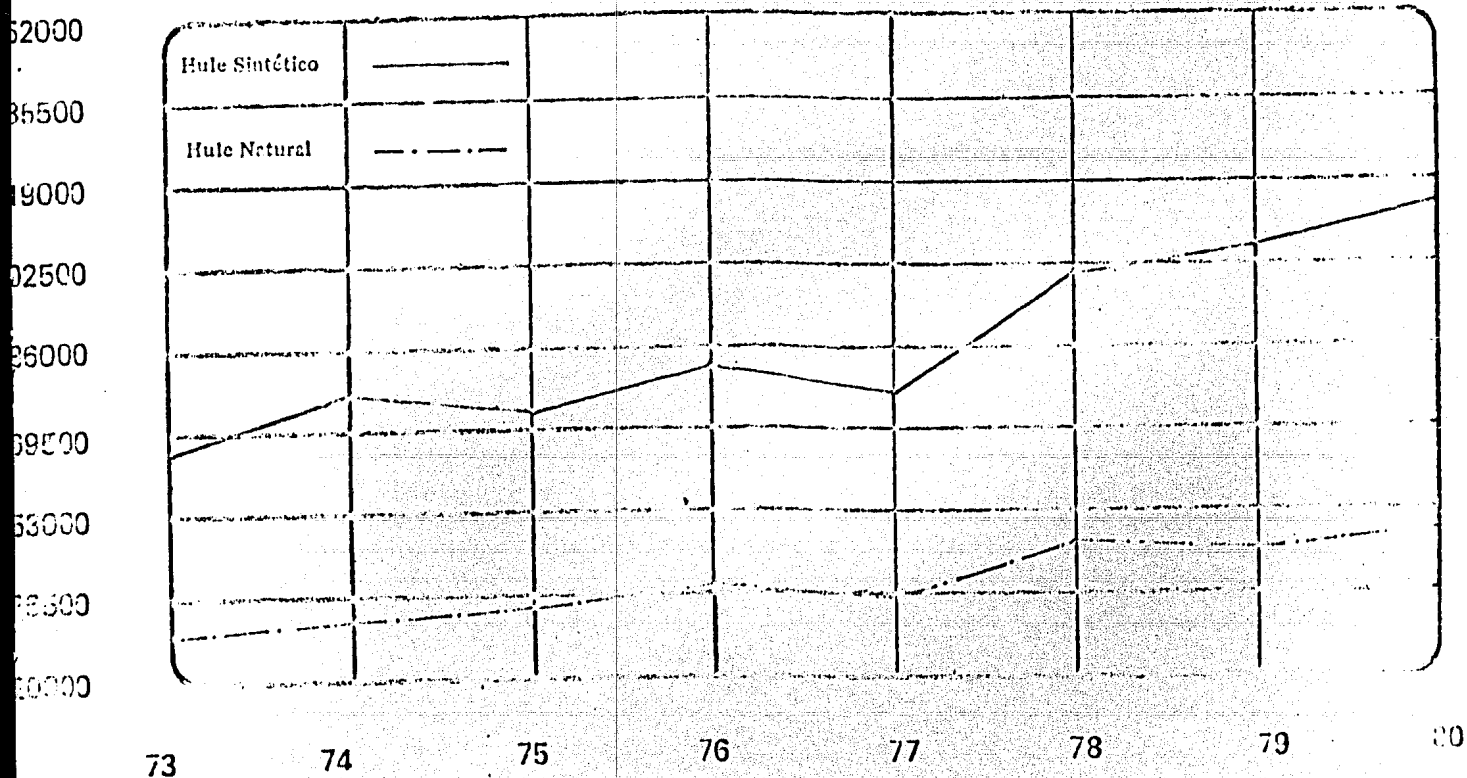


TABLA 3.4

Como consecuencia de todo lo anterior, observando los niveles de producción de plásticos en el país, la disponibilidad de los desechos derivados de ésta industria está siendo un tema de serias investigaciones. Los desechos plásticos pueden ser dispuestos por incineración, relleno sanitario o reciclaje.

La incineración de los plásticos que contienen vinilos, produce una atmósfera que contiene cloruro de hidrógeno tóxico, que realmente tiene la acción corrosiva del ácido clorhídrico.

Por otro lado, los desperdicios heterogéneos de plásticos en los que ha sido removido el contenido de vinilos, constituyen una fuente de alta energía, siempre que el calor de combustión del PE, PP, y PS sean mayores de 8882 Kcal/Kg.

El concentrado heterogéneo de materiales plásticos provenientes de la basura urbana e industrial, puede ser separado en tipos genéricos de plásticos reusables. Algunos métodos para la utilización de termoplásticos recuperados, son el moldeo por calor y presión, inyección, extrusión, descomposición térmica.

Como se dijo anteriormente, constantemente se generan nuevos plásticos, nuevas aplicaciones y se substituyen otros materiales por productos plásticos; es por eso que su diversidad es muy grande, no sólo en su aplicación industrial, sino también en los desechos generados después de que han sido utilizados.

III-6.- TIRADERO A CIELO ABIERTO.

El método más sencillo de eliminación de desechos sólidos es el tiradero a cielo abierto, y es el sistema de disposición más generalizado en nuestro país.

Consiste en localizar una área determinada de terreno donde se depositen los desperdicios, provocando así una acumulación

incontrolada de basura y dando lugar a nuevas fuentes de contaminación.

Este procedimiento de disposición engendra muchos problemas, causando peligro para la salud de la población, dada la proliferación de insectos y roedores favorecida en dichos lugares .

Se tienen problemas de dispersión de los plásticos de tipo película por la acción de los vientos, originando alteraciones en terrenos agrícolas, taponamientos de alcantarillas y aumento de materiales de desecho en el medio ambiente, sin ningún uso; no solamente esto, sino también causan contaminación de aguas de ríos, mal funcionamiento de drenaje, etc.

III-7.- PEPENA

Es éste un procedimiento por medio de el cual no se resuelve el problema de acumulación de desechos plásticos, ya que lo recuperado por éste método en lo que se refiere a plásticos, es mínimo.

Puede considerarse a éste método como un recurso de subsistencia para gente de muy bajos recursos económicos, y no como un método de recuperación de desechos plásticos propiamente dicho, dada la poca eficiencia del mismo, ya que no es directamente aplicado en forma exclusiva a la recolección de desechos plásticos.⁸

ALTERNATIVAS DIVERSAS PARA LA DISPOSICION DE DESECHOS.

<u>METODO</u>	<u>VENTAJAS</u>	<u>DESVENTAJAS</u>
I.- Reprocesamiento de los desechos	Presenta la mejor recuperación de la inversión. No contamina el medio ambiente.	Requiere de Inversión considerable. Presenta dificultades técnicas.
2.- Venta de los Desechos.	Las mismas que para el método I.	Las mismas que para el proceso I. Presenta problemas de toxicidad, acondicionamiento y mercado.
3.- Incineración de los desechos.	Recuperación del calor de combustión en la generación de vapor.	Requiere de un control muy estricto para el control de contaminación en el aire, tierra y agua.
4.- Bio-oxidación	Protección a los suelos y aguas de lagos y ríos.	Requiere de la ocupación de productos químicos.
5.- Relleno Sanitario.	Produce bajo impacto en el ambiente. Fácil manejo de los desechos sólidos. El más económico de todos.	Requiere de terreno y de maquinaria.

C A P I T U L O I V

METODOS DE RECICLADO PARA TERMOFIJOS

METODOS DE RECICLADO PARA TERMOPLASTICOS.

MÉTODOS DE RECICLADO DE DESECHOS DE MATERIALES

TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS.

IV-1.- GENERALIDADES.

En conjunción con los programas de investigación en separación, recuperación y reciclado de metal, mineral y energía basados en materiales provenientes de la basura urbana, "The U.S. Bureau of Mines Rolla, Missouri", desarrolló métodos para reusar y reciclar plásticos depositados en la basura municipal.

Trabajos experimentales en desechos plásticos, proporcionaron algunas guías para métodos sistemáticos de procesamiento, incluyendo clasificación por aire, separación, lavado, reuso o disposición. Estas técnicas aplicadas al tratamiento de desechos sólidos provenientes de la basura urbana e industrial son descritas a continuación como sigue:

IV-2.- LIMPIADO.

Es necesario en todo tratamiento de desechos plásticos hacer un lavado inicial o tener un paso de lavado de los desechos, para eliminar contaminantes tales como lodo, mugre, etiquetas, letreros, adhesivos, y materiales residuales.

Las etiquetas y los adhesivos que están presentes en los desechos plásticos algunas veces son difíciles de retirar, pero ésta operación deberá realizarse para poder pasar a la operación subsecuente.

En los trabajos realizados por "The U.S. Bureau of Mines", se observa lo siguiente: Numerosas pruebas de soluciones de lavado a pequeña escala y métodos de agitación fueron empleados en el tratamiento de polietileno desmenuzado, proveniente de botellas, con el fin de liberarlo de los letreros y etiquetas que

contenía. Se empleó agua caliente y fría, mezcla de soluciones acuosas y alcohol, acetona, benceno y solución de hidróxido de sodio, juntamente con los métodos de agitación, mezclado, agitación ultrasónica, lavado con fricción.

El polietileno cubierto con letreros y etiquetas, fue molido hasta un tamaño de partícula de aproximadamente 1/2 de pulgada, empleando un molino rotatorio de cuchillas.

En un clasificador de aire el polietileno fue liberado de películas, espumas, polvo y trozos de papel.

El siguiente paso fue un lavado del material para eliminar contaminantes tales como lodo, etiquetas, adhesivos, y contenidos residuales, empleando diferentes soluciones y métodos de agitación. Los mejores resultados fueron obtenidos usando solución de hidróxido de sodio 1 N conteniendo 150g. de arena por litro de solución en una muestra de 1200 gramos de plástico en 6000 ml de solución, proveniente de trozos de botellas, de 1/2 de pulgada seleccionadas por un clasificador de aire y también para una muestra que contiene la proporción que se muestra en la tabla 4.1; los siguientes resultados son los obtenidos después de una hora de lavado en tres diferentes medios; (tabla 4.2).

DISTRIBUCION DE PLASTICOS EN LA BASURA MUNICIPAL
PORCIENTO EN PESO

TIPO	Comunidad de Rolla.	Basura Municipal en U. S. (I)
PE y PP.....	74	55
PS	19	20
PVC.....	5	11
OTROS.....	2	14

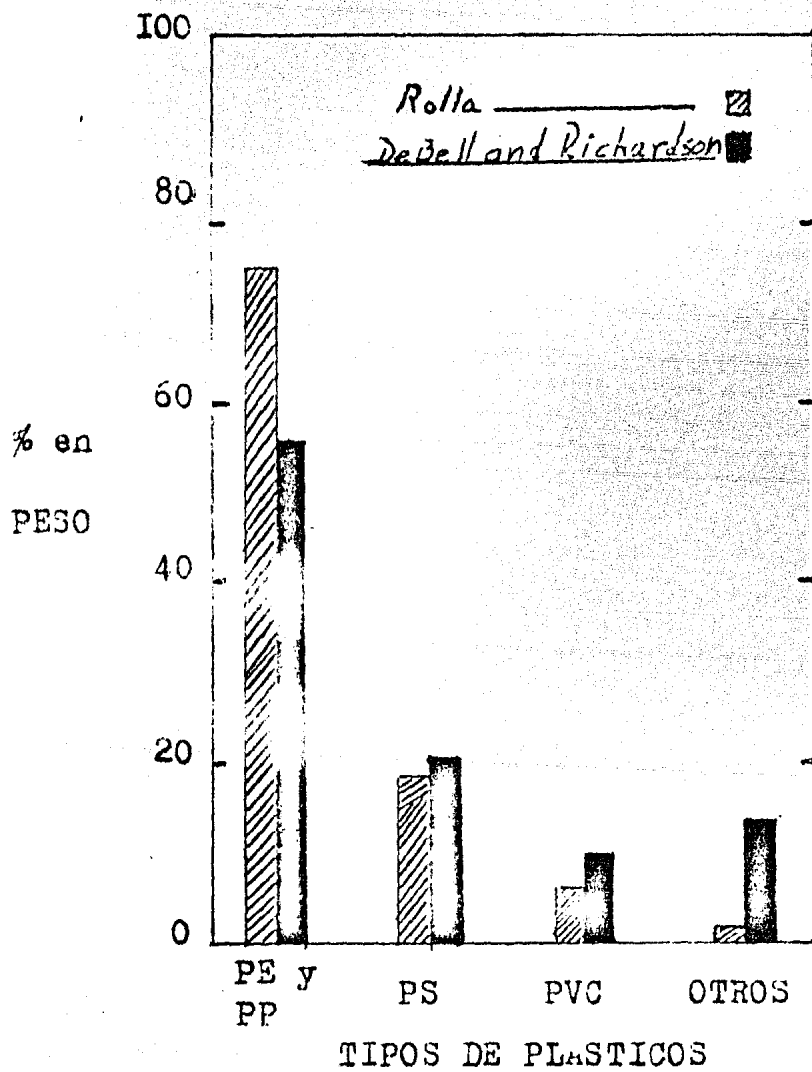
^I DeBell and Richardson. Solid Waste Management of Plastics. Manufacturing Chemists Association Project I440.2, Diciembre 1970, 10 pp.

TABLA 4.1

PORCENTAJE DE MUESTRAS QUE PRESENTO CONTAMINACION
DESPUES DE 1 HORA DE LAVADO

MATERIAL	MEDIO		
	NaOH 1 N con 150 g/l arena	Agua con 150 g/l arena	Agua
Desechos Plásticos....	7	5	8
Botellas de PE-PP.....	2	4	6
Desechos de PS	5	7	9

TABLA 4.2



DISTRIBUCION DE PLASTICOS EN LA BASURA MUNICIPAL

FIG. 4.1

Aproximadamente el 98% de las partículas quedaron limpias después de una hora de lavado. Pruebas de lavado con agua exclusivamente y la misma cantidad de arena mostraron que el 96% de las partículas quedaron limpias, por lo que se considera que éste método de lavado es más conveniente en su empleo a mayor escala.

La operación final fue la separación de la muestra limpia en sus componentes característicos. Esta operación se realizó en un separador hidráulico. Estas dos últimas operaciones de separación por medio de aire y en medio líquido serán explicadas más adelante.

IV-3.- CARACTERIZACION.

Esta operación consiste específicamente en realizar un análisis de la distribución relativa del porcentaje en peso de los diferentes componentes plásticos que constituyen la basura plástica de una comunidad.

Para el ejemplo anterior de la tabla 4.1 de distribución de plásticos en la basura municipal, se seleccionaron un total de 2,000 botellas provenientes de recipientes de detergentes, cosméticos, alimentos y medicamentos. El plástico fue cortado y tamizado a un tamaño de partícula de 1/2 de pulgada en un molino comercial, reduciendo su espacio ocupado en un diez por ciento de su volumen original.

Varios de los métodos para la identificación de plásticos son lentos y altamente instrumentados, empleando por ejemplo: espectroscopía de infrarrojo, análisis térmico diferencial (DTA) análisis termogravimétrico (TGA), espectroscopía de masa, cromatografía de gases, y disolución selectiva.

Métodos mucho más rápidos y prácticos pero menos precisos también son usados en la identificación de los plásticos coleccionados; éstos están basados en el tacto, sonido, apariencia, comportamiento en la flama y el olor. Por ejemplo, el polietileno se siente grasiento, y es usualmente algo flexible, sin embargo el poliestireno es quebradizo y ruidoso cuando es golpeado o flexionado; para el PVC se emplea la prueba a la flama que da una coloración verde brillante.

IV-4.- RECUPERACION (Separación).

El futuro reuso o reciclado de plásticos puede ser influenciado por la pureza y condiciones de los tipos de plásticos que pueden ser aislados de los desechos coleccionados.

Para poder lograr un buen reciclado o reuso de tales desechos se hace necesaria la operación de recuperación y/o separación de los desechos plásticos contenidos en los desechos coleccionados, asegurándose así una mayor eficiencia y una mejor calidad en la reutilización y refabricación de productos provenientes de desechos plásticos.

Existen diferentes métodos para realizar la operación de recuperación de desechos plásticos. Los métodos opcionales para la separación de plásticos, tales como el método de separación por aire, métodos de separación en medio líquido, método de separación electrostático, están basados esencialmente en la forma, densidad, disolución selectiva y propiedades eléctricas de los mismos. Estos métodos serán analizados posteriormente en forma individual, los cuales son aplicados a desechos plásticos como son: poliolefinas, poliestireno, polipropileno, termofijos, películas plásticas, espumas plásticas, concentrado de metal y de fibras con recubrimientos plásticos.

La disolución química puede ser usada en algunos casos especiales, tales como la recuperación de papel y plástico contenidos en cartones envases de leche, jugos, etc.

Los métodos electrostáticos pueden ser usados en la separación de plásticos mezclados con otros desechos, dependiendo de las característica o propiedades eléctricas de dichos materiales.

4a) CLASIFICACION POR AIRE.

Una porción grande de desperdicios plásticos recolectados tales como películas, fibras, y espumas, pueden ser separados de los desechos de la basura, por medio de un clasificador de aire. Se han diseñado numerosos tipos de clasificadores, tanto

experimentales como comerciales. Un clasificador barato, de buena potencia y gran capacidad fue diseñado por el laboratorio de "Bureau of Mines Rolla". El diseño está representado esquemáticamente en la figura 4.2. Este es un clasificador vertical y es capaz de clasificar de 50 a 75 libras por hora de plástico mezclado.

La velocidad del aire en la columna de 8cm de diámetro es aproximadamente de 150 a 230 m/mi, durante la operación.

Todo tipo de separaciones incluye un tratamiento preliminar en la mezcla de desechos tal como un desmenuzamiento, seguido de una clasificación por aire, una separación magnética y un tamizado.⁹

Existen métodos de separación de desechos como el plástico y el papel contenidos en la basura; dichos métodos emplean calor con el fin de ablandar y contraer el plástico, aprovechando las características del plástico, para poder separarlo del resto de los desechos. Estos métodos se describen a continuación como sigue:

4a.1) METODO DEL CILINDRO CALIENTE.

Un método de separación de desechos termoplásticos de baja densidad por contacto con un cilindro metálico rotatorio caliente fue diseñado por una patente de los Estados Unidos.

En éste método de separación de desechos termoplásticos, la mezcla de desperdicio es llevada por medio de una banda transportadora por debajo de un cilindro metálico caliente, colocado sobre el paso del desecho, permitiendo así el contacto continuo con el material.

La porción termoplástica de los desechos se adhiere al cilindro caliente, de donde es raspada por una cuchilla fija a un segundo transportador.

En éste método se aprecian tres serias desventajas:

- 1.- La capacidad de el equipo es baja porque el desperdicio deberá apoyarse en el transportador en una capa delgada.
- 2.- Siempre hay peligro de semimoldeo de la parte termoplástica o formación de una superficie pegajosa en el cilindro, donde se pegan desechos de papel.
- 3.- La porción termofija quedará remanente con la fracción de papel contenida en los desechos.

4a.2) METODO DE CONTRACCION POR CALOR:

Este método también es otra patente realizada en los Estados Unidos de Norte América, y fue diseñada originalmente para eliminar películas termoplásticas de desechos de papel, con el fin de facilitar el reciclado de papel.

La fracción de la mezcla de baja densidad es transportada en una corriente caliente de gas, causando una contracción a la parte termoplástica y colapsándose en sí misma.

La separación de la mezcla de plástico y papel puede realizarse entonces en un separador de aire, un tamizador ó en ambos. El método requiere de una temperatura uniforme através de toda la unidad, y la temperatura de salida del horno deberá exceder de los 120°C para obtener una contracción efectiva. Algunas películas plásticas tienden a quemarse a 190°C ; a 177°C se ha observado que éstas no se incendian. El proceso fue desarrollado por "The United States Forest Products Laboratory" y fue diseñado para la recuperación de fibra de papel más que para plásticos. La parte plástica fue de interés para los diseñadores por el hecho de realizar una buena separación y recuperación del desecho de papel. (Fig. 4.2, Clasificador de aire).

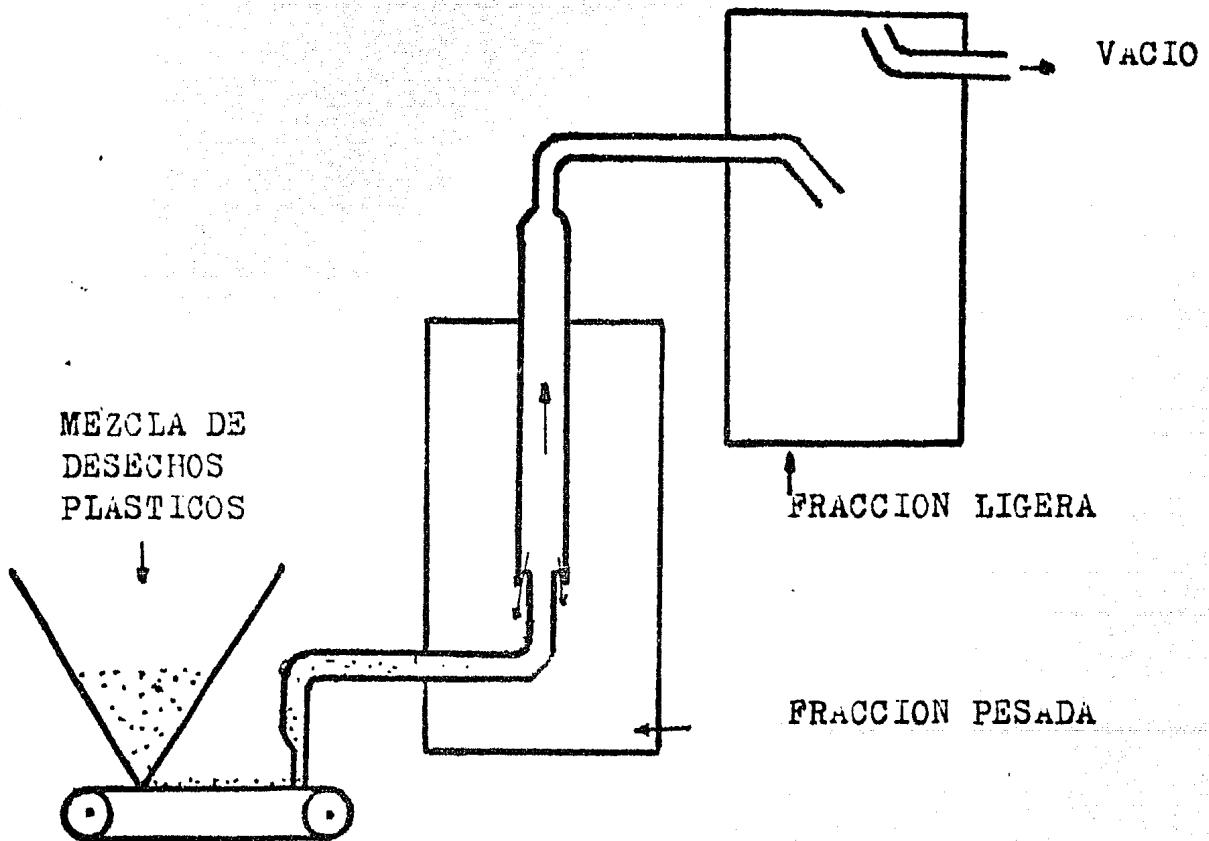


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN CLASIFICADOR DE AIRE.

FIG. 4.2

4b) SEPARACION EN MEDIO ACUOSO.

Este tipo de separación se ha aplicado a la recuperación de materiales fibrosos como el papel, impregnados con materiales plásticos. Generalmente se le daba más importancia a la porción fibrosa, despreciando el valor de la parte no fibrosa. Esta última consiste de materiales orgánicos poliméricos que típicamente se incineraban o se disponían en un relleno sanitario.

Se han diseñado numerosos tipos de separadores para la recuperación de material fibroso como el papel, contaminado con material no fibroso plástico; algunos de éstos separadores son: "Finckh Cyclo Screen", "The Bird Barrier Screen", "The Black Clawson PS Selectifier Screen", y "The Papcel TNP20 Separator".

En los estudios realizados por "The United States Bureau of Mines Rolla", se encuentra lo siguiente:

La densidad de termoplásticos puros es aproximadamente la misma que para el agua, y varía de tal manera que favorece la separación por métodos gravitatorios de los componentes del desecho plástico. En la siguiente tabla se muestran densidades para varios plásticos puros peletizados.

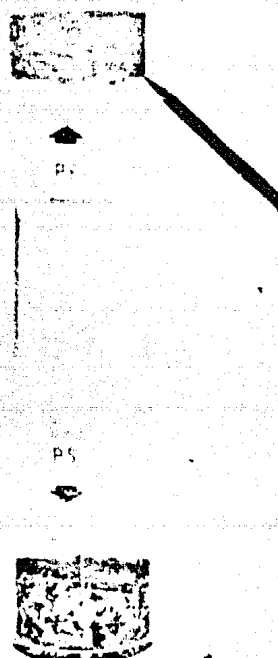
TABLA 4.3 DENSIDADES DE PLASTICOS PUROS PELETIZADOS

TIPO	DENSIDAD, g/cc
PP	0.90
PEBD.....	0.92
PEAD.....	0.94-0.96
PS.....	1.05-1.06
PVC.....	1.22-1.38

Como se puede observar de los datos de la tabla 4.3, la

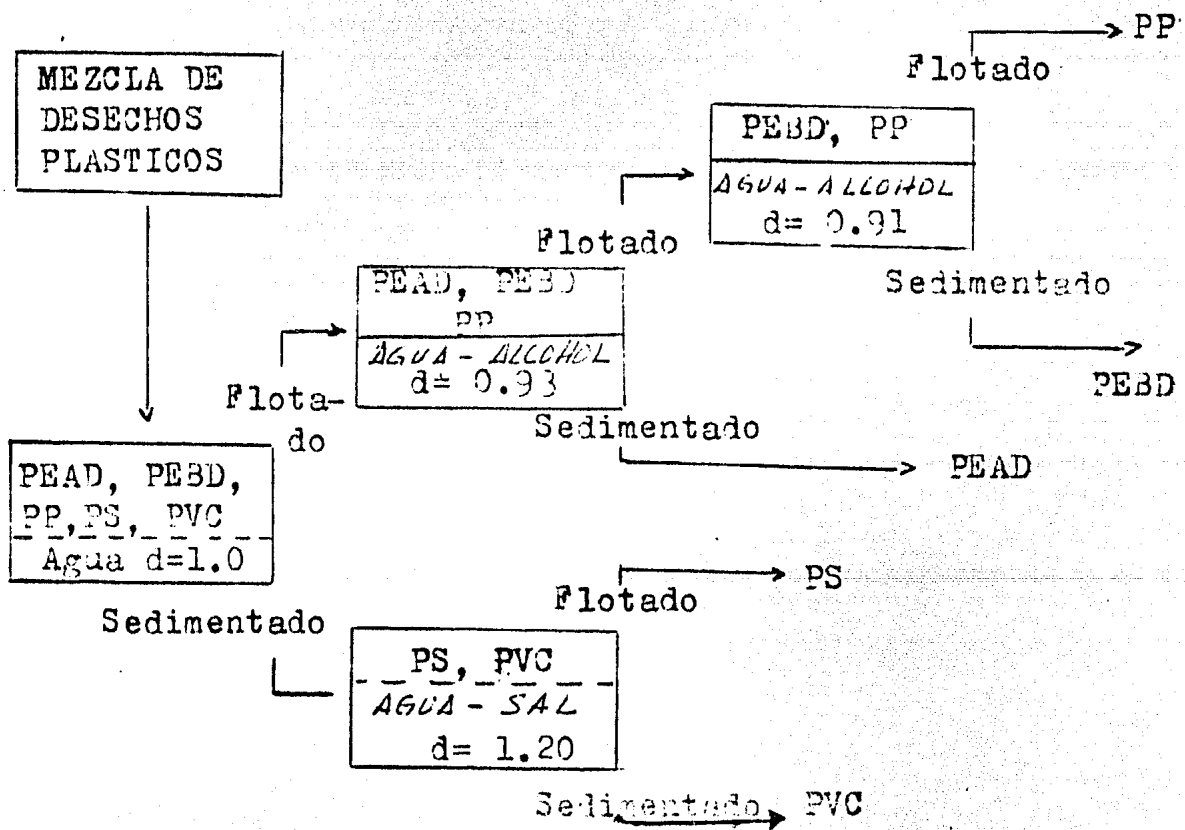
familia de las poliolefinas (PEBD, PEAD, PP) tienen un intervalo de densidad de 0.90 a 0.96 g/cc, PS de 1.05 a 1.06 g/cc y PVC de 1.22 a 1.38 g/cc, sin embargo la adición de aditivos puede alterar éstas densidades; estudios realizados en laboratorio confirmaron que la mayoría de desechos plásticos presentan sus densidades en éstos intervalos.

La separación de los cinco tipos de plásticos provenientes del desecho, se realizó en un recipiente sin agitación que contenía agua destilada, una solución de cloruro de calcio y - dos combinaciones de agua y alcohol. Este medio dió virtualmente una separación completa de muestras colectadas a mano de desecho plástico, como se observa en la figura 4.3.



SEPARACION DEL PE Y DEL PS EN MEDIO
LIQUIDO.

FIG. 4.3



ESQUEMA PARA SEPARACION DE PLASTICOS POR SEDIMENTACION Y FLOTACION

FIG. 4.4

Basándose en éste método de separación por sedimentación y flotación, se diseñó un esquema teórico para la separación de los cinco plásticos más comunes en el procesamiento de envases plásticos; éste esquema se conserva en la figura 4.4.

El esquema muestra el uso de diferentes densidades con sus densidades y puede generar los requerimientos prácticos para el enjuagado, disposición del desecho, y control de las densidades de las soluciones. Sería deseable que el sistema ideado para la separación trabajase con agua exclusivamente.

Se diseñó y construyó un pequeño separador hidráulico para la separación de desecho plástico cortado en sus tres fracciones: poliolefinas, poliestireno y cloruro de polivinilo.

El esquema de éste separador combinado con un sistema de sedimentación y flotación y una unidad de elutriación se muestra en la figura 4.5.

La mezcla de plástico cortado se alimentó al separador por sedimentación-flotación, donde las poliolefinas se recuperaron por flotación y los otros componentes de la mezcla por sedimentación. La porción sedimentada fue transportada por medio de un flujo de aire a la sección de elutriación en la cual se recuperó el PS por la parte superior; las partículas segregadas fueron captadas en un tamizador y el agua se recirculó al depósito principal. El modelo empleado por el laboratorio en la separación de mezclas de desecho plástico y de muestra pura dió resultados satisfactorios en tal operación, con velocidades de 5 a 25 Kg. por hora. Una consideración importante en la separación por el método hidráulico fue la adición de 0.3 cc de surfactante por galón de agua.

El modelo anterior funcionó satisfactoriamente, de tal modo que puede ser proyectado a gran escala con la capacidad de

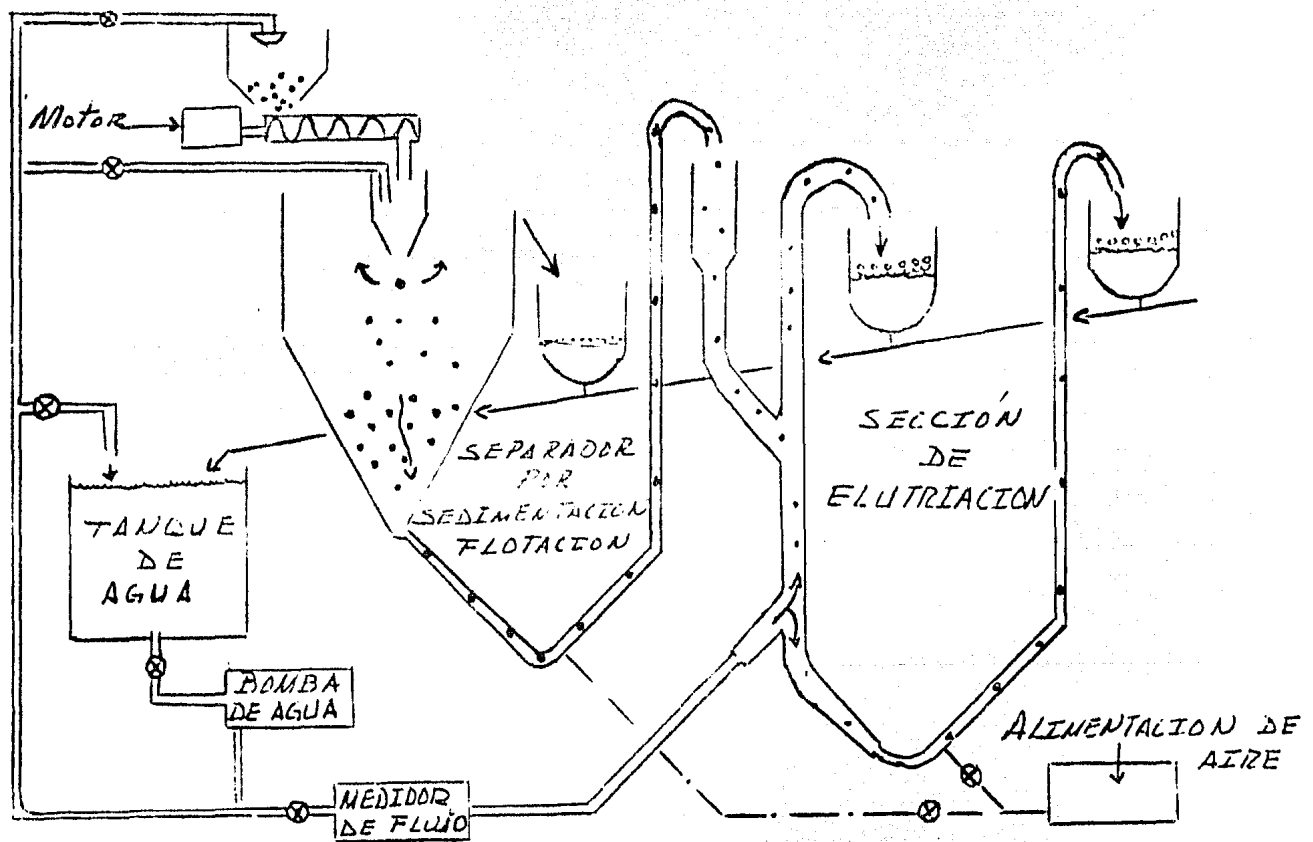


DIAGRAMA DEL SEPARADOR HIDRAULICO PARA DESECHOS PLASTICOS

FIG. 4.5

procesamiento de desecho plástico proveniente de la basura municipal. ¹¹

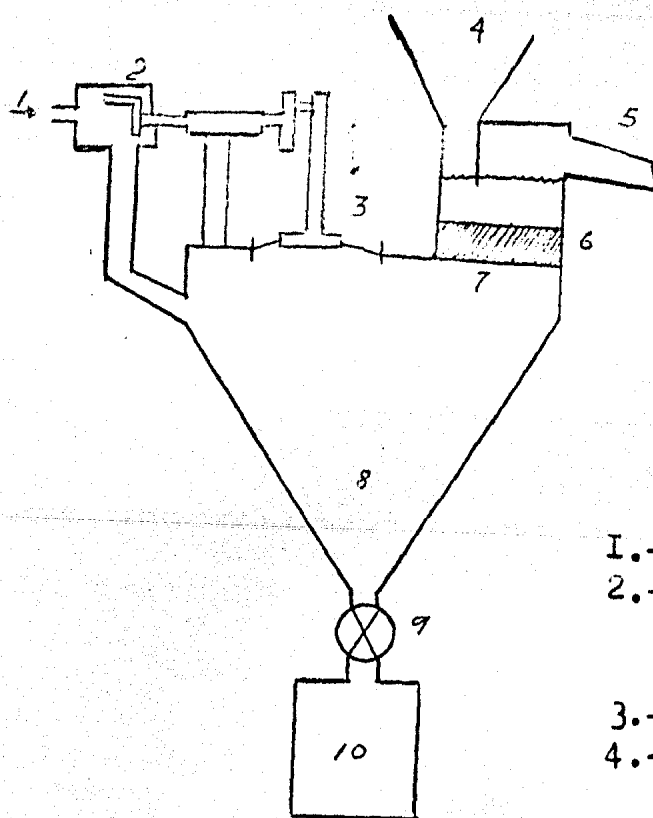
4b.1) METODO JIGGING.

Este método ha sido usado satisfactoriamente para reducir el desperdicio de metal proveniente del desperdicio de alambrado con aislamiento. En éste método, la mezcla de material desechado es alimentada a un lecho líquido-Sólido pulsante.

Como el líquido es pulsado, el lecho de grava produce una separación rápida, permitiendo que el material pesado, (metal) pase a través del lecho para llegar a un recipiente colector y al mismo tiempo el agua alimentada a la unidad lleva el material ligero(plástico) en el flujo superior de dicha unidad.

Un diagrama esquemático del separado "jig" se presenta en la figura 4.6.

DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SEPARADOR JIG



- 1.- Entrada de Agua
- 2.- Válvula para agua de rotación sincronizada con el pulsador
- 3.- Diafragma del pulsador
- 4.- Alimentación del material
- 5.- Agua y desechos en el flujo superior.
- 6.- Filtro con guías
- 7.- Salida del filtro
- 8.- Colector de agua
- 9.- Válvula
- 10.- Concentrado de Metal

FIG. 4.6

Por otro lado, la operación final para la fracción pesada obtenida del separador de aire, proveniente de la muestra de desechos de la comunidad de Rolla Missouri, fue la separación de sus componentes a través de un separador hidráulico. En éste separador se obtuvieron tres fracciones que son:

- 1.- La fracción de flotación la cual contenía poliolefinas como el PE y el PP.
- 2.- El flujo superior de la sección de elutriación contenía PS.
- 3.- El flujo inferior de la sección de elutriación contenía PVC.

Se realizó un análisis de sedimentación-flotación para diferentes velocidades de alimentación. Los datos experimentales se reportan en la siguiente tabla (4.4); en la mayoría de los casos, las densidades de los materiales se conservaron dentro del intervalo reportado anteriormente.¹²

CALIDAD DE SEPARACION DE PLASTICOS A VARIAS VELOCIDADES
DE ALIMENTACION EN EL SEPARADOR HIDRAULICO

ALIMENTACION DE MATERIAL	VELOCIDAD DE ALIMENTACION Kg/hr.	IMPUREZA ESTIMADA EN LAS FRACCIONES POR CIENTO EN PESO (1)		
		Poliolefina	PS	PVC
Pellets de plástico puro	7.99	0.1	0.1	0.1
	10.90	0.1	0.1	0.1
	16.62	0.1	0.1	0.1
	22.70	0.1	0.8	1.3
Desechos Colectados. Tamaño de partícula 1/4 pulg.	2.32	0.1	2.2	0.3
	3.90	0.1	3.9	0.4
	8.94	0.1	3.9	0.4
	13.62	0.1	3.7	1.0

(1)
TABLA 4.4 : Las impurezas fueron eliminadas en la sección de sedimentación-flotación, teniendo densidades de 1.0 g/cc y 1.20 g/cc.

4c) METODO DE SEPARACION ELECTROSTATICO.

"The Bureau of Mines" de los Estados Unidos realizó estudio sobre separación electrodinámica de desechos sólidos.

Básicamente se dedicó a la separación de minerales que presentan dificultad de flotación. Una unidad similar se empleó experimentalmente en la separación del plástico y papel provenientes de la basura urbana.

En el proceso usado por "The United States Bureau of Mines", el material es fragmentado entre 1 y 3 pulgadas, con un contenido de plástico en la mezcla de aproximadamente el 9%. La mezcla se alimenta al separador por medio de un alimentador vibratorio. La mezcla cae en un tambor rotatorio el cual está eléctricamente cargado, haciendo contacto con una corona formada entre el tambor eléctricamente cargado y un electrodo. El papel es conducido o atraído hacia el electrodo y el plástico se adhiere al tambor, en el cual es removido por una cuchilla fija colocada por la parte inferior del tambor.

Estos trabajos indican que se realiza una mejor separación de la mezcla cuando el contenido de humedad excede del 50%.

La conductancia a este nivel es tal que el papel es incapaz de detener una carga estática para cualquier período.

En algunos casos un tamizador vibratorio puede usarse para concentrar o eliminar un componente específico de una mezcla de desechos. Tal es el caso de los desechos de alambre con aislamiento, para su separación. El alambre metálico residual en la mayoría de los casos deberá tamizarse a un tamaño menor que el aislamiento, para que pueda ser concentrado. Esta técnica puede usarse para concentrar y recuperar el contenido metálico, así como la parte plástica por medio de procesos tales como el "jigging" o el "separador electrostático".

En el separador electrostático de tipo tambor, el material es alimentado en un tambor eléctricamente cargado. Dicho tambor está rotando y juntamente con un electrodo generan un campo eléctrico muy grande. El plástico se adhiere al tambor de donde se remueve por una cuchilla como se dijo anteriormente y es depositado en un compartimiento. El material metálico se dirige hacia el electrodo, donde es captado en otro compartimiento. En éste separador se puede disponer de otro compartimiento medio móvil, que puede ser usado para separaciones adicionales.

En la figura 4.7 se muestra un diagrama esquemático del separador electrostático. El separador electrostático ha sido usado en algunos casos para separar películas plásticas y espumas. ¹³

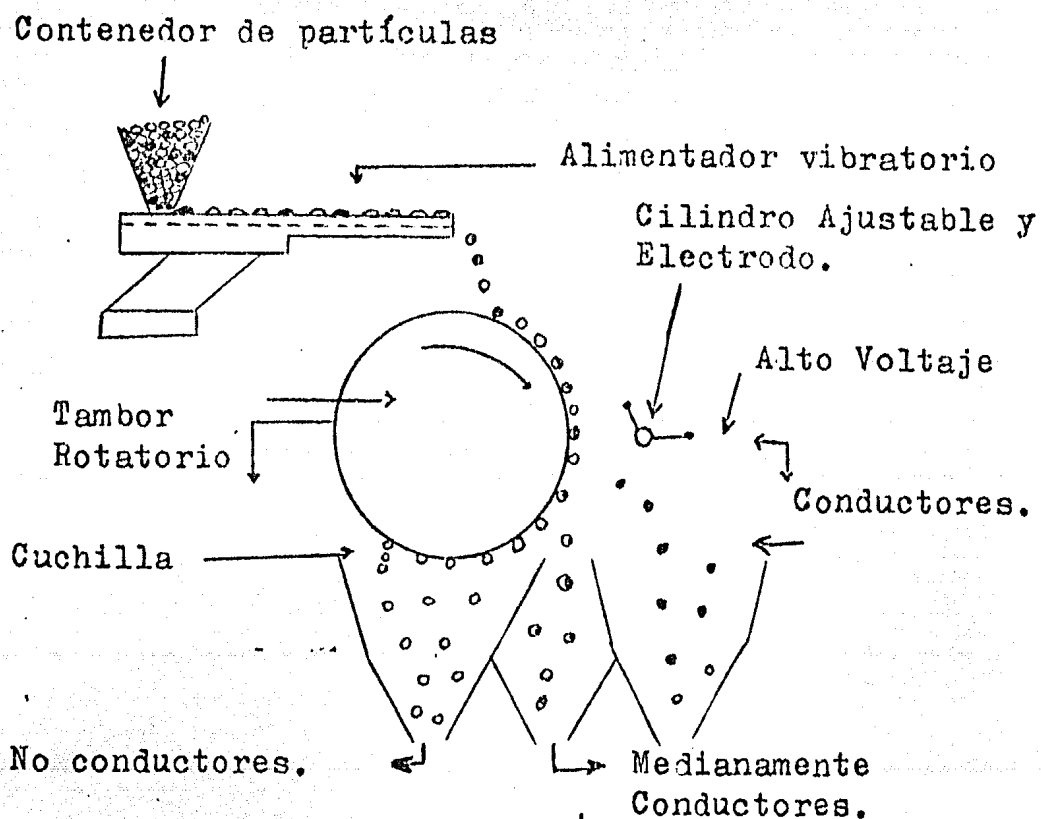


FIG. 4.7 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SEPARADOR ELECTROSTATICO.

IV-5.- RECUPERACION DE DESECHOS PLASTICOS.

La recuperación de los desechos plásticos provenientes de la basura urbana e industrial es necesaria, ya que es una operación que se requiere, para que posteriormente se les pueda dar un reuso o reciclaje a los desechos plásticos.

A continuación se describen técnicas para la recuperación de desechos plásticos tales como las poliolefinas, poliestireno, polipropileno, cloruro de polivinilo, termofijos, películas plásticas, espumas plásticas y otros como concentrado de metal y concentrado de fibras.

5a) CENTRO DE RECICLADO:

En los estudios realizados por "The Bureau of Mines" se reportan los siguientes estudios:

Una muestra de desechos plásticos coleccionada en Wellesley, Mass., se recicló, separándola en sus componentes primarios. La muestra del material se cortó a un tamaño de partícula de aproximadamente 1/4". Se tomó una muestra más pequeña de alrededor de 2,500 gramos, la que fue lavada en un recipiente de 10 litros de agua conteniendo 150 gramos de arena por litro de agua, a una temperatura de 50° a 60°C y por un tiempo de 30 minutos. Esta muestra se enjuagó con agua y se secó con aire a 85°C. Aproximadamente el 20% del material de ésta muestra se seleccionó a un tamaño de partícula menor que 10 en un tamizador y posteriormente se pasó a un separador hidráulico.

El análisis del producto del separador hidráulico generó los resultados que se muestran en la siguiente tabla(4.5); en ella se observa un alto contenido poliolefínico, sobre todo de polietileno, el cual fue reutilizado después de haber sido lavado y separado por las técnicas ya descritas.

ANALISIS DE LA FRACCION OBTENIDA EN EL SEPARADOR
HIDRAULICO PARA LA COLECCION DE WELLESLEY.

SEPARACION HIDRAULICA		ANALISIS DE LA FRACCION EN EL SEPARADOR; % en Peso; d= g/cc		
FRACCION	% en Peso	1.0	1.0-1.2	1.2
Poliiolefina	95.2	99.9	0.1	-
PS	2.2	12.4	86.6	1.0
PVC	2.6	-	2.5	97.5

TABLA 4.5

5b) PLANTA PILOTO:

Una mezcla de desechos proveniente de Franklin, Ohio, fue estudiada para su mejoramiento y separación por "The Black Clawson Fiberclaim Urban Refuse Recovery System". De acuerdo a los estudios de "The Black Clawson", la muestra se mejoró con un contenido de 2.5% en plástico por medio de un tamizado y un repulbado de los desechos. Esta muestra representó el 13% de la basura aceptada en la planta de Black Clawson, la que contiene un 35 % de humedad, 0.6% de metal, y 30.4% de fibra mezclada, madera, vidrio, etc.

La muestra seca se cortó a un tamaño de 1/2" y se clasificó por aire. El 25% en peso de la fracción pesada del separador de aire contuvo el 45% del total de plásticos de la muestra seca; el otro 55% de contenido plástico se obtuvo en la fracción ligera del separador.

La fracción pesada se concentró a un 95% de desecho plástico por medio de la molienda y tamizado del material a un tamaño de partícula entre 3 + 10 de malla, juntamente con una separación electrostática.

La concentración del metal en su segundo paso contenía un 75%, del cual el 66% lo constituía el aluminio en forma de laminas. Este proceso recuperó el 99% del plástico contenido en la fracción pesada del separador de aire. El total de plástico recuperado de la muestra original fue aproximadamente el 45% debido a las pérdidas de la película de plástico en la fracción ligera del separador.

El plástico recuperado se lavó con agua que contenía alrededor de 200 gramos de arena y a una temperatura de 50° a 60°C, en un tiempo de operación de una hora. Finalmente la mezcla de plásticos se separó en sus principales componentes a través de un separador hidráulico; fig. (4.8).

CONCENTRADO DE DASECHOS PLASTICOS
DE BLACK CLAWSON

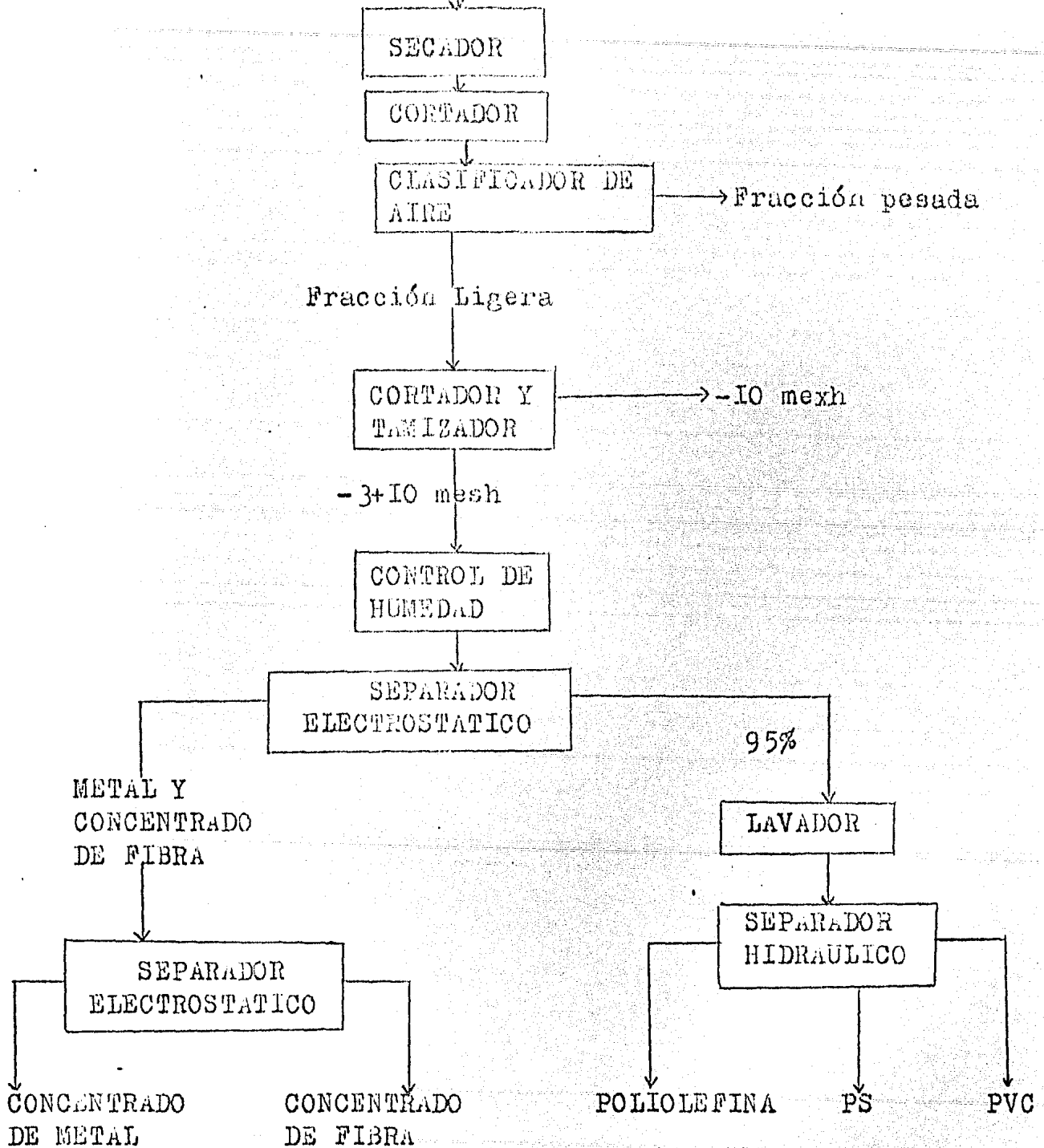


FIG. 4.8-Diagrama de proceso para recuperación de plásticos, metal y fibra del concentrado de Clawson.

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos en el separador de aire y en el separador hidráulico:

SEPARACION HIDRAULICA		ANALISIS DE LA FRACCION EN EL SEPARADOR; % en peso; d= g/cc.			
FRACCION	% en peso	< 1.0	1.0-1.2	1.2-1.5	> 1.5
Poliiolefina	48	97.0	3.0	-	-
PS	33	0.5	95.0	4.5	-
PVC	19	-	28.0	40.0	32.0
(1)					

TABLA 4.6

De la tabla puede observarse que las poliolefinas y el PS están relativamente contaminadas comparadas con la fracción de PVC.

Es entendible que la porción de menor pureza sea la del PVC, ya que muchos de los plásticos termofijos y otros compuestos son separados en el rango de densidad del PVC.

En el diagrama anterior se presentó el flujo de materiales para la recuperación de plásticos, metal y fibra.

- 1.- Análisis de la fracción obtenida en el separador hidráulico para el concentrado de desechos plásticos de Black Clawson.

De manera similar " The Bureau's College Park Metallurgy Research Center, " en College Park, Md., analizó una muestra de desechos de esa comunidad. La muestra fue seleccionada y caracterizada a mano; posteriormente se cortó a un tamaño de $\frac{1}{8}$ pulgadas teniendo así una densidad aparente de 0.09 g/cc.

La mezcla se separó en sus elementos primarios, siendo molienda posteriormente a un tamaño de $\frac{1}{16}$ de pulgada con el fin de que ésta fuese compatible con el equipo de procesamiento.

La densidad aumento a 0.18 g/cc. El material fue separado por un clasificador de aire, en cuya fracción ligera se encontraron películas y espumas plásticas en un 69% en peso, y en la parte pesada se encontró el 31 % restante.

Para la fracción ligera se empleó un separador electrostático en la separación de las películas y las espumas. Estas muestras contenía de un 5% a un 20 % de humedad; la óptima separación se realizó con un contenido de humedad del 5%, mejorando las películas plásticas hasta un 99% y hasta un 90% para las espumas. Estos resultados se observan gráficamente en la figura 4.9

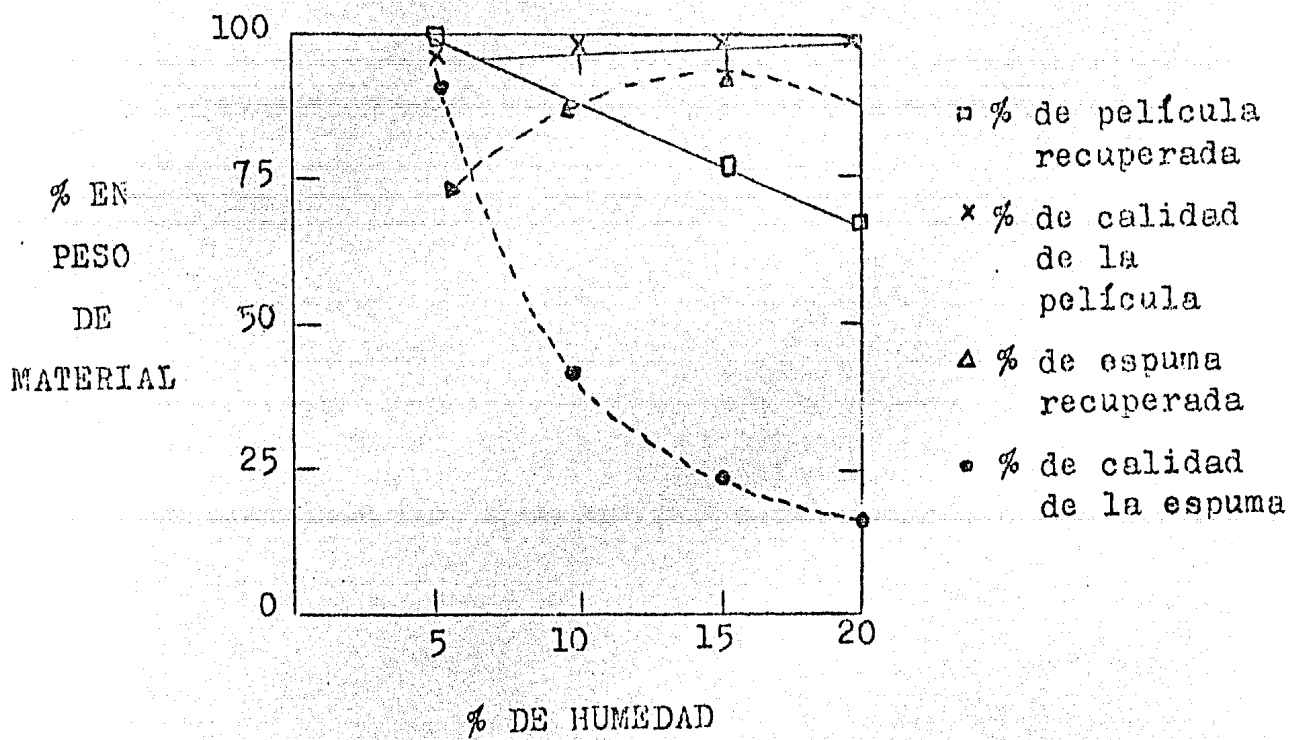


FIG. 4.9

El material resultante de la fracción pesada del separador de aire se separó posteriormente en sus componentes esenciales por medio de un separador hidráulico.

A continuación se muestran tablas de los resultados de la caracterización de los desechos plásticos, así como del análisis del separador hidráulico; también se presenta un diagrama de proceso de separación.

MATERIAL	% en Peso
Poliiolefina	
película	61.6
otros.....	18.9
Poliestireno (PS)	
Espumas estirénicas	7.1
Otros	1.4
Vinilo (PVC)	3.5
Papel	0.6
Otros termoplásticos,	
Termofijos, metal, etc.....	6.9
Total.....	100.0

TABLA 4.7

Análisis sintético del concentrado de basura de College Park.

SEPARADOR HIDRAULICO		ANALISIS DE LA FRACCION EN EL SEPARADOR; % peso; d= g/cc			
Fracción	% peso	< 1.0	1.0-1.2	1.2 - 1.5	>1.5
Poliiolefina	72.1	199.9	0.1	-	-
PS.....	6.0	2.5	70.6	26.9	-
PVC	21.9	-	18.3	79.8	1.9

1.- 0.5 % de ésta cantidad incluye espumas estirénicas .

TABLA 4.8

CONCENTRADO DE DESECHOS PLASTICOS
DE COLLEGE PARK

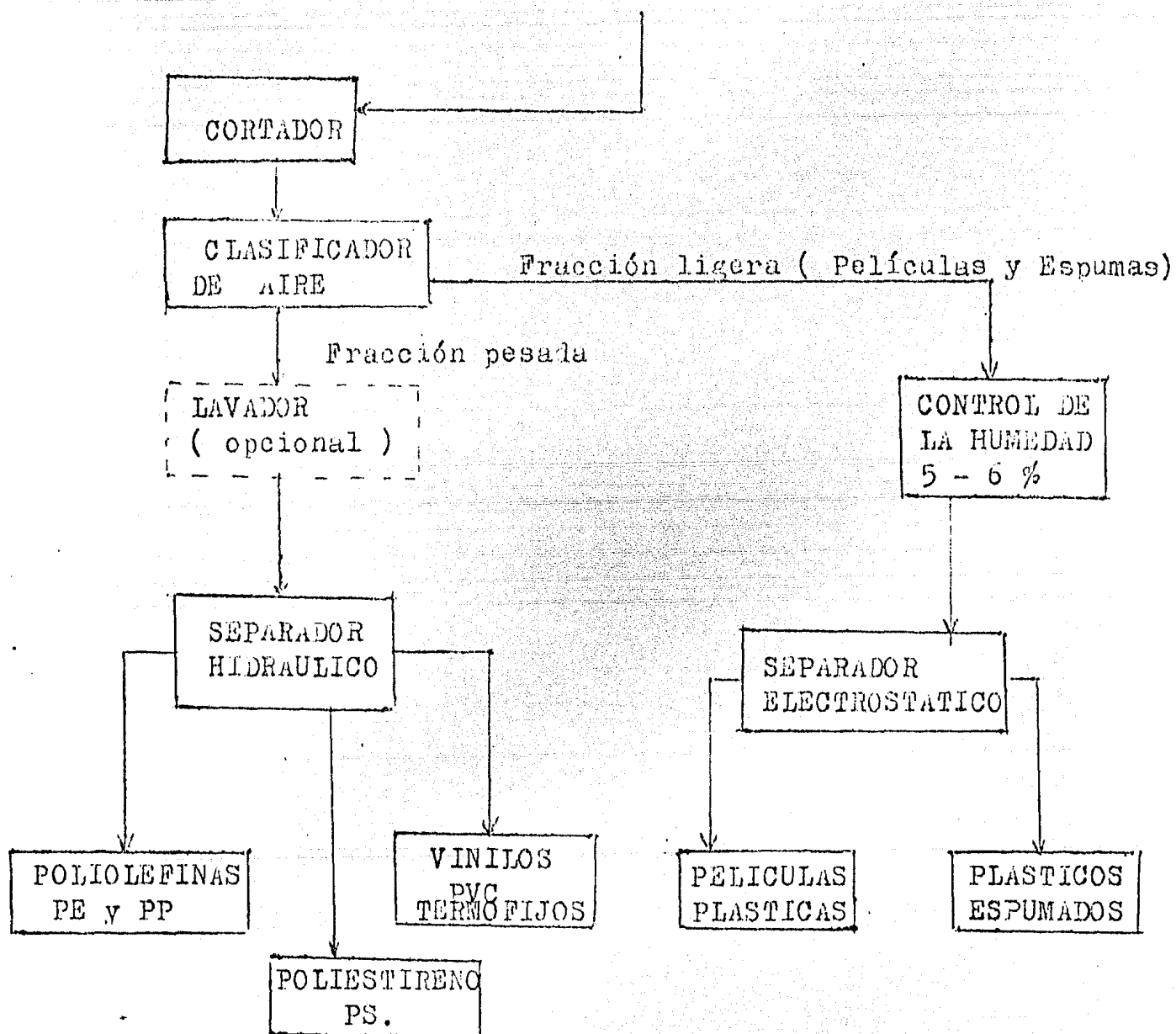


FIG. 4.10

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE SEPARACION DE DESECHOS PLASTICOS CONTENIENDO ALTO PORCENTAJE DE PELICULAS Y ESPUMAS.

IV-6.- DESECHOS DE ALAMBRE ELECTRICO CON AISLAMIENTO.

Una gran cantidad de aluminio y cobre se pueden recuperar de los desechos de alambre aislado, así como también el aislamiento de los mismos. Durante el proceso de recuperación, los desechos de alambre contienen elementos como el PVC, PE, Neopreno, fibra, y 2 a 7 porciento de metal. Virtualmente no existe mercado para éste tipo de desechos, en la forma en que se encuentran, y la manera más común de disponerlos es por medio de un relleno sanitario. La combustión del desecho es indeseable ya que la mayor parte del recubrimiento o aislante esta formado por PVC que al ser quemado libera HCl tóxico y corrosivo.

Una solución para éste problema podría ser el desarrollo de un proceso para remover el metal y segregar el PVC para su reciclado, dejando por otro lado la incineración.

"The Bureau's Salt Lake City" analizó muestras de desechos de alambre de cobre y aluminio, en los que determinó el contenido de metal, la distribución en tamaño de partícula de la parte metálica, el porcentaje del metal, el porcentaje de material en la fracción ligera del separador con aire, el contenido de cloro, y la densidad de las muestras. Los resultados del contenido de ambos metales antes y después de la clasificación por aire, se encuentran tabulados más adelante. En la tabla 4.9 se analiza que cinco de las ocho muestras contienen un alto porcentaje de metal en la fracción pesada del separador con aire.

Como puede observarse, las muestras de desechos contienen de 0.4 a 8.4 porciento de metal, con el valor más pequeño para la muestra proveniente de "The Bureau of Mines Salt Lake City Metallurgy Research Center". En éstos estudios también se presentan los resultados obtenidos para el tamizador de la fracción pesada del clasificador con aire. En la mayoría de los casos,

el cobre y el aluminio fueron concentrados a polvos más finos.

Los siguientes resultados muestran el contenido de metal y plástico obtenidos en la fracción pesada del clasificador con aire, con el fin de analizar las condiciones de máxima eficiencia de recuperación. Se dan también los resultados del análisis del contenido de cloro en el PVC del aislamiento; (Tablas 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12).¹⁴

MATERIAL	TOTAL DEL MATERIAL % en PESO	METAL % en PESO	PLASTICO % en PESO	METAL EN LA FRACCION PE- SADA % PESO
A	1.2	65	35	0.8
B	0.4	35	65	0.14
C	1.4	70	30	0.98
D	4.6	70	30	3.20
E	3.9	40	60	1.60
F	-	-	-	-
NEO PRENO				
G	-	-	-	-
H	9.0	-	-	0.08 ¹

TABLA 4.9.- 1: Pequeñas partículas de metal adherido al plástico.

ANALISIS DE CLORO PARA LOS DESECHOS DE ALAMBRE ELECTRICO

MUESTRA	POR CIENTO DE CLORO EN PESO
A.....	16.3
B.....	15.3
C.....	26.5
D.....	19.0
E.....	18.0
F.....	18.0
G.....	0.04
H.....	-
TABLA 4.10	

RESULTADOS DEL CLASIFICADOR DE AIRE EN DESECHOS DE
ALAMBRE CON AISLAMIENTO.

MATERIAL	FRACCION % en Peso	ANALISIS DE METAL		DISTRIBUCION DE METAL, % en Peso			
		% en Peso		Cu	Al	Cu	Al
		Cu	Al	Cu	Al		
A	Ligera 24.6	6.40	0.60	41.0	32.9		
	Pesada 75.4	3.90	0.4	59.0	67.1		
	Composición-100.0	3.80	0.4	100.0	100.0		
B	Ligera 10.7	2.60	2.0	28.0	16.6		
	Pesada 89.3	0.80	1.2	72.0	33.4		
	Composición-100.0	1.00	1.3	100.0	100.0		
C	Ligera 9.1	2.30	0.2	5.1	3.1		
	Pesada 90.9	5.40	0.2	94.9	90.3		
	Composición-100.0	5.20	0.2	100.0	100.0		
D	Ligera 10.9	5.05	0.64	7.1	10.1		
	PESADA 89.1	8.05	0.70	92.3	89.9		
	Composición-100.0	7.70	0.69	100.0	100.0		
E	Ligera 0.4	6.30	0.44	0.3	2.6		
	Pesada 99.6	7.60	0.65	99.7	37.4		
	Composición-100.0	7.60	0.066	100.0	100.0		
F Salt Lake City	Ligera 13.0	0.44	0.23	35.5	25.8		
	Pesada 81.0	0.19	0.16	64.5	74.2		
	Composición-100.0	0.24	0.17	100.0	100.0		
NEOPRENO							
G	Ligera 4.30	-	3.55	-	4.0		
	pesada 95.7	-	3.80	-	96.0		
	Composición-100.0	-	3.79	-	100.0		
H	Ligera 1.3	-	6.55	-	1.2		
	Pesada 98.7	-	6.95	-	98.8		
	Composición-100.0	-	6.94	-	100.0		

TABLA 4.11

RESULTADOS PARA LA PRUEBA DE TAPIZADO EN LA FRACCION PESADA
DEL CLASIFICADOR DE AIRE EN DESMENUOS DE ALABRE.

MATERIAL	TAMANO	% en Peso	ANALISIS DE METAL		DISTRIBUCION DE METAL, % en Peso	
			% en Peso		Ca	Al
			Ca	Al	Ca	Al
A	+10	71.8	0.7	0.4	13.3	61.4
	-10+14	21.0	2.3	0.5	12.8	22.4
	-14+20	4.4	11.6	0.7	13.5	6.6
	-20	2.8	81.8	1.0	60.4	9.6
		100.0	3.8	0.5	100.0	100.0
B	+10	66.4	0.3	1.6	23.1	77.6
	-10+14	18.4	0.9	1.0	19.2	13.4
	-14+20	10.7	1.1	0.9	13.7	7.0
	-20	4.5	8.4	0.6	43.9	2.0
		100.0	0.9	1.4	100.0	100.0
C	+10	9.0	3.5	0.3	6.6	16.7
	-10+14	24.9	2.0	0.2	10.5	34.8
	-14+20	42.2	3.2	0.1	28.5	29.5
	-20	23.3	10.8	0.1	54.4	16.8
		100.0	4.7	0.1	100.0	100.0
D	+6	1.6	1.7	1.0	0.3	2.5
	-6+10	43.0	1.1	0.5	5.3	33.3
	-10+14	27.9	5.5	0.3	18.8	38.3
	-14+20	21.0	10.1	0.5	26.0	15.0
	-20	6.5	61.6	0.9	49.1	9.0
	100.0	8.2	0.6	100.0	100.0	
E	+6	0.7	0.3	0.03	< 0.1	0.4
	-6+10	93.3	7.6	0.05	88.9	85.3
	-10+14	5.2	6.8	0.12	4.4	11.5
	-14+20	0.3	22.9	0.10	0.3	0.5
	-20	0.5	92.9	0.15	5.8	1.3
	100.0	8.0	0.05	100.0	100.0	
F Salt Lake City.	+6	12.0	0.05	0.09	2.6	3.7
	-6+10	55.1	0.02	0.11	4.8	46.7
	-10+14	13.0	0.05	0.16	4.2	24.4
	-14+20	9.0	0.33	0.16	1.3	21.5
	-20	4.9	4.07	0.17	87.1	6.7
	100.0	0.26	0.12	100.0	100.0	
NEOPRENO						
G	+4	35.7	-	0.16	-	2.1
	-4+6	34.7	-	3.10	-	35.9
	-6+10	27.6	-	4.4	-	42.1
	-10	2.0	-	26.0	-	19.3
		100.0	-	2.9	-	100.0
H	+4	10.0	-	0.7	-	0.6
	-4+6	43.1	-	2.8	-	12.4
	-6+10	42.8	-	18.0	-	73.1
	-10	4.1	-	20.9	-	3.7
		100.0	-	9.3	-	100.0

TABLA 4.12

El aislamiento de PVC contiene alrededor de 50% de resina de PVC, 30% de plastificante, y 20% de relleno, estabilizador, lubricante, y agentes colorantes. En el separador hidráulico, se empleó un medio líquido: agua y dos soluciones de cloruro de calcio con densidades de 1.0 g/cc, 1.2 g/cc y 1.5 g/cc respectivamente. Los resultados para el separador hidráulico se encuentran tabulados en la tabla 4.13, junto con información adicional para el contenido de cloro, en la que se observa que las muestras A, B, y C presentan el mayor contenido de cloro en el intervalo de densidades de 1.2 al.5 g/cc, lo que indica un alto contenido de PVC. Usando la información previa se puede concluir que la proporción de PVC en el aislamiento es del 50%, el contenido de cloro en compuesto del 100% de PVC puede ser del 30%. Basándose en esto, las fracciones de los materiales A y B separados en el intervalo de densidad de 1.2 a 1.5 g/cc contienen de un 80 a un 90 por ciento de PVC. Obviamente el material C no pertenece a este tipo de compuestos, ya que contiene un porcentaje mayor que para el PVC; también el mayor contenido de metal ocurre en las fracciones con densidad mayor a 1.5 g/cc.

Se compararon los métodos para mejoramiento del contenido metálico como el separador electrostático, y el "jiging", aplicados a la porción pesada del clasificador de aire. Los mejores resultados se obtuvieron en el separador "jig", como se observa a continuación: (Tablas 4.13, 4.14 y 4.15).

ANALISIS DE LA FRACCION PESADA DEL CLASIFICADOR DE AIRE EN EL SEPARADOR HIDRAULICO PARA DESECHOS DE ALAMBRE AISLADO.

MATERIAL	DENSIDAD d=g/cc	FRACCION % en Peso	METAL % en Peso.		% CLORO en Peso	DISTRIBUCION DE METAL en Peso	
			Cu	Al		Cu	Al
A	<1.0	6.5	-	-	0.6	-	-
	1.0-1.2	4.6	-	-	21.5	-	-
	1.2-1.5	75.2	-	-	26.6	-	-
	>1.5	13.7	-	-	-	-	-
B	<1.0	19.6	-	-	0.08	-	-
	1.0-1.2	17.5	-	-	2.4	-	-
	1.2-1.5	47.7	-	-	24.8	-	-
	>1.5	15.2	-	-	-	-	-
C	<1.0	1.0	-	-	9.0	-	-
	1.0-1.2	6.5	-	-	34.2	-	-
	1.2-1.5	77.4	-	-	39.9	-	-
	>1.5	15.1	-	-	-	-	-
D	<1.0	2.5	0.27	0.02	-	< 0.1	< 0.1
	1.0-1.2	3.8	0.14	0.04	-	< 0.1	0.3
	1.2-1.5	79.3	0.13	0.04	-	1.3	4.9
	>1.5	14.4	51.7	4.4	-	98.0	14.7
E	<1.0	0.1	0.07	0.02	-	< 0.05	-
	1.0-1.2	8.8	0.03	0.02	-	< 0.05	6.4
	1.2-1.5	76.9	0.06	0.035	-	0.5	78.8
	>1.5	14.2	57.8	0.035	-	99.4	14.8
F	<1.0	0.1	<0.1	<0.2	-	0.05	6.2
	1.0-1.2	0.4	<0.1	<0.1	-	0.05	0.2
	1.2-1.5	86.2	<0.1	0.1	-	15.2	85.1
	>1.5	13.3	3.3	0.1	-	84.7	14.5
G	* <1.0	51.8	<0.01	0.09	-	6.2	4.3
	1.0-1.2	43.1	0.01	0.08	-	15.8	1.0
	1.2-1.5	0.5	0.01	0.22	-	0.1	<0.05
	>1.5	4.6	0.68	72.8	-	77.9	77.75
H	<1.0	25.3	<0.01	0.02	-	2.0	0.1
	1.0-1.2	40.7	<0.01	0.02	-	3.2	0.1
	1.2-1.5	3.6	<0.01	0.25	-	0.3	0.1
	>1.5	30.4	0.19	27.1	-	94.5	93.7

* NEOPRENO

TABLA 4.13

RESULTADOS PARA EL SEPARADOR ELECTROSTATICO

MATERIAL	FRACCION % en Peso	ANALISIS DE METAL % en Peso.		DISTRIBUCION DE METAL % en Peso	
		Cu	Al	Cu	Al
A (-10mesh)					
Desecho	78.4	1.1	(1)	6.5	(1)
Concentrado	21.5	57.0		93.5	
Composición	100.0	13.2		100.0	
B(-1/4) in.					
Desecho	94.4	0.64	0.87	78.1	64.5
Concentrado	5.6	3.0	8.0	21.9	35.5
Composición	100.0	0.77	1.27	100.0	100.0
C(-10mesh)					
Desecho	95.5	1.5	(1)	21.9	(1)
Concentrado	4.5	83.9		78.1	
Composición	100.0	5.2		100.0	
D (-10 mesh)					
Desecho	87.4	5.6	0.13	38.1	16.8
Concentrado	12.6	63.8	4.5	61.9	83.2
Composición	100.0	12.9	0.68	100.0	100.0
E:					
Desecho	89.2	1.48	0.14	14.8	88.7
Concentrado	10.3	10.16	0.15	85.2	11.3
Composición	100.0	8.9	0.14	100.0	100.0
F:(-10 mesh)					
Desecho	97.7	0.44	0.35	38.5	99.1
Concentrado	2.3	29.8	0.14	61.5	0.9
Composición	100.0	1.12	0.35	100.0	100.0
NEOPRENO					
G (-3 mesh)					
Desecho	94.4	0.01	0.45	-	8.3
Concentrado	5.6	0.03	83.5	-	91.7
Composición	100.0	0.01	0.1	-	100.0
H:					
Desecho	85.5.	0.01	0.8	-	6.9
Concentrado	14.5	0.01	63.1	-	93.1
Composición	100.0	0.01	9.8	-	100.0

1.- Incluye desecho de cobre.

TABLA 4.14

14-15
 RESULTADOS PARA EL SEPARADOR "JIG".

MATERIAL	FRACCION % en Peso	ANALISIS DE METAL		DISTRIBUCION DE METAL	
		% en Peso.		% en Peso	
		Cu	Al	Cu	Al
A (-10 mesh)					
Desecho	86.3	0.4	(1)	2.8	(1)
Concentrado	13.7	88.6		97.2	
Composición	100.0	12.5		100.0	
B (-1/2 in.)					
Desecho	89.0	0.36	0.54	28.5	44.4
concentrado	11.0	6.49	5.68	71.5	55.6
Composición	100.0	1.1	1.0	100.0	100.0
C (-10 mesh)					
Desecho	94.0	0.7	(1)	19.3	(1)
Concentrado	6.0	45.8		80.7	
Composición	100.0	3.4		100.0	
D:					
Desecho	87.9	0.22	0.1	2.4	15.1
Concentrado	12.1	66.2	4.2	97.6	84.9
Composición	100.0	8.2	0.6	100.0	100.0
E:					
Desecho	76.4	0.23	0.09	1.5	63.4
Concentrado	23.6	48.5	0.13	98.5	31.6
Composición	100.0	11.6	0.10	100.0	100.0
F (-1/4 in.)					
Desecho	88.7	0.02	0.095	5.7	79.9
Concentrado	11.3	2.6	0.19	94.3	20.1
Composición	100.0	0.3	0.11	100.0	100.0
NEOPRENO					
G (-3 mesh)					
Desecho	84.4	< 0.01	0.10	< 40.0	2.0
Concentrado	15.6	0.06	28.1	> 60.0	98.0
Composición	100.0	0.01	4.5	100.0	100.0
H:					
Desecho	72.3	< 0.01	0.06	< 20.0	0.6
Consentrado	27.7	0.16	25.9	> 80.0	99.4
Composición	100.0	0.03	7.2	100.0	100.0

1.- Aluminio incluido con el cobre.

TABLA 4.15

IV-7.- RECUPERACION DEL VALOR DE LOS DESECHOS POSTCONSUMIDOS.

Los plásticos tienen un alto poder calorífico, lo cual hace que la incineración sea un método especialmente atractivo para la recuperación del valor energético de los desechos plásticos, ya que poseen un valor de aproximadamente 8754 Kcal/kg comparado con el valor que tiene la basura completa que es de alrededor de 3,053 Kcal/kg.

Una de las formas de recuperar el valor energético de los desechos plásticos es por medio de la generación de energía eléctrica a través de la combustión de éstos en dos formas:

- 1.- Combustión de la basura para la producción de vapor empleado en el movimiento de turbinas.
- 2.- Usar directamente los gases de combustión de los desechos para mover turbinas de gas.

Esta posibilidad se visualiza debido al acelerado crecimiento de la necesidad de emplear energía en los procesos industriales y es el motivo por el cual se consideran a los desechos plásticos como posibles fuentes futuras de energía. En la tabla 4.16 se da una lista de los calores de combustión de plásticos y subproductos de los mismos, determinados en una bomba calorimétrica isotérmica:

CALORES DE COMBUSTION DE PLASTICOS

MUESTRA	Kcal/kg
PVC en el Reactor	
Residuo	6,827.3
Líquido condensado	7,770.9
Gas combustiole	11,101.3 ¹
Desechos de PVC	5,495.2
PEAD	10,379.7
PS	9,380.6

TABLA 4.16

1.- Estimado.

De las formas más usada para recuperar el valor energético de los desechos plásticos están la pirólisis y la incineración, técnicas que se describen a continuación:

IV-8.- PIROLISIS.

La pirólisis difiere de la destilación destructiva en que todos los productos obtenidos de ella son recuperados.

Es posible pirolizar muchos plásticos tales como la poli-olefinas, PVC, poliestireno, sus copolímeros, en forma individual o en mezclas. Investigadores de la universidad de Hamburgo, "West Germany Hamburg University" obtuvieron buenos resultados a escala pequeña en una planta piloto en el año de 1975, realizando el proceso de pirólisis en un lecho fluidizado y bajo una atmósfera inerte.

Esta operación evita la formación de productos de oxidación que reduce la eficiencia de utilidad de los productos químicos provenientes de la pirólisis, así con la facilidad de su recuperación.

La pirólisis es un proceso donde el material orgánico es colocado en una retorta en ausencia de oxígeno, ó con la atmósfera de éste debidamente controlada.

Las investigaciones realizadas por "The Bureau of Mines" y otras organizaciones han llegado a la conclusión de que la pirólisis es un método de disposición de los desechos plásticos que puede presentar ventajas económicas en la generación de muchos subproductos, tal como el gas combustible que se necesita para la generación del calor de reacción de los desechos. Los otros productos de ésta reacción, tales como líquidos orgánicos y carbón también tienen un valor energético, ya que casi todos los plásticos son derivados del petróleo.

La pirólisis es entonces un método de reciclado de dese-

chos plásticos en el cual no solamente reduce el volumen de los desechos, sino que a partir de él se obtienen productos con valor químico y como combustible.

El poliestireno es uno de los pocos plásticos reportados que produce un porcentaje relativamente alto de subproductos cuando se descompone térmicamente.

Estudios realizados por "The United States Bureau of Mines Rolla", determinaron la viabilidad y los parámetros óptimos para la recuperación de HCl a partir de desechos de PVC. Para una muestra de resinas de PVC puro, el contenido en peso de HCl es de 50 a 60%, pero la adición de plastificantes y de rellenos, disminuye ésta cantidad, por ejemplo: dos muestras de compuestos de PVC comercial contienen 46% a 54% de HCl. La muestra de desecho plástico de la comunidad de Rolla contiene alrededor de 30% en peso de HCl.¹⁶

Los experimentos de descomposición térmica del PVC realizados en un volumen de 1 litro de reacción conducen a que el HCl se empieza a generar a los 220°C y se incrementa rápidamente con el incremento de la temperatura. Un diagrama esquemático del aparato de descomposición térmica se presenta en la figura 4.11

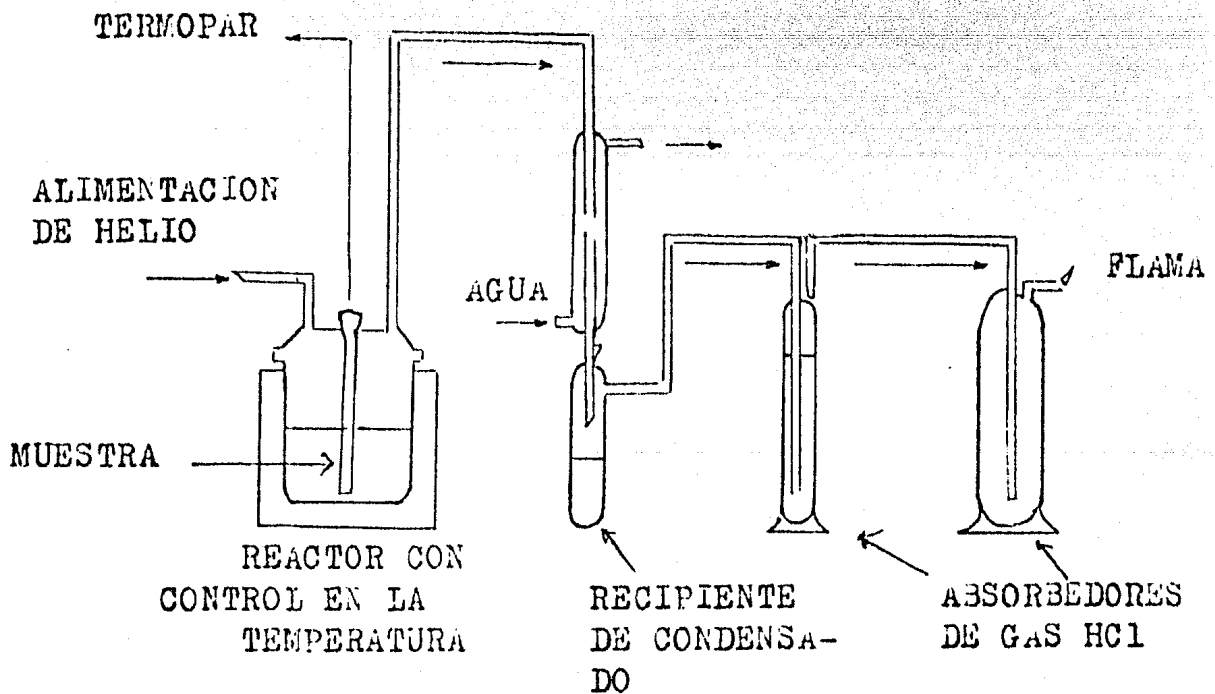


DIAGRAMA ESQUEMATICO PARA DESTILACION DE HCl A PARTIR DE DESECHOS DE PVC.

FIG. 4.11

Los resultados experimentales después de una hora de tratamiento térmico de dos muestras de compuestos de PVC puro moldeado y de PVC proveniente del desecho de Rolla, están presentados gráficamente en la siguiente figura:

PORCIENTO DE LIBERACION DE HCL Vs. TEMPERATURA DE PVC.

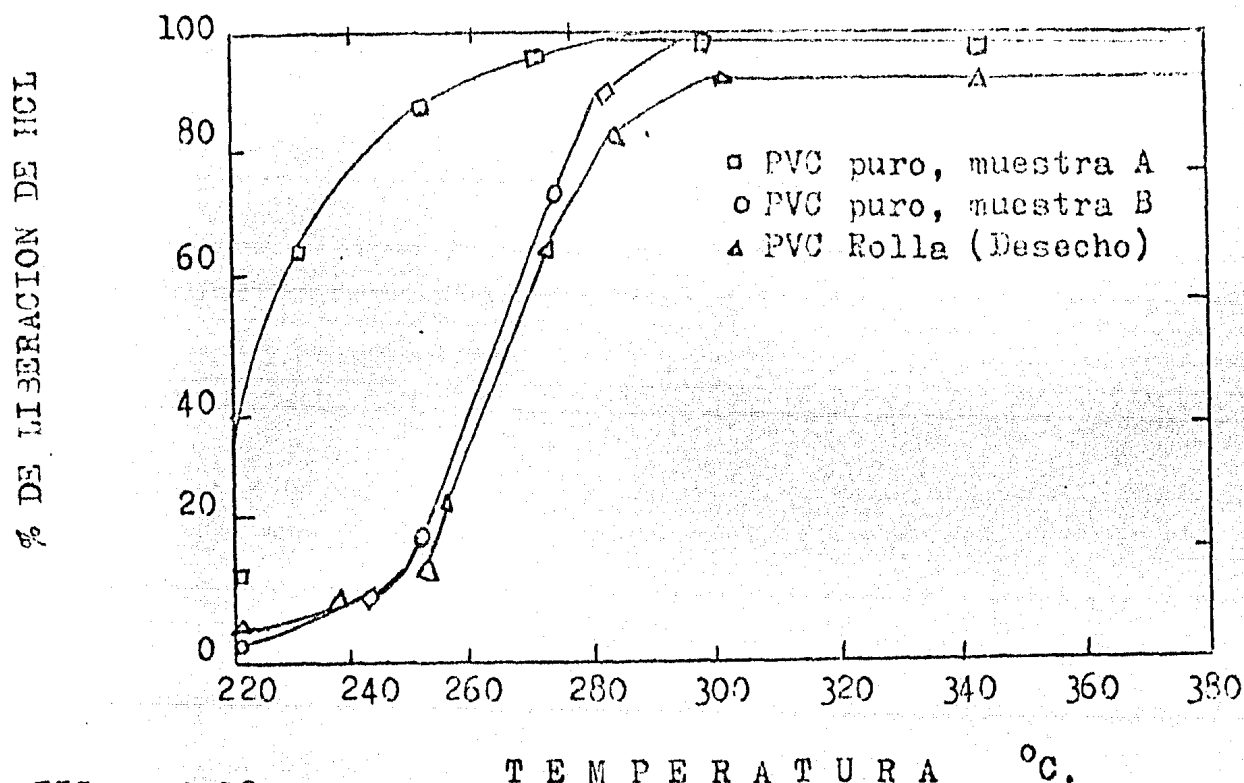


FIG. 4.12

TEMPERATURA °C.

La disociación fue virtualmente completa después de una hora de reacción a 300°C, liberando de HCl un 99% en las muestras puras y un 92% en las muestras de desecho. Los otros productos de la disociación, el carbón, el condensado líquido, y el combustible, tienen valor energético.

Las mediciones hechas en los productos finales, se realizaron en una bomba calorimétrica isotérmica y los resultados de los calores de combustión se encuentra en la tabla dada anteriormente.

El carbón proveniente del desecho de PVC fue 44% de la

muestra original, el cual contenía 6.3% de agua, 15% de cenizas, 51% de material volátil, y 27% de carbón activo.

El PVC disociado de la comunidad de Rolla contenía del 10% a 15% como líquido condensado, formado por benceno, tolueno, xilenos y aceite pesado. El porcentaje de gas combustible derivado de la muestra de desecho se analizó por análisis espectral de masa donde se observó que estaba formado por agua, metano, etano, propano y butano. La temperatura de descomposición térmica de los desechos de PVC, considerada como la óptima, fue de 350°C. La parte de HCl no recuperado se encontró en el carbón, en donde reaccionó con el relleno de carbonato de calcio para generar cloruro de calcio. Los compuestos de PVC que contienen rellenos básicos, tales como el carbonato de calcio, carbonato de potasio, óxido de magnesio, y otros, reducen el volumen de recuperación de HCl.

Por otro lado, los resultados de la descomposición térmica de los desechos plásticos de alambre con aislamiento, después de una hora de tratamiento térmico generan de 72% a 93% de HCl.

Los porcentajes de carbón, líquido condensado, y gas combustible, son muy similares a los obtenidos en las pruebas realizadas con desechos de PVC. Se observó que el HCl liberado reaccionó con los residuos de aluminio y cobre metálico generando los correspondientes cloruros, los cuales quedaron asociados con la fracción del carbón.

Se realizaron pruebas a 400°C en las que se observó un pequeño incremento en la liberación de HCl, pero el líquido condensado aumento de 6% al 10%. A mayores temperaturas se observó un pequeño aumento en la cantidad de carbón, así como en la cantidad de gas combustible. Las cenizas contenían cantidades menores de aluminio, fierro, cobre, magnesio, plomo, estaño, tita--

nio y cantidades preponderantes de calcio y silicio.

Es evidente que los desechos de PVC merecen consideración en el procesamiento químico como fuentes de HCl y combustible.¹⁷

8a) APROVECHAMIENTO DE DESECHOS PLÁSTICOS PARA REPRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO, DISULFURO DE CARBONO Y COMBUSTIBLES.

Por otro lado, se ha desarrollado experimentalmente un proceso para el aprovechamiento de desechos plásticos en la producción principalmente de carbón activado, disulfuro de carbono y combustibles líquidos, el cual consiste en dos etapas, la primera en una pirólisis y la segunda en el aprovechamiento de los productos de ésta.

Este trabajo se realizó con el fin de aprovechar los materiales plásticos no regenerables para la producción de sustancias que necesita el país, evitando con esto, por una parte, la contaminación y por otra disminuir la importación de los productos generados, y fue expuesto en el "Tercer Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental" llevado a cabo el 22 de Septiembre de 1982, en Acapulco, Gro. (México).

El reporte considera el llevar a cabo la experimentación a nivel planta piloto para determinar el efecto de cantidades mayores de carga en el proceso, ya que los resultados indican buenas perspectivas a nivel industrial, debido a la economía y calidad de los productos hasta ahora obtenidos.

Se considera que solamente en la zona metropolitana de la ciudad de México se generan 300 toneladas diarias de residuos plásticos.

En los Estados Unidos de América y países europeos se han desarrollado investigaciones para el aprovechamiento de éste ti

po de materiales en la producción de gasolinas, naftas, para aliviar el problema de energéticos que se sufre a nivel mundial.

Durante el desarrollo experimental se determinaron las variables más importantes del proceso, obteniéndose resultados que indican buenas perspectivas para su aplicación a nivel industrial. Se ha concluido la evaluación de carbón activado, que dando la que corresponde a los combustibles líquidos y la producción de disulfuro de carbono.

8b) DESARROLLO EXPERIMENTAL

Las pruebas para el desarrollo del proceso se llevaron a cabo a nivel laboratorio, dividiéndose en dos etapas:

- 1.- Pirólisis de los desechos plásticos.
- 2.- Aprovechamiento de los productos de la pirólisis para la producción de carbón activado, sulfuro de carbono y combustibles líquidos.

1.- PIROLISIS: Consiste en el tratamiento térmico de los desechos plásticos en un horno de tipo tubular con calentamiento de fuego directo.

Las variables experimentales de este proceso se definieron como las temperaturas y tiempos de reacción.

Los productos que se obtienen en esta primera etapa son resultado de un proceso batch, por lo que para llevar a cabo la segunda etapa es conveniente acumular la cantidad necesaria para sus requerimientos.

Los productos principales que se obtienen de la pirólisis consisten en :

- Alquitrán (domo)
- Gases combustibles, incondensables (domo)
- Residuo carbonoso (fondo)

Estos productos se utilizan en la segunda etapa para producir, de acuerdo a su naturaleza:

ALQUITRAN	Combustibles líquidos (gasolinas, diesel, etc.) Residuo sólido (Asfaltos)
GASES DE COMBUSTION	Se neutralizan, recirculándose a los quemadores para la pirólisis y para la activación.
CARBON	Carbón activado. Disulfuro de carbono

2.- APROVECHAMIENTO DE LOS PRODUCTOS DE LA PIROLISIS:

a) Producción de carbón activado:

El carbón producido en la pirólisis es separado a través de un molino para homogeneizar el tamaño de partícula, posteriormente se somete a activación mediante vapor de agua sobrecalentado. El carbón activado se tamiza para obtener carbón granular y en polvo.

Las variables más importantes de éste proceso fueron: las temperaturas de activación, la relación peso de vapor/carbón y tiempos de reacción. De éstas variables se seleccionaron las condiciones más favorables al proceso.

Una vez obtenido el carbón activado, se efectuó una evaluación comparando el obtenido con una muestra comercial de características similares (tamaño de partícula). La técnica utilizada es la que establece ASTM D-2355-70 para carbón activado en fase líquida.

b) Producción de disulfuro de carbono:

Una parte del carbón obtenido de la pirólisis se puede utilizar para producir sulfuro de carbono por medio de un proceso de retorta que requiere de carbón granular o polvo y azufre.

Este proceso se encuentra en su etapa experimental, por lo que no se tienen todavía resultados definitivos.

c) Producción de combustibles:

El producto oleoso (condensado) obtenido en los domos en la pirólisis, con características físicas semejantes al alquitrán se somete a una destilación a presión atmosférica, de la cual se obtienen diversas fracciones.

Las características físicas, así como los intervalos de ebullición de los cortes, indican que se tratan de combustibles líquidos tales como: gasolinas, combustóleo, diesel, etc.; para poder comprobar ésta hipótesis, es necesario efectuar una caracterización de cada corte.

De los datos obtenidos experimentalmente, se elaboró un diagrama de proceso que sintetiza el camino que siguen cada uno de los productos. Este diagrama se muestra en la figura 4.12 .

Los desechos son alimentados a una cortadora (D-1) para su fragmentación, que facilita su manejo. Los desechos ya fragmentados se pasan a una tolva dosificadora (TD-1) que alimenta al horno de pirólisis (H-P), que se calienta a fuego directo mediante la recirculación de los gases combustibles que resultan en el proceso. Los productos del horno son, para el domo, gases combustibles y alquitrán que se condensan en el cambiador de calor (H-1) para luego ser separados en el tanque de separación (T-1); los gases combustibles (ácidos) no condensados se ventean a la torre de lavado (T-GL) en donde se lavan con una solución diluída de hidróxido de sodio, la cual se recircula prácticamente en forma parcial por medio de la bomba (B-1), para ser enviados a los quemados de la pirólisis y activación. El alquitrán separado del tanque (T-1) se envía a un tanque de almacenamiento (T-A) por medio de la bomba (B-2) para someterse

posteriormente a un proceso de refinación mediante una destilación a presión atmosférica.

El carbón que sale por el fondo del horno de pirólisis, (H-P) se alimenta a un tolva dosificadora (TC-2) que lo transporta al molino (M-1) en donde se homogeniza el tamaño de partícula; de ahí se pasa a la tolva de alimentación (TA-1) que lo alimenta al horno de activación (H-A) en donde se lleva a cabo la reacción mediante calentamiento a fuego directo y vapor de agua sobrecalentado.

El carbón activado que se obtiene, se pasa a un tolva dosificadora (TD-3) que lo alimenta a un tamizador (T-2) para separar el carbón granular y el polvo, para su almacenamiento posterior en tolvas (T-0) antes de empaquetado.

8c) ANALISIS DE RESULTADOS:

Primera etapa: PIROLISIS

Los datos experimentados obtenidos en ésta etapa son:

- Intervalo de temperatura (T_p): 500-700°C ó más.
- Tiempo (t_t): el necesario para alcanzar 550°C. y conservar la temperatura a 650°C, durante un lapso de 15 a 45 minutos.
- Presión (P): Atmosférica (585 mm Hg en la ciudad de México)

Con estas condiciones de operación se obtuvieron los datos que aparecen en la tabla 4.17 así como en las figuras 4.13 y 4.14.

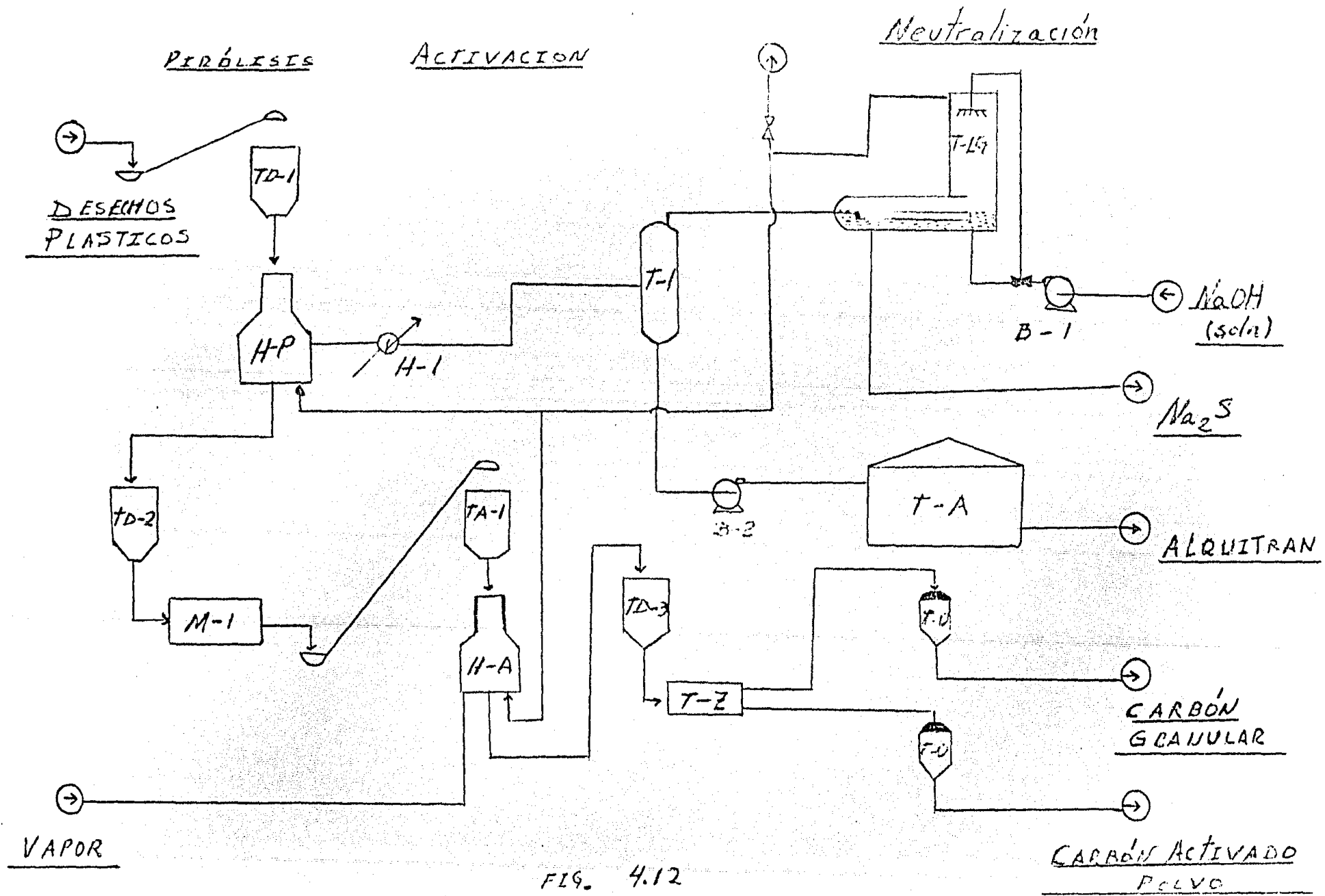
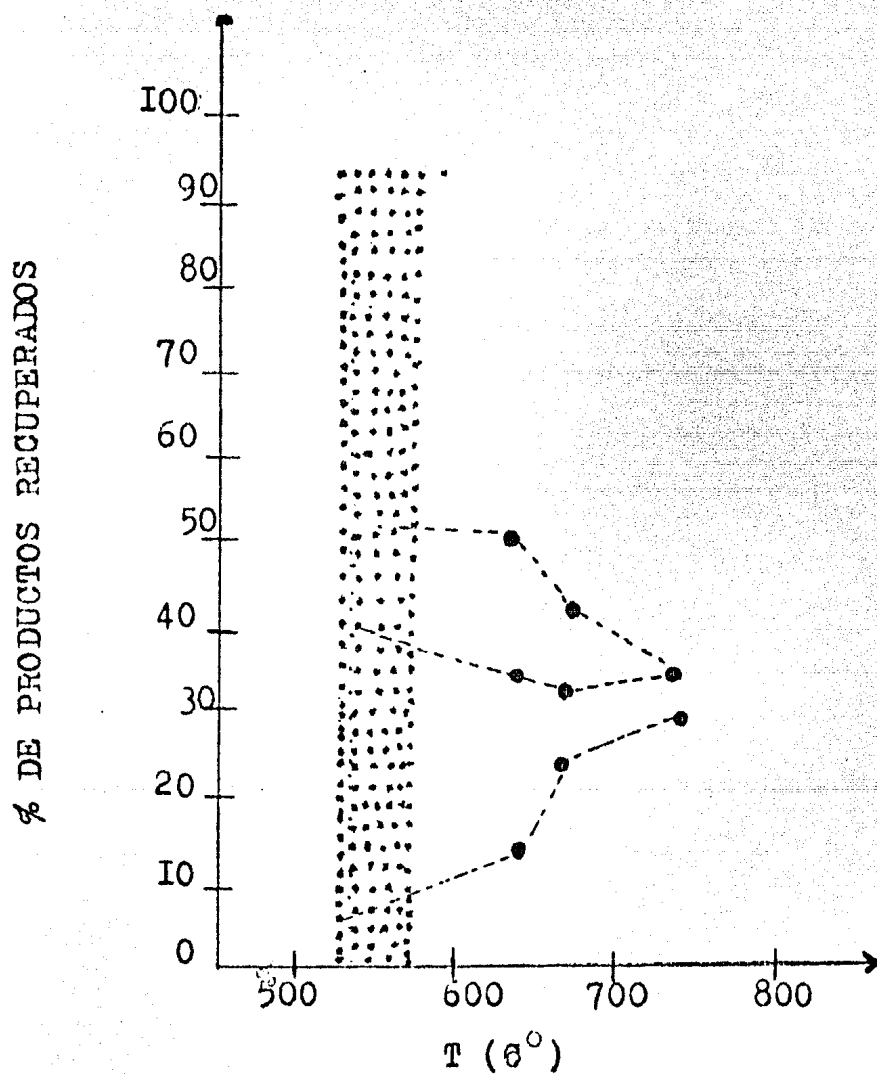


FIG. 4.12

T A B L A 4.17

T i e m p o (min.)	T e m p e r a t u r a (°C)
0	18
1	23
2	59
3	120
4	170 (Tpi)
5	224
6	281
7	295
8	324
9	346
10	372
11	393
12	415
13	434
14	457
15	474
16	490 (Tpf)
17	499
18	502
19	507
20	509
21	511
22	514
23	516
24	516
25	516

NOTA: La temperatura se determinó con un multímetro digital



EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE
LOS PRODUCTOS RECUPERADOS.

FIG. 4.13

DESTILACION DESTRUCTIVA

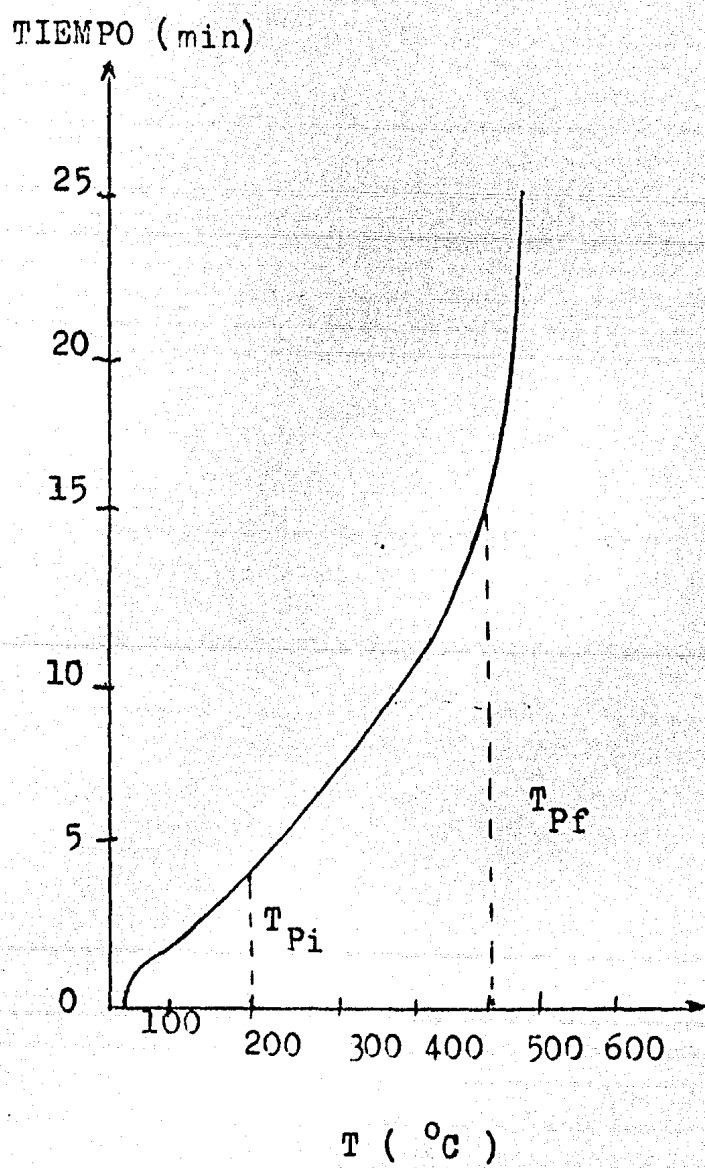


FIG. 4.14

El análisis de éstos resultados permite determinar la cantidad de productos que se pueden aprovechar en la segunda etapa del proceso. En la figura anterior se observa el efecto de la temperatura sobre el porcentaje de los productos recuperados de lo cual se puede estimar, en base a la temperatura los porcentajes de cada uno de los productos y obtener así un control sobre el proceso.

Los datos representados en la gráfica de temperatura contra tiempo, se pueden analizar para determinar la relación entre el tiempo, temperatura inicial (T_{pi}) y final (T_{pf}) de la destilación, lo que nos permite seleccionar la cantidad de producto deseada de acuerdo a las necesidades de aprovechamiento posteriores.

Segunda etapa: APROVECHAMIENTO DE LOS PRODUCTOS DE LA PIROLISIS

a) Producción de carbón activado:

Una parte del carbón producido en la pirólisis se somete a una activación con vapor de agua a alta temperatura. Los datos experimentales obtenidos son los siguientes:

- Intervalo de temperatura (T_a): 500-680°C.
- Tiempo de activación (T_a) segs. 3-10
- Presión (P_a): atmosférica (585 mm Hg)
- Intervalo de relación peso (vapor-carbón): 1-3

Los datos experimentales de las pruebas de activación se muestran en las figuras de las gráficas de Transmitancia contra relación peso vapor/carbón y transmitancia contra temperatura , dadas en las figuras 4.15 y 4.16.

Para determinar la temperatura óptima de activación, se utilizó una solución prueba de azul de metileno y una relación de peso de vapor/carbón de 1 a 1. Los datos experimentales obtenidos son los siguientes:

- Temperatura de análisis (T_a): $19 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Concentración inicial de la solución de azul de metileno (C_0): 2.504×10^{-6} gr-mol/lt.
- Peso de carbón activado (W_c): 0.500 gr.
- Volúmen de la solución prueba (T_s): 50 ml
- Tiempo para alcanzar el equilibrio (t_e): 7 min.
- Relación peso (vapor/carbón) (R): 1:1

Los datos experimentales son:

Temperatura de activación ($^\circ\text{C}$)	% de Transmitancia
580	90.8
600	91.2
630	91.3
680	94.6

TABLA 4.18

La tabla 4.18 muestra los datos de la temperatura de activación contra el % de transmitancia, resultado de los análisis hechos bajo las condiciones anteriormente descritas, mismos que se han graficado y que permiten establecer una relación de funcionalidad mediante la ecuación :

$$\%T = a R^b \quad \text{donde}$$

R = Relación peso vapor/carbón (gr de vapor /gr carbón)

$\%T$ = Porcentaje de transmitancia.

a, b = Constantes específicas para las condiciones del experimento.

Esta ecuación también se puede expresar como:

$$\ln \%T = \ln(a) + b \ln(R)$$

Para establecer los valores que definen la ecuación se de

terminaron experimentalmente los siguientes datos, bajo las mismas condiciones experimentales descritas.

<u>Experimento</u>	<u>%T</u>	<u>R</u>	<u>Ln(%T)</u>	<u>Ln(R)</u>
A	94.25	0.5	4.5459	0.6931
B	94.60	1.0	4.5496	0.0000
C	94.75	2.5	4.5512	0.9163
D	94.80	3.0	4.5517	1.0986

TABLA 4.19

Finalmente, los valores obtenidos mediante el ajuste por mínimos cuadrados son:

$$a = 94.50$$

$$b = 0.003$$

Por lo que la funcionalidad entre la relación de %T vs. - peso vapor/carbón activado queda dada por la ecuación:

$$\% T = 94.50 R^{0.003}$$

misma que también se graficó.

Para evaluar el carbón obtenido experimentalmente se utilizó una muestra de referencia de un carbón comercial, utilizando para esto el método recomendado por el ASTM - D-2355-70 para carbón activado en fase líquida mediante la técnica de la isoterma de adsorción. El procedimiento básico, llamado eficiencia relativa del adsorbato de prueba, tiene como objetivo la determinación de la cantidad de carbón de prueba que se requiere para eliminar un porcentaje establecido de impureza, de una cantidad de carbón de referencia requerido para acercarse al mismo grado de purificación.

Si el peso de carbón de referencia es M_r y el peso de carbón de prueba es M_t , la eficiencia relativa (RE) del carbón de prueba es:

$$RE = (M_r / M_t) \times 100$$

% DE TRANSMI-
TANCIA.

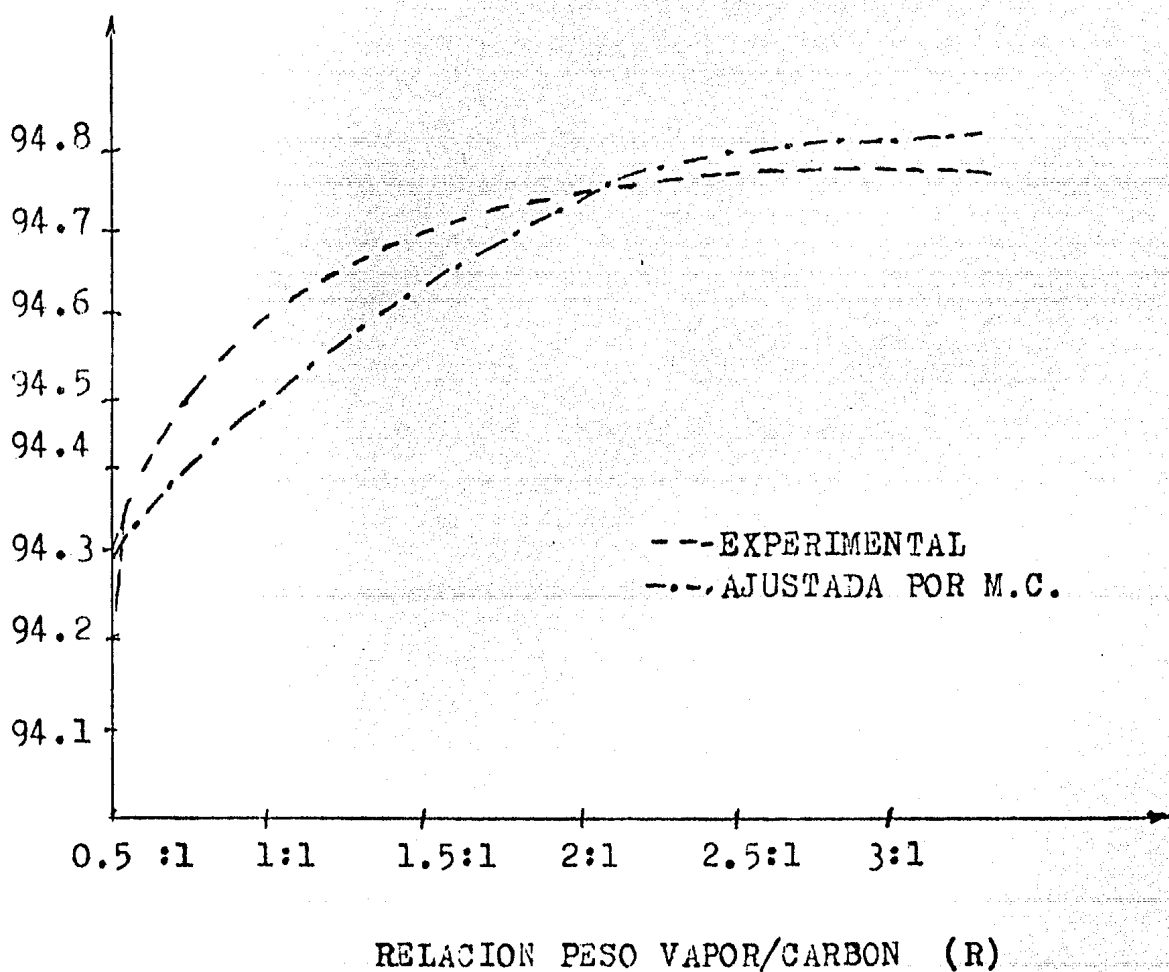
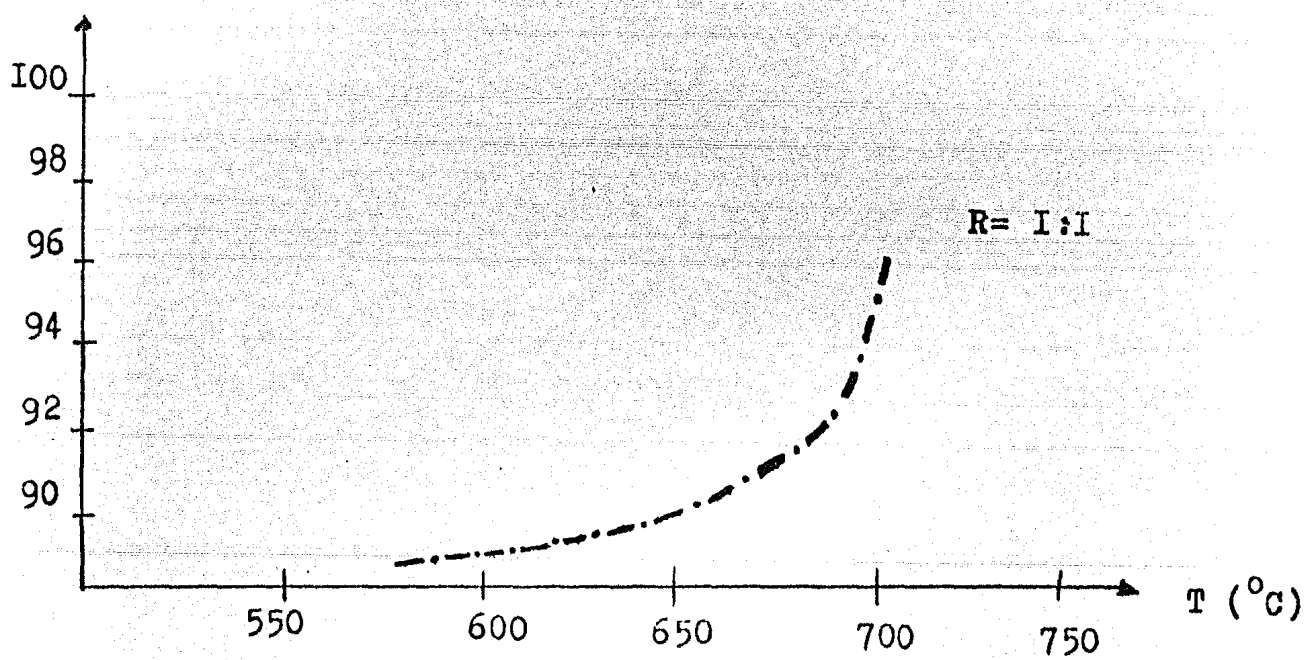


FIG. 4.15

% DE TRANSMITANCIA



TEMPERATURA DE ACTIVACION

FIG. 4.16

Una alicuota apropiada de solución de prueba se utiliza - para obtener las isothermas de adsorción, cada una de ellas con cuatro puntos.

Los resultados experimentales, para el carbón de prueba y de referencia, se han graficado y tabulado como se muestra a continuación:

TABLA 4.20

ANALISIS DE CARBON ANTES DE ACTIVACION

Muestra No.	Carbón	Peso de carbón M, (gr)	% T	Concentración X(10) ⁻⁶ (gr-mol/lt)	X/M= (Co-C _f)/M X(10) ⁻⁶ (gr-mol/lt)	ln(X/M)	ln C _f
1	de referencia	-----	27.5	1.565 *	-----	-----	-----
2	"	0.440	78.0	0.230	3.034	-12.70	-15.30
3	"	0.560	84.5	0.160	2.508	-12.90	-15.65
4	"	0.670	90.0	0.120	2.156	-13.05	-15.94
5	"	0.780	91.0	0.100	1.878	-13.19	-16.12
I	Experimental	0.210	67.0	0.370	5.690	-12.10	-14.81
II	"	0.337	74.0	0.280	3.813	-12.50	-15.10
III	"	0.442	75.7	0.260	2.952	-12.70	-15.20
IV	"	0.596	81.0	0.200	2.290	-13.0	-15.42

Temperatura de operación: T_o = 19.0 ± 1 °C.

* Concentración inicial: C_o = 1.565 X (10)⁻⁶

Tiempo prescrito para alcanzar el equilibrio: t_e = 5.0 Min.

Volumen de solución: V_s = 50.0 ml.

DATOS DE AJUSTE POR M.C.: r² = 0.998; m = 1.489 = 1/n; b = 2.1 (10)⁴

Carbón experimental

TABLA 4.21

ANÁLISIS DE CARBÓN ACTIVADO

Muestra No.	Carbón	Peso de carbón (M, (gr))	% T	Concentración $X(10)^{-6}$ (gr-mol/lt)	$X/M = (C_0 - C_f)/M$ $X(10)^{-6}$ (gr-mol/lt)	$\ln(X/M)$	$\ln C_f$
1	de referencia	-----	27.5	1.565 *	-----	-----	-----
2	"	0.440	78.0	0.230	3.034	-12.70	-15.30
3	"	0.560	84.5	0.160	2.508	-12.90	-15.65
4	"	0.670	90.0	0.120	2.156	-13.05	-15.94
5	"	0.780	91.0	0.100	1.878	-13.19	-16.12
I	Experimental	0.210	68.0	0.360	5.738	-12.07	-14.81
II	"	0.337	77.5	0.240	3.931	-12.45	-15.24
III	"	0.442	83.0	0.180	3.133	-12.67	-15.53
IV	"	0.596	89.7	0.120	2.424	-12.93	-15.94

TEMPERATURA DE OPERACION: $T_0 = 19.0 \pm 1^\circ\text{C}$.

* Concentración inicial: $C_0 = 1.565 \times (10)^{-6}$

TIEMPO PRESCRITO PARA ALCANZAR EL EQUILIBRIO: $t_e = 5.0$ Min. Volúmen de solución: $V_s = 50.0$ ml.

DATOS DE AJUSTE POR M.C.

Carbón de referencia

$$r^2 = 0.997 \quad m = 0.5842 = 1/n$$

$$b = -3.757 = K$$

DATOS DE AJUSTE POR M.C.

Carbón experimental

$$r^2 = 0.996 \quad m = 0.7617 = 1/n$$

$$b = 0.4425 = K$$

ISOTERMAS DE ADSORCION DE FREUNLICH

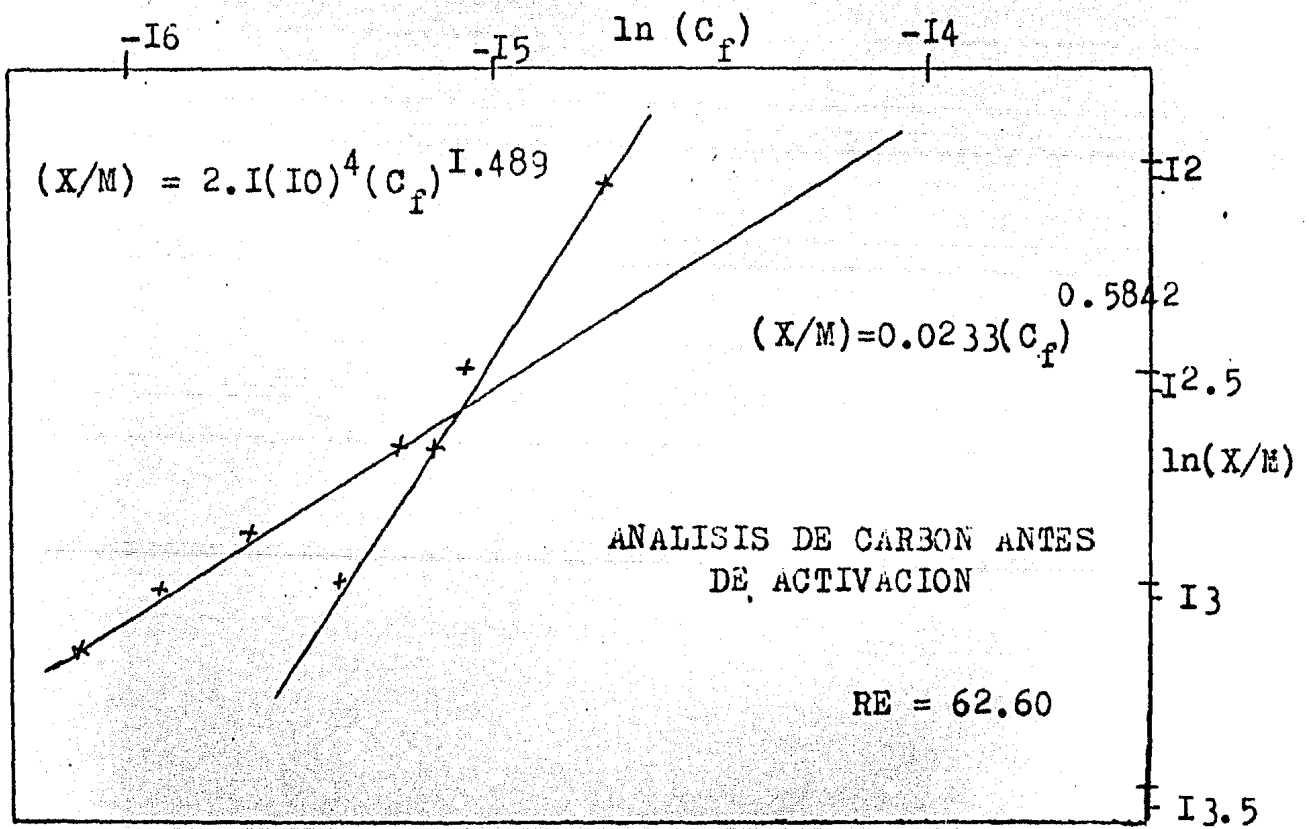


FIG. 4.17

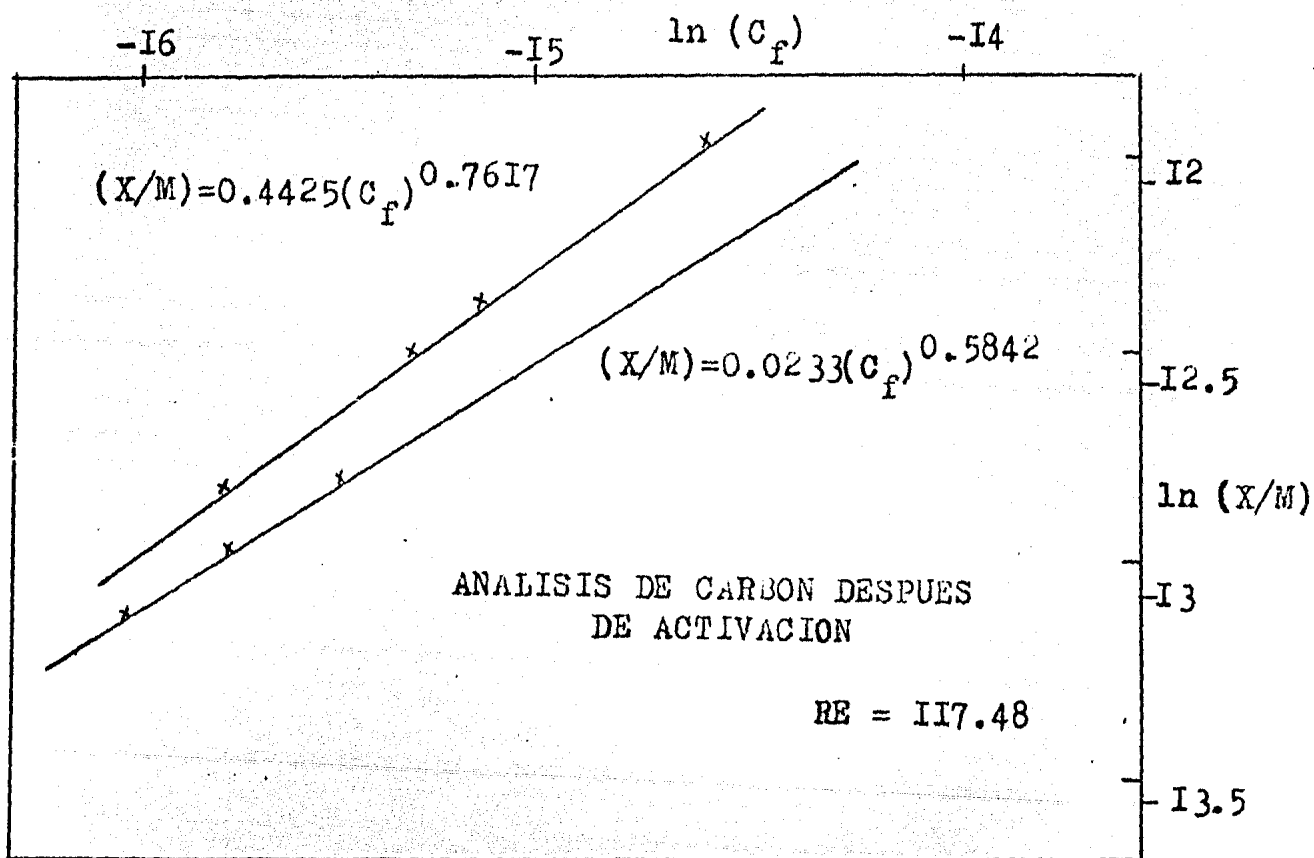


FIG. 4.18

Estos resultados muestran que la capacidad de adsorción del carbón obtenido en el proceso, es ligeramente mayor a la del carbón de referencia. Las pruebas se realizaron seleccionando un tamaño de partícula que corresponde a la malla # 4.

A continuación se muestra la distribución del tamaño de partícula con relación al número de malla que se obtuvo por tamizado del carbón activado obtenido en el proceso.

Tamaño de partícula	Malla #	Peso (gr)
-----	4	21.9
4.760	4	62.2
2.380	8	32.1
1.000	16	11.2
0.590	36	7.0
0.297	50	7.5
0.149	100	8.7

TABLA 4.22

b) Producción de combustibles líquidos:

El alquitrán producido en la pirólisis, se somete a una destilación a presión atmosférica de la que se obtienen cortes como se observa en la siguiente tabla:

Corte No.	Temperaturas (°C)
I	70-100
2	100-125
3	125-150
4	150-200
5	200-250
6	250-300

TABLA 4.23

De esta destilación se obtienen también residuos que se someten a una destilación al vacío a 40 mm de Hg, obteniéndose aceites, y un residuo pesado con características de asfalto.

Las características de cada uno de los cortes permiten identificarlos como combustibles líquidos, que sin embargo se encuentran contaminados con compuestos de azufre y algunos otros.

Una prueba que permitió definir los cortes como combustibles, y que sin embargo no es concluyente, fue la de ignición ante una flama, lo que ha permitido establecer la hipótesis anterior.

Para confirmar esta hipótesis, se requiere de la caracterización de cada corte, lo que permitirá identificarlos de acuerdo a sus propiedades, y que permitirá su aprovechamiento posterior.

c) Producción de disulfuro de carbono:

De ésta etapa del proceso no se tienen todavía resultados experimentales. El proceso utilizado para obtener el disulfuro es similar a los procesos de retorta utilizados para el tratamiento de la pirita, denominados de tostación.

De acuerdo a los resultados experimentales, la variable más importante en el proceso de la pirólisis es la temperatura, ya que determina, independientemente del tiempo de reacción, la cantidad final de producto. La temperatura utilizada para obtener la máxima cantidad de carbón es de 550°C , a la cual se obtiene la máxima cantidad de alquitrán. Un aumento en la temperatura origina un decremento en la cantidad de carbón y alquitrán con un consecuente aumento de la cantidad de gases combustibles.

La temperatura a la cual inicia la destilación destructiva es de 170°C y termina a 490°C , por lo que el tiempo en el cual se efetúa la reacción, es independiente de la cantidad de productos formados.

El proceso es prácticamente autosuficiente en combustible, ya que los gases, producto de la pirólisis se neutralizan y recirculan para el calentamiento en el horno y en la activación.

La temperatura óptima experimental para la activación del carbón, es de 680°C ; la relación de peso vapor/carbón puede estar en el intervalo 1:1 - 2:1 .

Un aumento de esta relación implica solo un incremento en los costos de servicio y suministro, ya que se determinó que la adsorción de impurezas (%) tiende a ser asintótica con el aumento de esta relación.

La capacidad de adsorción del carbón activado obtenido experimentalmente es ligeramente mayor al del carbón de referencia.

El alquitrán puede venderse para ser refinado y obtener combustibles, o bien puede refinarse y vender los combustibles.

Las perspectivas del proceso a nivel industrial son buenas ya que no requiere de amplísimos estudios cinéticos y termodinámicos; los productos obtenidos tienen el mercado nacional abierto, lo que indica buena factibilidad económica.

El proceso se puede aplicar a desperdicios plásticos, empaques, llantas, etc.

Para determinar el efecto de mayores cargas en el proceso es necesario llevarlo a nivel planta piloto. También es recomendable efectuar la caracterización de los cortes de la destilación del alquitrán, para determinar a que tipo de combustibles pertenecen, y las impurezas que es necesario desalojar, para su aprovechamiento.

Es recomendable efectuar experimentalmente el proceso para la obtención de disulfuro de carbono y determinar las variables más importantes para estimar su factibilidad a nivel industrial. 18

IV-9.- INCINERACION.

En los últimos años se ha acostumbrado incinerar los desechos plásticos y, de esta forma, aprovechar su poder calorífico que por lo general es alto.

De hecho la adición de los desechos plásticos a la basura urbana, incrementa el valor de ésta. Sin embargo es evidente que la presencia de ciertos plásticos como el PVC pueden causar problemas de corrosión y contaminación, que deberán ser tomados en cuenta especialmente en el diseño y operación de los incineradores.

A pesar de esto, el diseño apropiado de incineradores, puede satisfacer el uso de desechos plásticos contenidos en la basura urbana. Warner, Parker y Baum, citan los siguientes puntos:

- 1.- El contenido de la basura plástica en lo que se refiere a PVC es aproximadamente 0.2 a 0.25%.
- 2.- Una porción significativa del HCl que se libera en la combustión, no aparece en los gases, ya que reacciona con elementos alcalinos, y aparece en las cenizas.
- 3.- El HCl es generado no solamente por la combustión de PVC, sino también por la combustión de papel y desechos vegetales.
- 4.- La cantidad de HCl generada es insignificante con respecto a la cantidad de dióxido de azufre liberado en la combustión.
- 5.- Considerando lo anterior y observando el contenido de PVC en los desechos sólidos, la cantidad de HCl liberada en la chimenea del incinerador, no causa problemas serios de contaminación.

Un estudio realizado por E. Kaiser y A. Carotti de la Uni-

versidad de Nueva York para "The Society of the Plastics Industry" concluyó que la incineración de los desechos, puede llevarse a cabo satisfactoriamente aún cuando el contenido de los mismos en la basura sea de 6%. La conversión a energía es una aplicación viable de los desechos plásticos. Sin embargo el valor recuperado r en ésta forma es muy pequeño comparado con el que tienen cuando - se usan como generadores de sub-productos.

Los componentes básicos de un proceso de incineración para desechos plásticos son:

a) Sistema de manejo de materiales.-

El propósito de este lugar y equipo es el del manejo apropiado de desecho, de tal manera que éste pueda ser cargado al incinerador en forma satisfactoria.

b) Componentes de la incineración.-

Son la cámara de combustión primaria y la de combustión secundaria.

c) Equipo de control de contaminación del aire.-

Este equipo "lava" los gases de emisión antes de que éstos sean lanzados a la atmósfera.

d) Equipo de control de contaminación del agua.-

Con él se trata el agua de lavado antes de descargarla a la corriente receptora.

Generalmente se ha adoptado una actitud de rechazo hacia la incineración, sin embargo, como veremos a continuación, y en el proceso aquí descrito, puede proporcionarnos un medio seguro y eficiente, y algunas veces económico, en el problema de disposición de un desecho.

Por éste método pueden disponerse la mayoría de los desechos plásticos. El propósito de la incineración es el de producir óxidos estables que puedan ser retornados al ambiente sin causar tras

tornos a éste. Estamos analizando un proceso de incineración en particular, MCo. en el "National Waste Processing Conference and Exhibit" mayo 23 - 26 de 1976, y la clave de éste es el uso del horno rotatorio como cámara de combustión primaria. Su acción de dar vueltas al material previene el sinterizado del desecho, lo cual resulta en la completa oxidación de la carga, además de contar con las ventajas propias de un horno rotatorio, variación del tiempo de retención, menor cantidad de refractario y gran duración.

El desgaste térmico y la erosión son las únicas consideraciones desfavorables asociadas con el horno rotatorio. Sin embargo, ninguna de ambas consideraciones nos conducen a un mantenimiento excesivo.

Los materiales que se cargan al incinerador pueden tener -- grandes variaciones en el calor de combustión y volatilidad. Una vez que la carga se alimenta, el único control sobre el aumento de temperatura del sistema es el incremento en el flujo de aire, es decir, los desprendimientos de masa y energía no son controlables una vez que la carga es introducida al horno.

El objeto de la cámara de combustión secundaria es el de permitir la oxidación de partículas suspendidas en la corriente de gas proveniente del horno rotatorio. Esta cámara es suficiente para permitir la oxidación completa de partículas combustibles de 1 micrón de tamaño.¹⁹

El éxito de la incineración depende de los cuatro siguientes puntos:

- a) Se requiere de una temperatura adecuada para la oxidación consistente del material.
- b) Deben mezclarse completamente los gases de combustión.
- c) Es necesaria una retención adecuada, para permitir que la cinética de la reacción de combustión se lleve a cabo.

- d) Un suministro de oxígeno apropiado, para maximizar la reacción sin el excesivo enfriamiento de los productos de combustión.

La combustión satisfactoria en las cámaras primaria y secundaria es la clave para el control de la contaminación del aire. El sistema usado para dicho control es del tipo de lavador de agua. El agua de lavado requiere de neutralización, tratamiento químico y sedimentación antes de ser descargada a la corriente receptora.

El incinerador necesita de energía para mantener la temperatura necesaria para lograr una combustión apropiada. De hecho, si no existe un líquido que ayude a la combustión apropiada del desecho, se requiere de combustible auxiliar para continuar la operación.

Es por esto que, como ya mencionamos anteriormente, ésta alternativa considera a todos los desechos plásticos, siempre y cuando no cause algún impacto en la contaminación ambiental.

Un diagrama de flujo de materiales para el tratamiento de los desechos sólidos por medio de la incineración, se presenta a continuación en la figura 4.19.

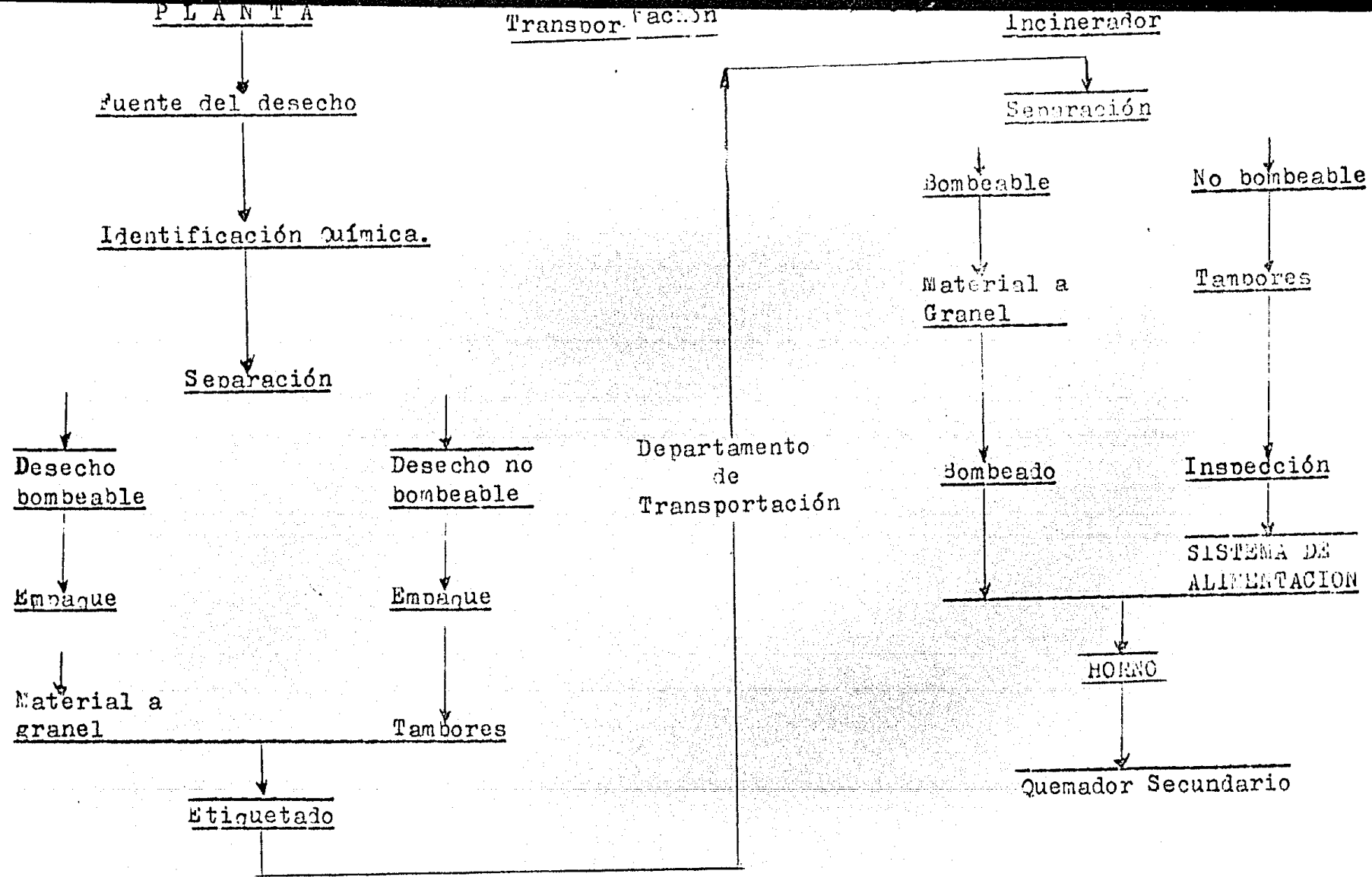


Diagrama de flujo de materiales del proceso de incineración.

FIG. 4.19

En los tiraderos a cielo abierto la incineración de los desechos puede ser espontánea y superficial.

1.- Espontánea.- Cuando ocasionalmente la acumulación en promon-torios causa el incendio espontáneo de los tiraderos debido a que en la transformación aeróbica se se desprenden gases como CH_4 , CO_2 , etc., y algunos - de éstos compuestos al contacto con el mismo aire se incendian.

2.- Superficial.- Cuando por necesidad de eliminar cierta cantidad de basura se provocan incendios en forma pe-riódica.

Por otro lado, en Japón se diseñó otro aparato para destru-ír desechos plásticos en forma continua. (Takuma Boiler Mfg. CO LTD.),

Este aparato tiene como característica que elimina en gran proporción la producción de gases tóxicos y de humos negros, al destruirse los plásticos. Además se obtiene cloruro de amonio como derivado del proceso.

El método que se sigue es como se describe a continuación: La basura de plástico es cortada en hojuelas y láminas pequeñas en una máquina cortadora y tratada en un horno calcinador espe-cial, en donde se carboniza a 300 grados centígrados.

En éste estado, las hojuelas de plástico se disuelven en o transforman en gas destilado en seco y residuos de carbón. El gas es pasado a un dispositivo cubierto, donde el mismo gas ri-co en HCl se mezcla con el amoniaco inyectado mediante un carbu-rador, produciéndose cloruro de amonio.

El cloruro de amonio que se obtiene, puede venderse como fertilizante o como materia prima para elacorar fertilizantes ,

se cubre con ello el costo del amoniaco empleado por el aparato para destruir basura plástica y naturalmente se reducen los costos.

La incineración del poliestireno no produce gases corrosivos y puede llevarse acabo fácilmente, si la rapidéz de evolu - ción de calor (el poder calorífico del poliestireno es de a - proximadamente 9,436 Kcal/Kg) se controla satisfactoriamente , retardándola para asegurar una combustión completa.

Puede ser económicamente favorable incinerar todos los - plásticos, excepto el PVC que tiene un alto valor de recupera - ción.

Un tratamiento termoquímico puede ofrecer una alternativa más favorable para los desechos de PVC y PS. Puede también ser posible que todos los tipos de plásticos separados, puedan ofre - cer un mejor valor para la refabricación de los mismos en artí - culos usables.

IV-10.- REUSO DE LOS PLASTICOS PROVENIENTES DE LA BASURA MUNICIPAL.

El primer reporte comercial de reciclado de desechos plásticos fue realizado en 1970 por una firma de California, E.U.A., la que usó polietileno de alta densidad proveniente de los dese - chos de envases de leche, para la fabricación de elementos para drenaje.

La porción potencial más grande del valor de los plásticos en la basura municipal, puede ser recuperada por la separación - de los plásticos, de otros desechos, seguida de un procesamien - to para su uso como plásticos, más que para la recuperación de su valor energético o químico. Esta operación, sin embargo, es dificultosa para llevarla a la práctica.

No es económico la separación de los desechos plásticos - en grupos genéricos; ésto conduce a que han de ser reusados como una mezcla de diferentes materiales, con propiedades inconsistentes. El control sobre las características de flujo resulta difícil en el proceso, lo que trae como consecuencia la obtención de productos incompatibles con propiedades mecánicas - muy pobres.

Hay dos aproximaciones prácticas a éstos problemas:

- 1.- Construir equipos especiales de procesamiento capaces de manejar mezclas plásticas.
- 2.- Realizar modificaciones químicas en los desechos plásticos que impartan propiedades mecánicas deseables en la mezcla.

10a) REPROCESAMIENTO MECANICO DE MEZCLAS DE PLASTICOS.

10a.1 CONVERTIDOR REGAL: En "The United Kingdom, Regal Packaging Ltd" diseñaron un sistema de moldeo a presión para la formación de hojas roladas a partir de mezclas de desechos plásticos.

Las partículas de material termoplástico recuperado son alimentadas al "convertidor" en donde se forman las hojas con una velocidad de aproximadamente 1 m/mi. Es común que el material termoplástico recuperado esté contaminado con desechos de papel, madera, lodo, o humedad, que deberán ser eliminados para poder procesarlo. Las hojas están formadas con un tamaño de 52 pulgadas de ancho y cualquier longitud, y puede controlarse el espesor de las mismas juntamente con los límites de anchura.

Estas hojas cuando son calentadas pueden ser moldeadas - por compresión en una variedad de formas y tamaños. Las propie

de las placas y las características de su formación dependen del tipo de desecho, y pueden ser elaboradas para una aplicación en particular por medio de el control de las proporciones de los diferentes constituyentes.

Esta técnica del proceso "Reverzer" fue realizada por "Royal Packaging Ltd" y la reportó en el año de 1975.

10a.2 CONVERTIDOR MITSUBISHI.

Un método directo para el reprocesamiento de varias mezclas de plásticos se desarrolló en Japón por "Mitsubishi Petrochemical". La máquina Mitsubishi conocida como un convertidor puede reprocesar mezclas de PE, PP, PS, ABS, y PVC, provenientes de desechos moldeados, películas, y fibras.

Los plásticos mencionados anteriormente pueden ser mezclados en cualquier proporción con otros plásticos, previendo las siguientes dos condiciones:

- 1.- La proporción de poliestireno deberá ser menor que el 20% en peso con el fin de mantener la resistencia al impacto.
- 2.- La proporción de PVC deberá ser menor del 50% en peso con el fin de prevenir descomposición.

Alrededor de un 50% de materiales tales como arena, fibra, papel, y fibra de vidrio, puede ser adicionado a la mezcla para mejorar algunas propiedades específicas.

Algunos productos elaborados con éste proceso son: estacas, recipientes, y aislamiento para alambre eléctrico.

El proceso "Reverzer" comprende los siguientes pasos:

- 1.- Pulverización: Los plásticos son pulverizados en pequeñas piezas, las que son enviadas a un almacén.
- 2.- Secado: el material plástico es secado con el calor

generado en la operación de molienda.

- 3.- Mezclador: el mezclado se hace en un extrusor especialmente diseñado.
- 4.- Inyección: después de ser mezclado, el material se inyecta en moldes.
- 5.- Enfriamiento: Los moldes son enviados a un cuarto en donde se enfrían por medio de agua rociada; finalmente son desalojados los productos ya moldeados.

Dos sistemas similares fueron desarrollados por "Warner & Pfeiderer (Remaker) and Gloucester Engineering Co".²⁰

10b) MODIFICACIONES QUÍMICAS EN MEZCLAS DE DESECHOS PLÁSTICOS:

La dificultad que se tiene en el reprocesamiento de mezclas de desechos plásticos se debe a la falta de compatibilidad de los diferentes grupos genéricos de los desechos plásticos.

En el artículo publicado en la revista "Polymer Eng. Sci., en mayo de 1972": "The potencial for reuse of plastics recovered from solid wastes", se visualizan las investigaciones sobre las propiedades mecánicas de una mezcla simulada de desechos plásticos consistente en PE, PS y PVC. La muestra no presentó propiedades mayores que los componentes puros, en forma general.

Sin embargo numerosas muestras presentaron mayor resistencia que el PE, y otras fueron mucho más duras que el PS.

Para ciertas propiedades, las mezclas pueden ser mejores que los componentes puros, pero con respecto al balance de las propiedades, éstas resultan siempre inferiores.

Dos diferentes aproximaciones para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de mezclas de plásticos desechados se sugieren como sigue:

- 1.- Uso de compatibilizadores.
- 2.- Entrecruzamiento químico.

105.1 COMPATIBILIZADORES: Schrama and Blanchard sugirieron al polietileno clorado como un posible compatibilizador entre el PVC y el PE. El PEC es preparado por una cloración en estado sólido del PEAD. Durante el proceso de cloración, la porción cristalina de la cadena no es accesible a esta.

Las parte asociadas con la región cristalina son del tipo $-CH_2-$ y la parte amorfa consiste de una mezcla de $-CH_2-$ y $-CHCl-$.

La porción de $-CH_2-$ de la cadena es compatible con el PE y la porción del $-CHCl-$ es compatible con el PVC.

Dos tipos de PEC son especialmente efectivos en la compatibilidad y son: PEC 3623 y XP2243.31, ambos fabricados por Dow Chemical.

La tabla 4.24 presenta las propiedades físicas de mezclas de desechos plásticos con adición de PEC (XP2243.31)

PROPIEDADES FISICAS DE DESECHOS PLASTICOS CON INCREMENTO EN EL NIVEL DE PEC. (Muestras moldeadas a Compresión).

	ELONGACION % a	TENSION psi.	IMPACTO lb-ft/in ² *
DESECHO PLASTICO 100%	11.0	1450	0.00
15% PEC/85% DESECHO	11.7	1715	0.45
17.5% PEC/82.5% DESECHO	12.7	1690	0.54
20%PEC /80% DESECHO	15.7	1715	0.76
22.5% PEC/77.5% DESECHO	17.7	1712	1.50
25% PEC/75% DESECHO	20.0	1600	1.60
27.5% PEC/72.5% DESECHO	22.0	1600	2.83

a 27.5% de aditivos incrementa en 100% la elongación.
* Multiplicar por 0.0214 para obtener Kg-m/cm².

TABLA 4.24

En éste estudio se usó PEG como compatibilizador con mezclas binarias o ternarias de PE, PVC, y PS, llegando a las siguientes conclusiones:

- 1.- El PEG proporcionó mayor dureza a mezclas que contenían una alta proporción de PE y PVC; también lo hizo con mezclas de PS.
- 2.- La estructura del PEG juega un papel importante en las modificaciones realizadas en las mezclas.
- 3.- El uso del PEG como modificador de mezclas, tiene una aplicación potencial en el reciclado de plásticos recuperados de la basura municipal. Las modificaciones debidas a la presencia del PEG pueden ser más efectivas en aquéllas mezclas que contengan principalmente PE y PVC.

10b.2 ENTRECruzamiento Químico: El polietileno puede ser entrecruzado con un peróxido tal como el dicumil peróxido o el di-t-butil peróxido a través del calentamiento de la mezcla.

El entrecruzamiento se realiza a la temperatura a la cual el PE se funde y fluye, sucediendo en tres pasos:

- 1.- Descomposición del peróxido y formación del radical peróxi:



- 2.- Sustracción del hidrógeno de la cadena del PE:



- 3.- Entrecruzamiento para el acoplamiento de radicales de radicales poliméricos.

Se ha sugerido un entrecruzamiento químico como una forma de mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas de desechos plásticos, eliminando la necesidad de separarlos en su grupos -

genéricos. Es necesario la presencia de unidades libres para generar buenos resultados no solamente en el entrecruzamiento en la fase del PE, sino también en el mejoramiento de la unión de las diferentes fases.

Las pruebas se realizaron siguiendo los siguientes pasos:

- 1.- Colección de desechos plásticos.
- 2.- Lavado.
- 3.- Desmenugamiento.
- 4.- Fundido y mezclado, usando un extrusor de $3/4$ "
- 5.- Molienda del desecho plástico mezclado.
- 6.- Acoplamiento con peróxido en un molino de rodillos
- 7.- Molienda
- 8.- Moldeo por compresión.

A continuación se presentan las gráficas correspondientes al módulo de Young, esfuerzo a la tensión, elongación, y la resistencia al impacto IZOD, con el grado de entrecruzamiento.

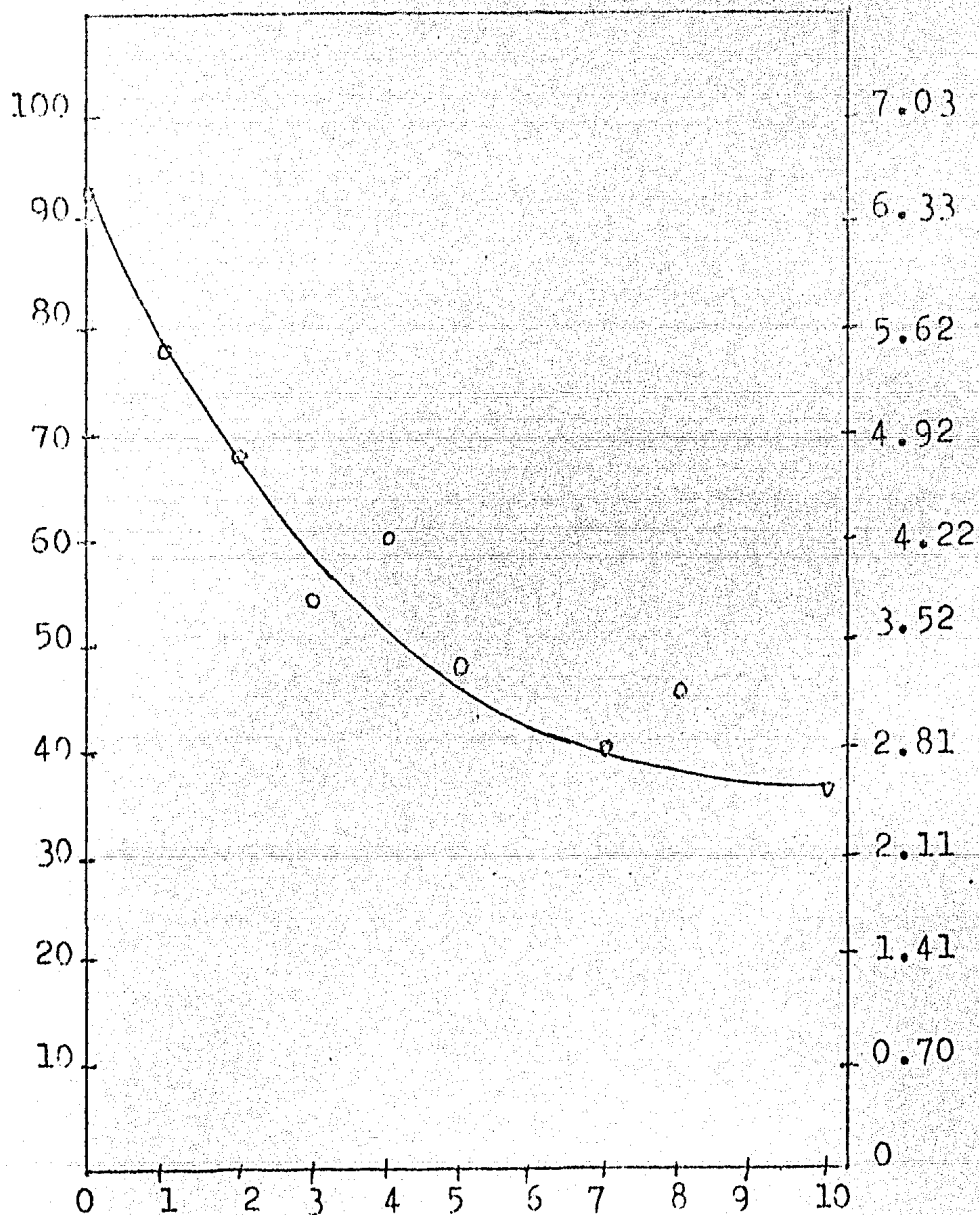
En la figura 4.21 se observa que el módulo de Young decrece drásticamente con el aumento en el grado de entrecruzamiento, el material entrecruzado llega a tener mayor flexibilidad; también el esfuerzo a la elongación experimenta un tremendo incremento como se visualiza en la figura 4.22, debido al propio entrecruzamiento. La disminución en la resistencia al impacto no se observa, sino todo lo contrario, se tiene un aumento en ésta resistencia, debido al aumento en el esfuerzo de elongación, como se observa en la figura 4.23.

A un alto grado de entrecruzamiento, se pueden alcanzar niveles del parámetro Izod de aproximadamente 0.1634 Kg-m/cm.

También se presenta un diagrama esquemático de una prueba instrumental de resistencia al impacto, (fig. 4.25) comparando -

MODULO DE
YOUNG $\times 10^{-3}$
(psi)

(kg/cm^2) $\times 10^{-3}$



CONCENTRACION DiCUP
(partes por prueba)
DiCUP = Dicumil peróxido

FIG. 4.21 MODULO DE YOUNG PARA PLASTICOS
CON ENTRECruzamiento.

ELONGACION (%)

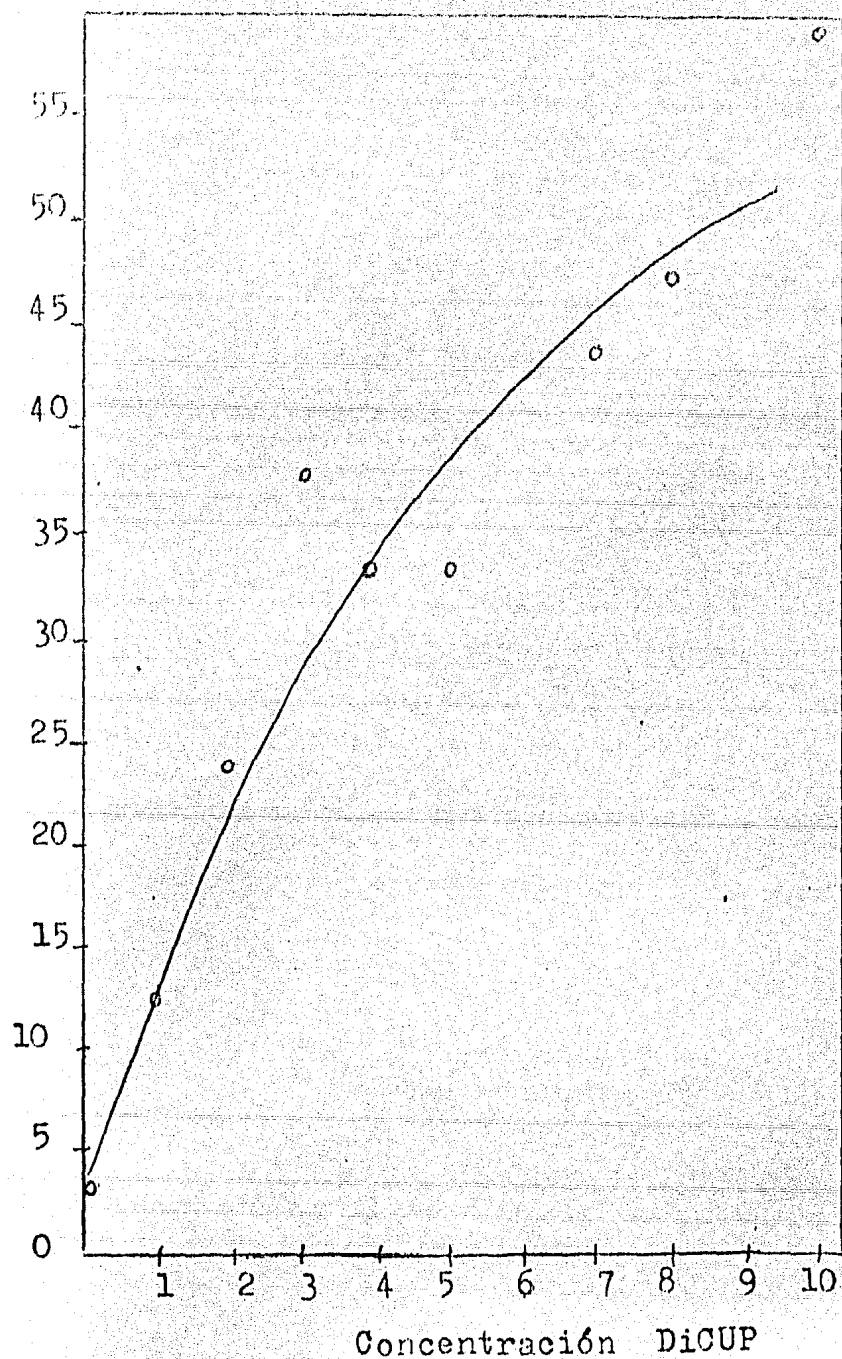


FIG. 4.22 ESFUERZO A LA ELONGACION PARA DESECHOS PLASTICOS CON ENTRECruzAMIENTO.

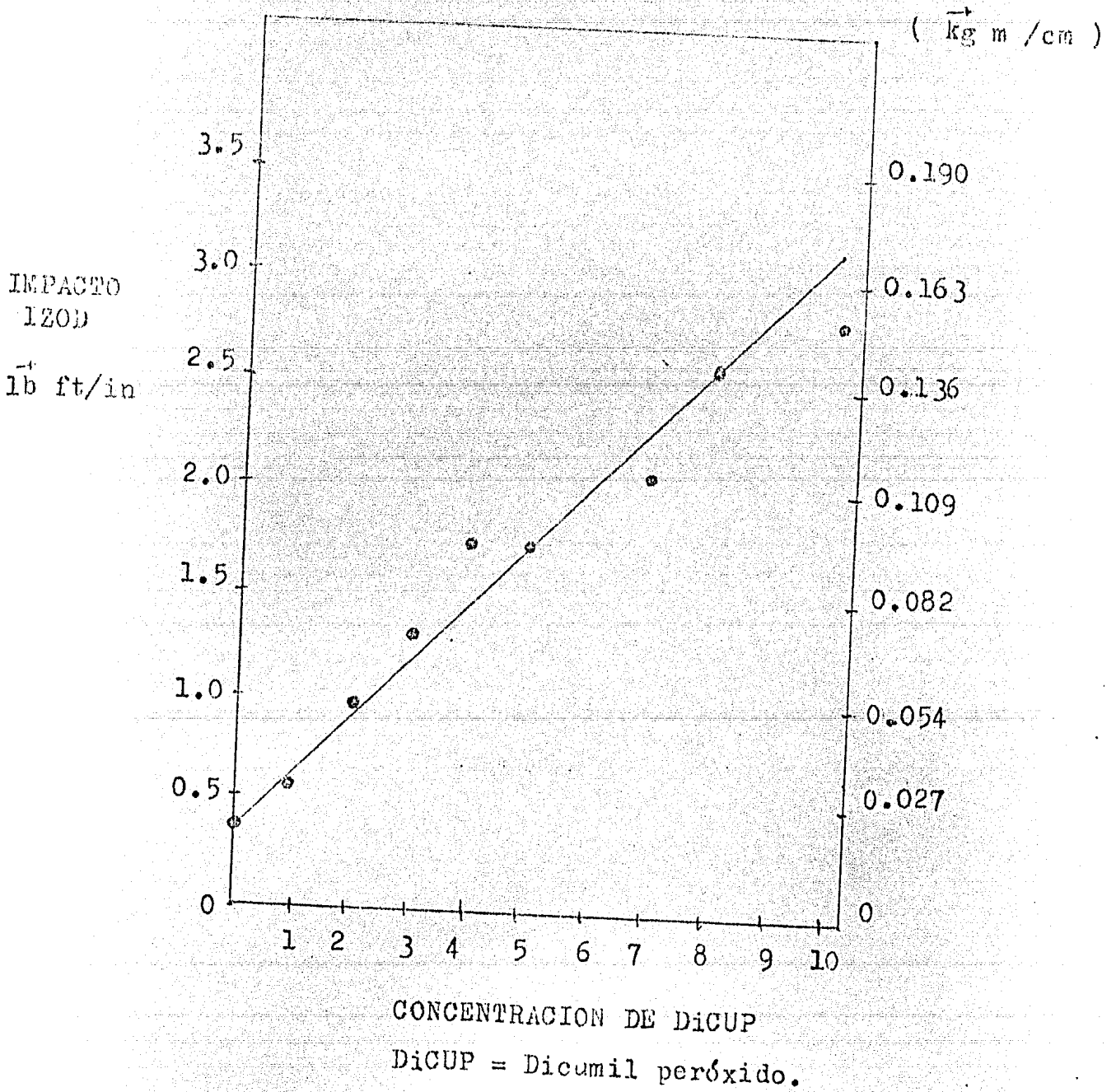
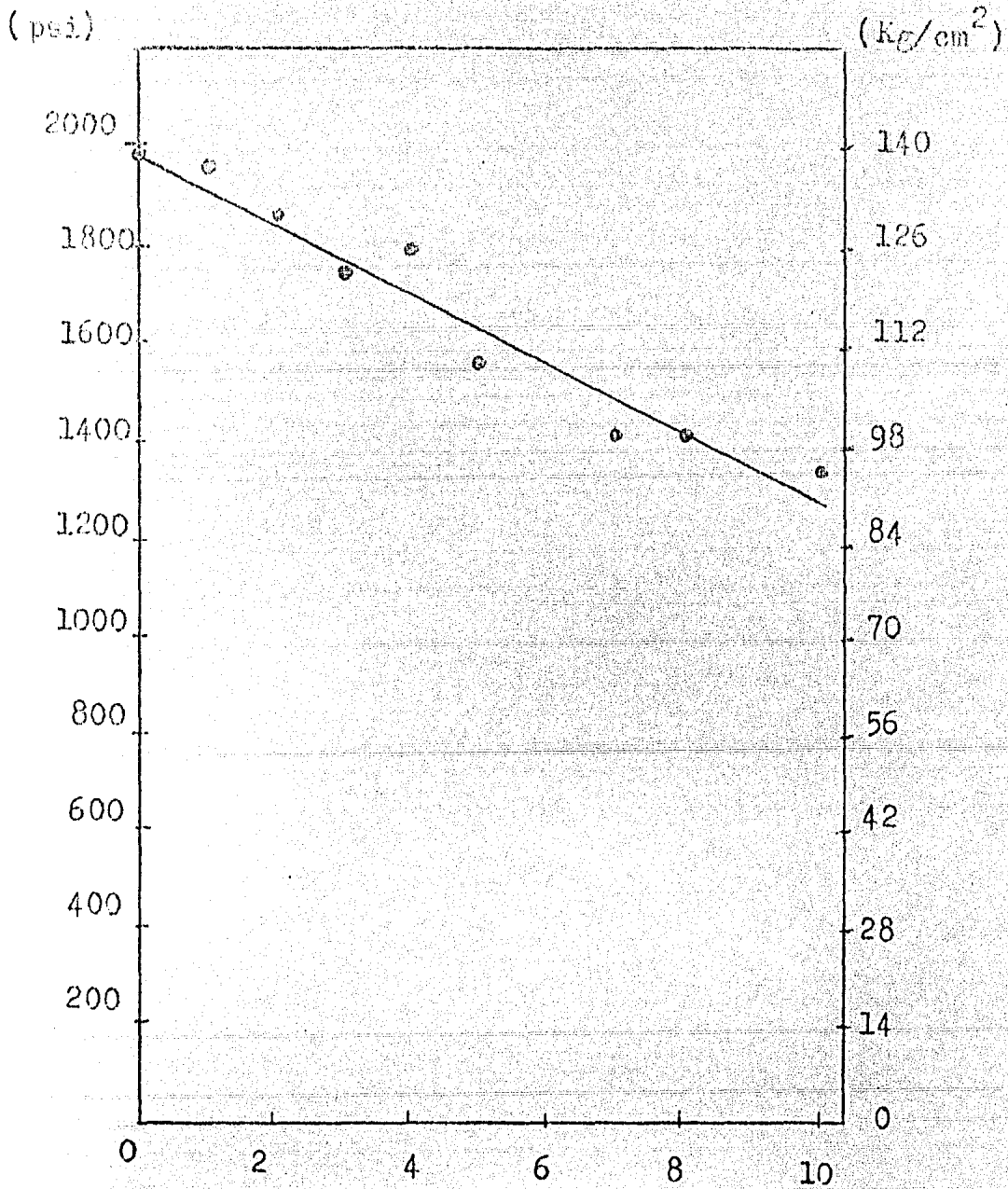


FIG. 4.23 IMPACTO IZOD PARA DESECHOS PLASTICOS CON ENTRECruzAMIENTO.

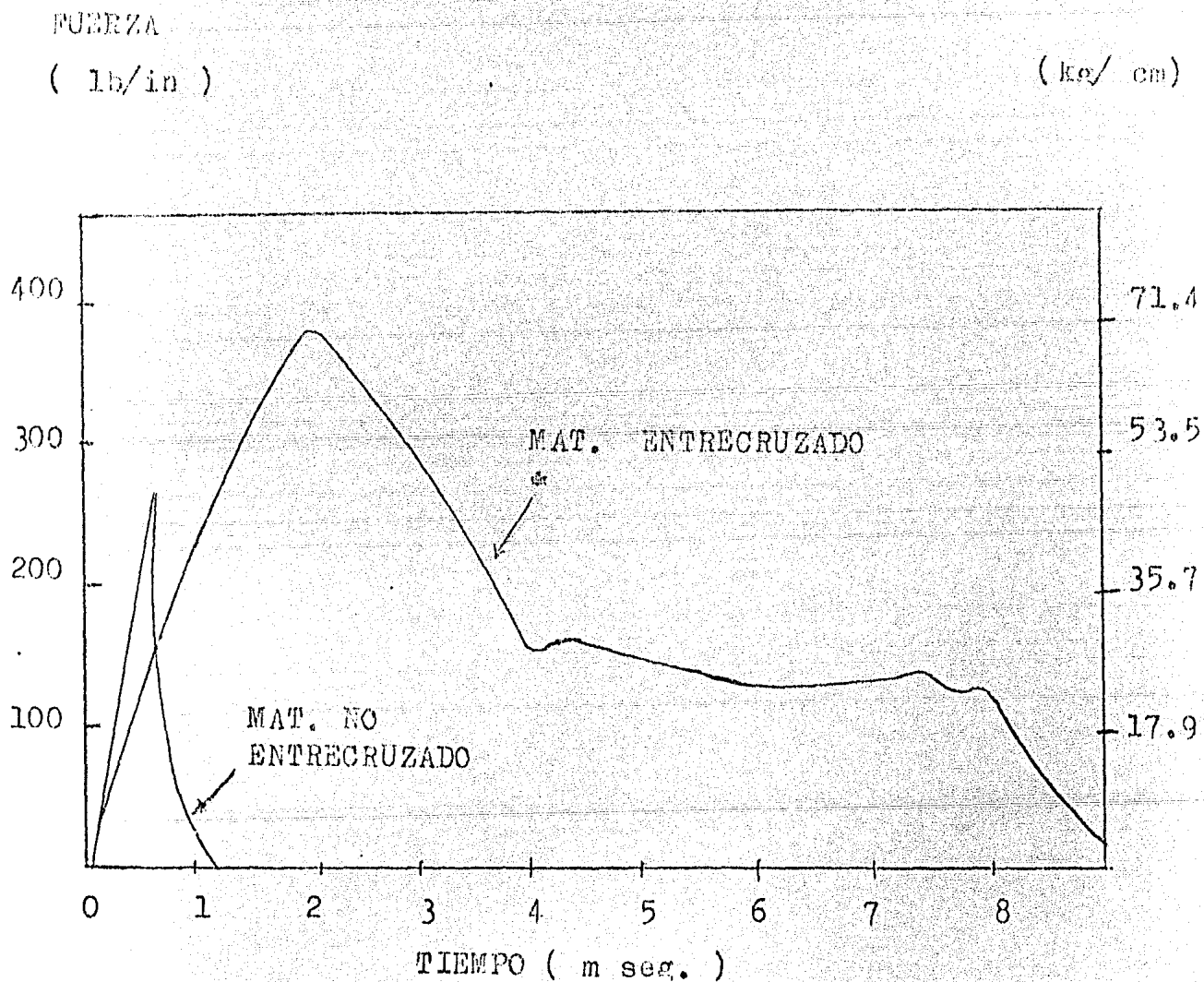
ESFUERZO A LA
TENSION.



CONCENTRACION DiCUP

DiCUP = Dicumil peróxido.

FIG. 4.24 ESFUERZO A LA TENSION DE DESECHOS
PLASTICOS ENTRECruzADOS.



* Material entrecruzado
4 veces la concentración base de
Dicumil peróxido.

FIG. 4.25 COMPORTAMIENTO AL IMPACTO DE DESECHOS PLASTICOS
CON ENTRECruzAMIENTO Y SIN ENTRECruzAMIENTO.

La resistencia al impacto de material no entrecruzado y material entrecruzado.

Bajo condiciones de impacto, el material no entrecruzado presenta menor resistencia que el material entrecruzado.

La adición de peróxido transforma las mezclas quebradizas incompatibles de desechos plásticos en mezclas más flexibles, - con alta resistencia al impacto. En el mismo trabajo se prepararon espumas, basándose en el entrecruzamiento de mezclas de desechos plásticos. Estas espumas tienen características similares para el entrecruzamiento de espumas de PE, y pueden ser usadas en la elaboración de materiales de empaque o en aislamiento de alambres eléctricos. 21

IV-11.- RECICLADO DE DESECHOS PLÁSTICOS. (PE, PP, PS, PVC)

Por otro lado se describe a continuación un sistema de procesamiento basado en las operaciones unitarias de recuperación y separación de los desechos plásticos, para el reciclado de los mismos.

Este sistema puede operar conjuntamente con un procesador de desechos de la basura urbana, de donde se obtendría la fracción de los plásticos para su procesamiento. Este sistema puede mejorar los desechos plásticos y seleccionarlos en su tipos más comunes, para un reuso selectivo a través de algún método.

Un esquema del diagrama de flujo del proceso se presenta en la figura 4.26 de la siguiente página.

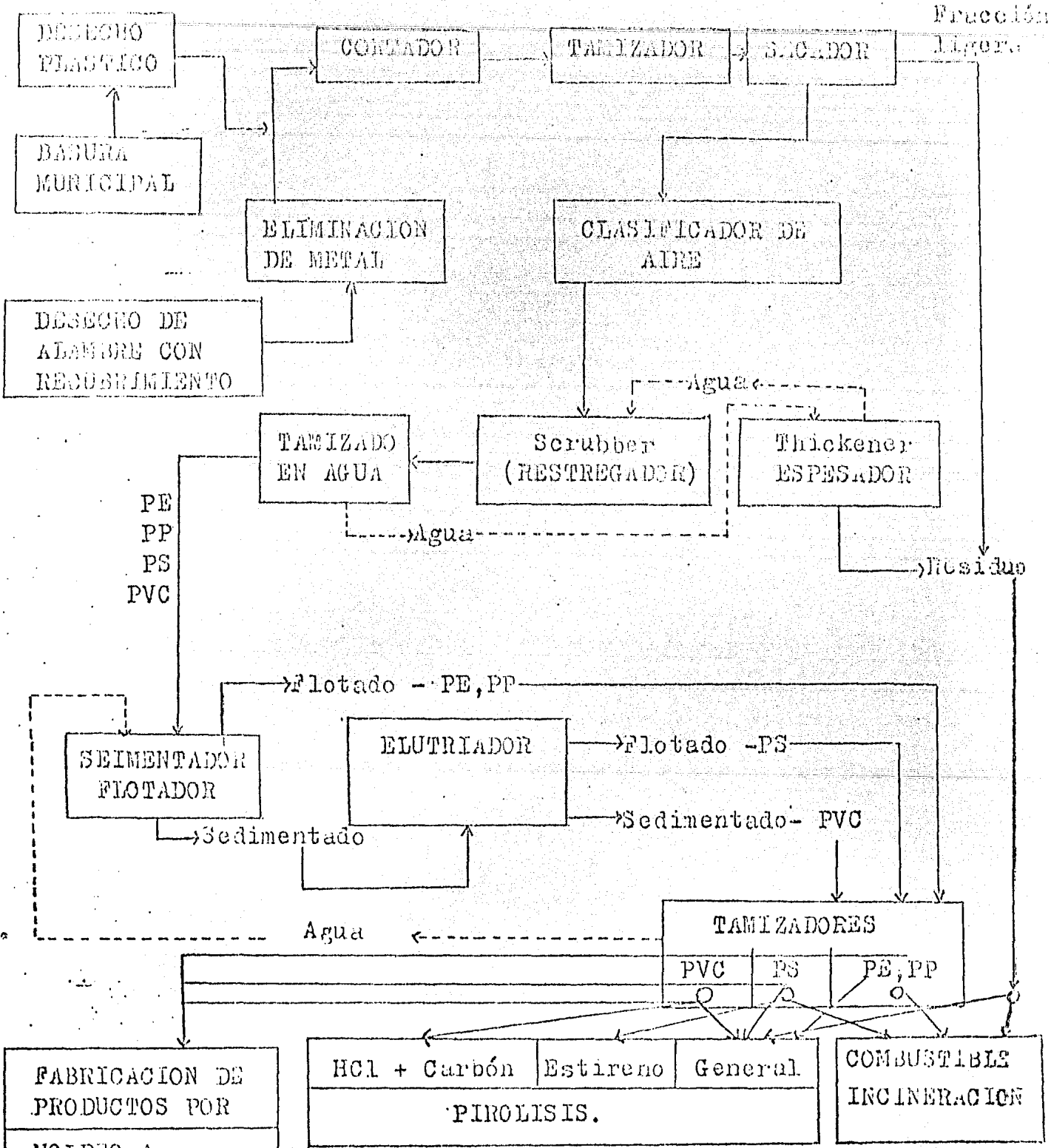


DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL SISTEMA DE PROCESADO EN LA RECUPERACION DE DESECHOS PLASTICOS.

FIG. 4.26

IV-12.- REFABRICACION

Un método para la reutilización de los desechos plásticos, después de la separación en sus componentes característicos, es la fabricación directa de nuevos productos por medios mecánicos u otros.

Los medios mecánicos para la refabricación incluyen al moldeo a presión, moldeo por inyección, y la extrusión.

12a) Moldeo por compresión: El moldeo por compresión es, dentro de los procesos de moldeo el más simple. Es también el principal método por medio del cual son moldeados los plásticos termofijos, como son los alquidálicos, fenólicos, urea y melamína.

Como los termofijos se endurecen por medio de un cambio químico que es ayudado por la adición de calor, el molde permanece caliente durante todo el ciclo y tan pronto como es extraída la pieza ya moldeada, está listo para otra nueva carga.

Los termoplásticos deben ser enfriados para endurecerse, lo cual hace necesario enfriar completamente el molde al terminar cada ciclo, antes de que la parte sea extraída. Consecuentemente esto hace que el moldeo por compresión de termoplásticos sea mucho más lento que el de termofijos. Sin embargo, los discos fonográficos de vinilo y estireno (termoplásticos) son moldeados por compresión, debido a la exactitud que es necesaria para sus propósitos de reproducción del sonido.

El moldeo por compresión resulta ideal para productos con áreas grandes o con dibujos profundos. Por éste método se fabrican muchos mecanismos para interruptores eléctricos, láminas plásticas, recipientes a presión utilizados en cocina, gabinetes para radios y televisores, cajones para muebles y algu

son otros productos de uso común tales como botones, manijas y partes eléctricas.

12b) Moldeo por inyección: El moldeo por inyección es el método por medio del cual se procesan principalmente los materiales termoplásticos. Este es un proceso para la producción en masa y alta velocidad.

Aún cuando en realidad cualquier termoplástico puede ser moldeado por inyección, sin embargo, los materiales que comúnmente se procesan de esta manera son: los acrílicos, celulósicos, nylon, vinílicos, polipropileno, fluorocarbónicos, acetales, poliestireno y polietileno.

Como se dijo anteriormente, el moldeo por inyección normalmente es utilizado con materiales termoplásticos. Los termofijos también pueden ser moldeados por inyección, pero el flujo del plástico a través del cilindro caliente debe ser controlado con mucho cuidado o el material se puede endurecer y curar dentro del cilindro, inutilizándolo. El consumo típico de productos elaborados por éste tipo de proceso incluye a: juguetes, locetas para paredes de cocinas y baños, contenedores en refrigeración, recipientes de todos tipos, moldes, ventiladores, cajas para baterías, partes para aparatos eléctricos, cuerpos de rasuradoras eléctricas y medallones, etc.

12c) Moldeo por extrusión: La extrusión es un proceso de moldeo para la producción de termoplásticos en formas continuas y alargadas, con formas seccionales consistentes, tales como varillas, tubos, láminas, películas. En algunos aspectos es similar al moldeo por inyección y probablemente procesa en un tiempo dado un volumen de material mayor que cualquier otro método de moldeo.

En extrusión se emplea comúnmente con materiales termoplásticos. Los materiales generalmente procesados en esta forma son los acrílicos, celulósicos, fluorocarbónicos, nylon, estirénicos, polietileno y vinílicos. Frecuentemente se emplean adaptaciones especiales de la extrusión. Los alambres pueden ser recubiertos haciéndolos pasar a través de un dado de extrusión que va produciendo un tubo alrededor de ellos a medida que van pasando.

Algunas películas se hacen por la extrusión de un tubo y posteriormente soplando aire para extenderlo y adelgazarlo en la medida deseada. El tubo delgado es entonces rasgado y aplanado para usarlo como película.

The Bureau of Mines of Rollg Mass. reporta el reciclado de desechos plásticos por medio del moldeo a presión y calor aplicándolo a la fabricación de sellos de 2 pulgadas de diámetro moldeados a una presión de 210 a 280 Kg/cm² y a una temperatura de 150°C a 170°C. El método ofrece flexibilidad para la variación de los ingredientes en la mezcla con desechos puros, plastificantes, y rellenos inertes juntamente con adhesivos. El método puede aplicarse también para la fabricación de señales para el tráfico, barreras para estacionamientos, bloques para pavimentación, tejas, bancas para parques, y accesorios diversos, empleando los desechos plásticos provenientes de la basura plástica.

Se reporta también el moldeo por inyección para mezclas de PE, provenientes de botellas, para la fabricación de ventiladores, juntamente con los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los productos obtenidos con desechos, PE puro y mezcla de ambos. Los resultados del moldeo por inyección mostraron que éste método es una alternativa prometedora para el reciclado de desechos plásticos.

COMPARACION DE PROPIEDADES DE PRODUCTOS MEDIANTE FOR EXTRUSION
A PARTIR DE POLIMEROS PUROS Y DE MICHOS PLASTICOS.

MATERIAL	DUREZA	ESFUERZO A LA TENSION (psi)	ELONGACION %	INDICE DE FUSION g/10 min	DENSIDAD g/cm ³
Puro	39.6	4,120	500	0.77	0.960
Mezcla....	38.8	4,090	525	0.74	0.955
Desecho...	38.4	3,940	380	0.37	0.955

TABLA 4.25 .- * multiplicar por 0.07031 para obtener Kg/cm²

DATOS DE TENSION PARA HOJAS DE PE EXTRUIDAS.

MATERIAL	ESFUERZO A LA TENSION (psi)	ELONGACION %
Desechos de HDPE a partir de botellas.....	3500±200	850± 200
Desechos de PE Separado	1720±150	15 ± 10
Mezcla de PE: 75% Desecho 25% puro de HD.....	1970±150	50 ± 30
50% Desecho 50% puro de HD.....	2180±200	275 ± 200
25% Desecho 75% puro de HD.....	2455±400	1000 ± 120
HDPE puro.....	3840±320	1000 ± 120
PE puro de densidad media.....	2560±200	600 ± 60
PE puro de baja densidad.....	1390±90	65 ± 11

TABLA 4.26.- * multiplicar por 0.07031 para obtener Kg/cm².

Por otro lado los desechos de aislamiento de alambre eléctrico fueron moldeados por extrusión para la fabricación de ruedas de triciclos, adicionando colorante negro y plastificante.

También se han fabricado artículos de artesanías a partir de desechos plásticos de tipo película, cojinetes para el control de sonidos y vibraciones a partir de desechos de PVC.²²

Un estudio realizado por "The Society of The Plastics Industry (SPI)" reporta una serie de investigaciones interesadas en el reciclado de desechos plásticos.

12a) PLEXIGLAS: Este es el nombre comercial que reciben los productos poliméricos derivados de los acrilatos, metil-metacrilato, generalmente. Este producto es elaborado por una compañía en México, al mismo tiempo junto con otros productos como las resinas acrílicas emulsionadas, productos agrícolas como el paraloid, resinas de intercambio aniónico y catiónico.

Los productos mencionados generan cierto tipo de desechos, los cuales fueron analizados para su posible disposición o reuso en la propia planta productora, y se describen a continuación:

En la elaboración del plexiglas se emplea como materia prima metacrilatos y acrilatos, compuestos que pasan a un proceso de polimerización en masa, para la producción de placas, hojas ó láminas acrílicas. En éste proceso se tienen desperdicios de dicho producto, el que se presenta en tres formas: desperdicios transparentes, desperdicios traslucidos y desperdicios opacos, - que se tratan de la siguiente manera;

- a) Desechos Transparentes: Son reutilizados en el proceso como espesantes para una nueva mezcla a polimerizar, y sirven para proporcionar una viscosidad adecuada a dicha mezcla en la que se requiere una buena dispersión de los

pigmentos para la elaboración de productos con color.

El desecho es tratado con los siguientes pasos:

Lavado.- El desecho se lava con agua para librarlo de la tierra y polvo que pueda contener.

Molienda.- El desecho se muele hasta pulverización.

Disolución.- El desecho se disuelve en un disolvente orgánico o en el mismo monómero.

Finalmente el desecho queda mejorado para su reutilización

b) Desechos Translucidos y con Color.- Dado que la producción mensual de desechos tanto transparentes como translucidos y opacos o de color es muy baja, éstos dos últimos no tienen una reutilización directa en el proceso de polimerización de material puro, sino que se les emplea para la venta como material de desecho a otras compañías que los utilizan para recuperar el monómero por medio de la pirólisis de tales desechos.

También son vendidos a pequeños productores que lo emplean para la producción de artículos de decoración, juguetes, artesanías, etc.

A continuación se muestra un diagrama esquemático del proceso en forma general, en la figura 4.27

C O N T R I B U C I O N D E L O S M O N O M E R O S D E

P L A S T I C O S

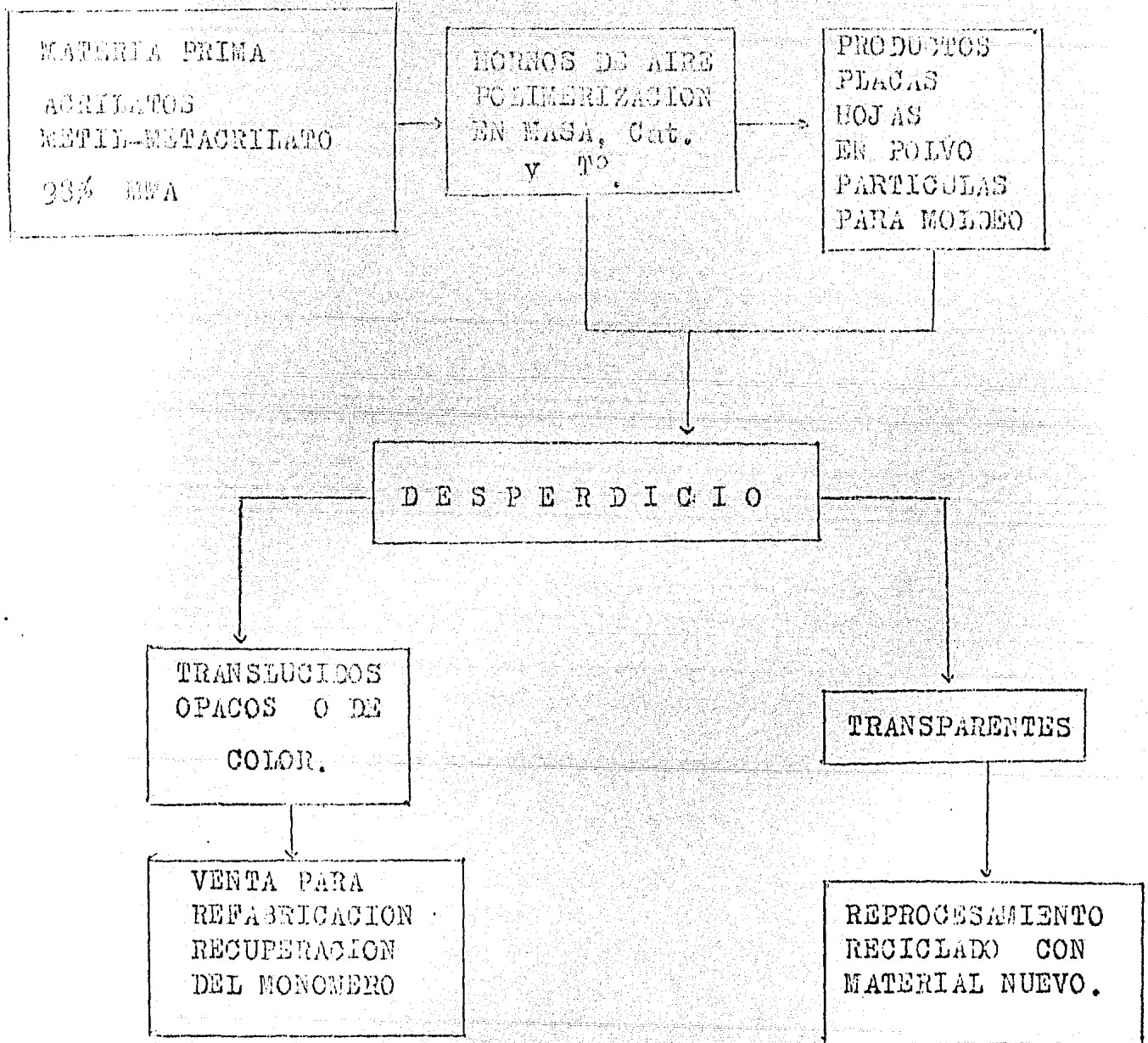


FIG. 4.27

12a) RESINAS EMULSIONADAS: Son producidas a partir de materias primas como el metil-metacrilato, acrílmetacrilato, acetato de vinilo, estireno; ~~materiales que son polimerizados en~~ emulsión para la obtención de resinas emulsionadas que se emplean en la fabricación de pinturas, textiles, papel, curtidería, adhesivos, recubrimientos, ceras para pisos, etc.

En la obtención de las resinas emulsionadas se obtienen los siguientes desechos.

a) Desechos de Producción.- Se generan por la mala operación en el proceso de polimerización de las materias primas. Generalmente se presentan en forma de desechos gelados, debido a un mal control en la temperatura de polimerización, o por la presencia de algún agente contaminante en la mezcla de reacción. También se tienen desechos de baja calidad pero con características de ser reutilizados nuevamente en el proceso de polimerización mezclándolos con material nuevo.

Los desechos inutilizables se almacenan en tinacos para su disposición posterior en un relleno sanitario, ya que no tienen ningún otro posible uso, ni siquiera como combustibles, ya que poseen un alto contenido de humedad.

b) Desechos en la corriente de lavado.- Este tipo de desechos se generan en el lavado de los reactores al finalizar una corrida para un cierto tipo de resina, aunando a éste los desechos arrastrados en las aguas blancas residuales de la emulsificación. Estas aguas pasan a la sección de tratamiento químico y finalmente a los filtros, donde se separan los desechos sólidos de los polímeros residuales, y las aguas que los contienen.

Los desechos se recolectan para su disposición final en un relleno sanitario, y las aguas residuales son enviadas al canal de desague.

El proceso se presenta en seguida en un diagrama esquemático, en forma generalizada. (Fig. 4.28).

GENERALIDADES DE LOS PROCESOS
DE RESINAS ACRILICAS
EMULSIONADAS

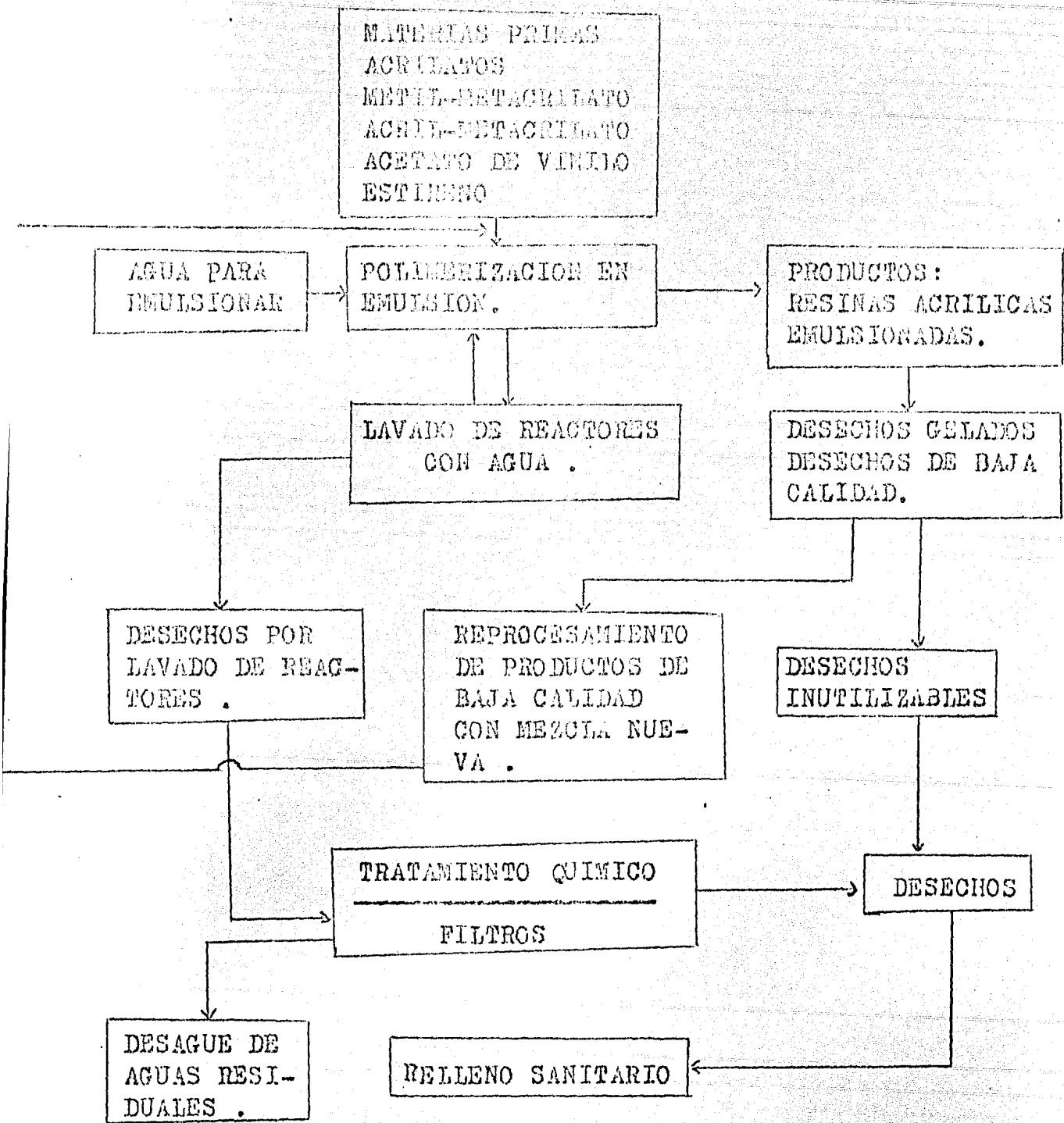


FIG. 4.28

En la misma planta se producen compuestos químicos como el PARALOID, así como productos agrícolas, específicamente fungicidas, plaguicidas y herbicidas.

El paraloid es un compuesto químico derivado de los acrílicos, y se fabrica empleando el mismo proceso para las emulsiones acrílicas, pero con la diferencia que el solvente empleado en su elaboración es un solvente orgánico como el Xileno, el Tolueno o el Benceno.

En el proceso de fabricación de el paraloid se producen lotes de desecho no reprocesable, ya que plastifica muy rápidamente. Al desecho no plastificado se le puede dar una reutilización como recubrimiento de paredes y como aislante de humedad.

No se emplea como combustible ya que es rápidamente inflamable y de bajo poder calorífico.

Para los productos agrícolas no hay desecho significativo, ya que los que se llegan a producir son reprocesados por medio de un disolvente y reciclados al proceso.

12f) RESINAS DE INTERCAMBIO IONICO: En la planta industrial se producen también resinas de intercambio iónico tanto aniónicas como catiónicas. La materia prima que se emplea es el estireno combinado con divinil-benceno, los cuales pasan a un proceso de polimerización, juntamente con una sulfonación e hidratación para obtener como producto las resinas intercambiadoras.

En éste proceso se obtienen desechos no reprocesables, dada las características fisicoquímicas de los mismos; tales desechos solamente son dispuestos a través de un relleno sanitario.

El siguiente diagrama esquemático muestra el proceso en forma generalizada. (Fig. 4.29).

DESECHO EN LA PRODUCCION DE RESINAS
DE LINDERA BLANCO 100-100

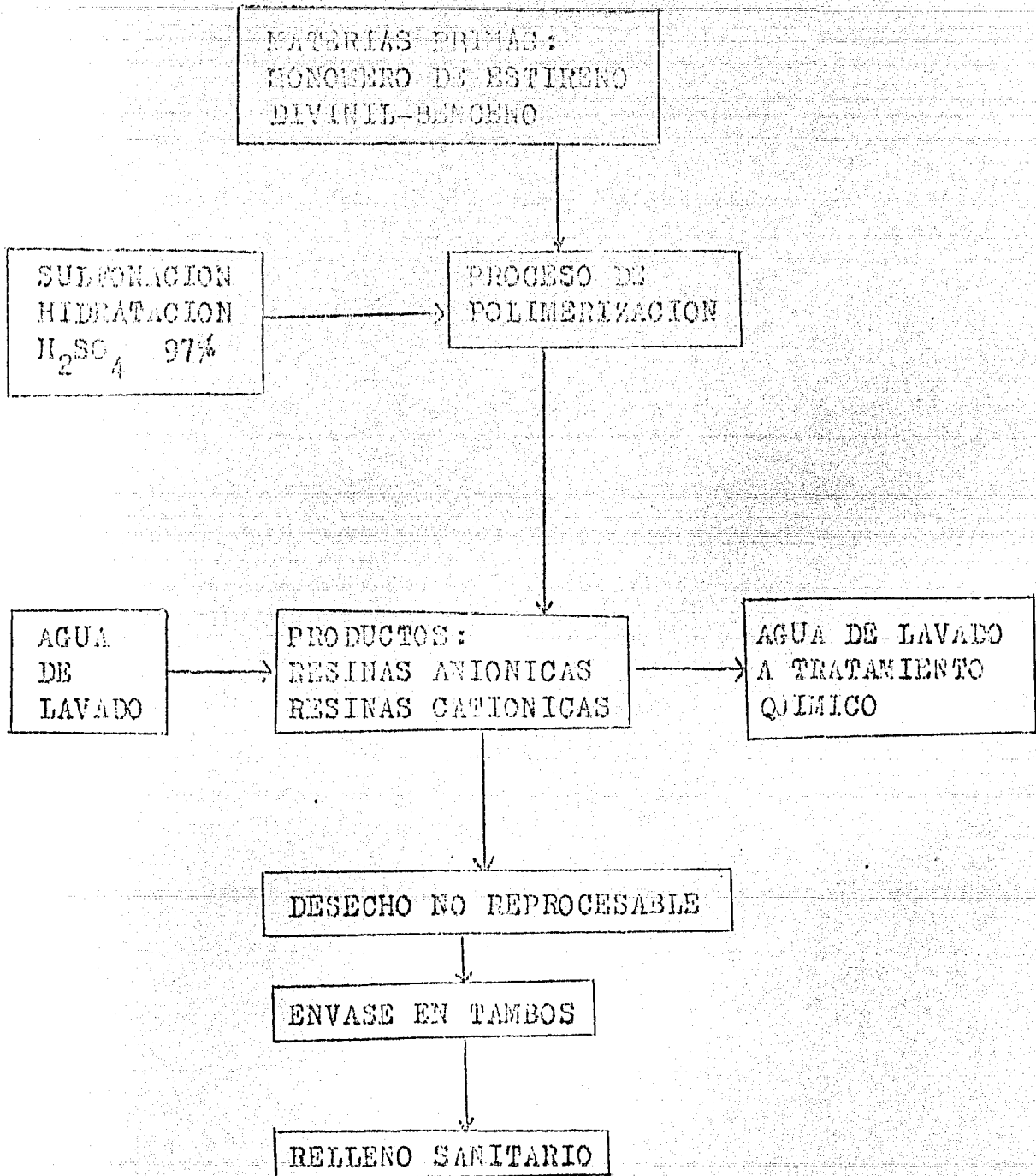


FIG. 4.29

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS
NACIONALES DE FABRICACION DE LA PASTA

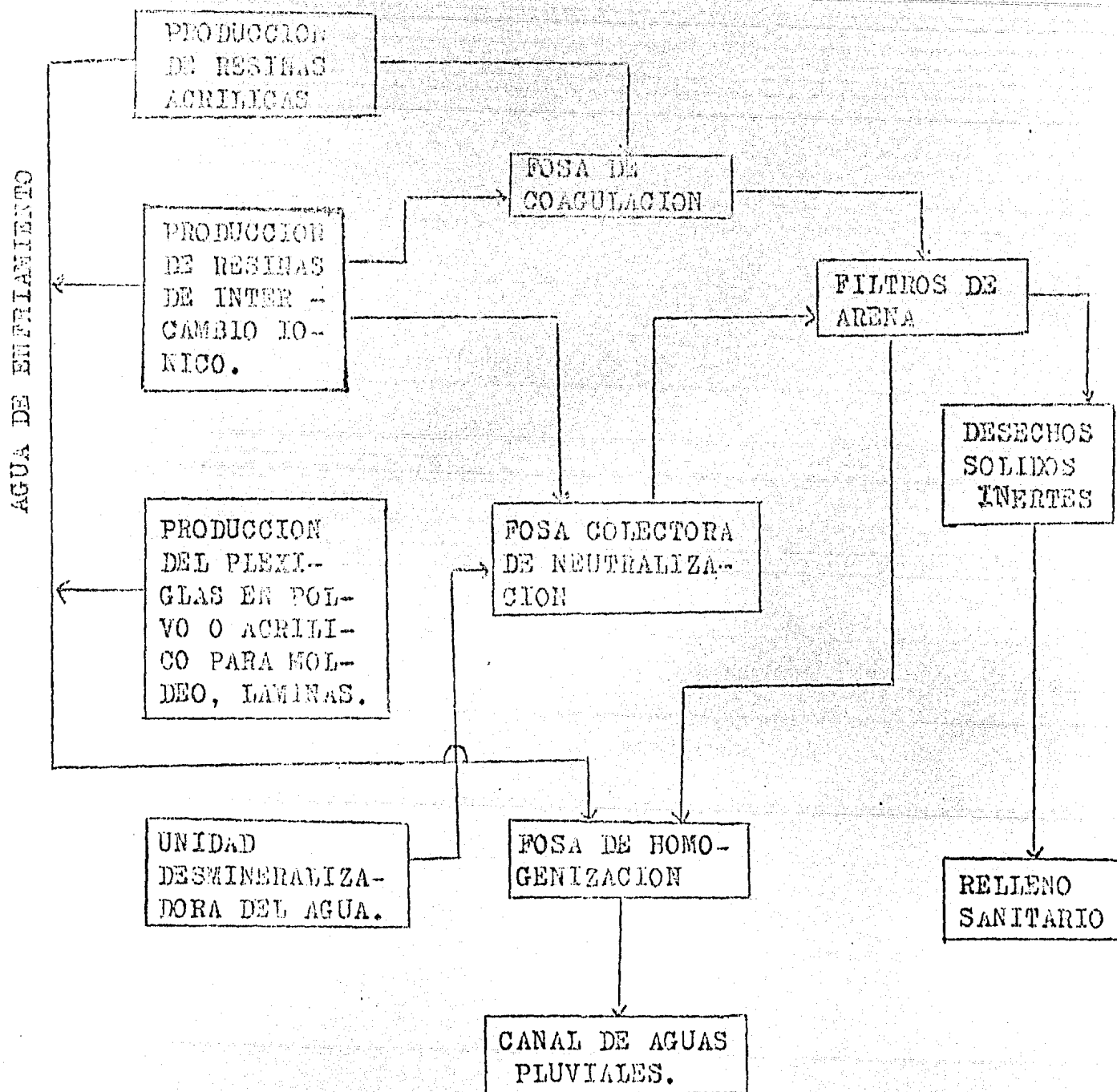


FIG. 4.30

12.- POLIETILENO Y POLIPROPILENO: El beneficio de la película de polietileno de baja densidad consiste básicamente en una separación por arrastre con aire seguida de una trituración o molienda. El material granulado se lava en disolventes no polares, generalmente disolventes clorados, o si no se pretende eliminar las tintas de impresión, puede lavarse en solución acuosa de un detergente no iónico (alcohol laurílico etoxilado o similares), posteriormente se hace una separación por flotación para eliminar cualquier posible contaminación con película de acetato de celulosa, o de PVC y finalmente se procede a hacer un peletizado previo a su transformación final en nuevos productos.

Otros plásticos contenidos en la basura urbana son:

- 1.- Polietileno de Alta Densidad, de soplado principalmente en botellas.
- 2.- Polietileno de Alta Densidad, de inyección: en cubetas, charolas, recipientes, juguetes, cestos, etc.
- 3.- Polipropileno en envases y tapones.
- 4.- Poliestireno en envases, frascos y recipientes.
- 5.- Polivinilo en botellas y frascos.
- 6.- Polivinilo, plastisol en muñecas y pelotas.
- 7.- Otros.

La separación completa de éstos es difícil y por lo tanto hay cierta mezcla entre los diversos tipos de plásticos, por lo que se hace una separación por un sistema de flotación simultáneamente con el proceso de lavado.

Después de la clasificación, cada tipo se pasa separadamente a trituración en molinos de cuchillas rotatorias.

El granulado que sale de los molinos pasa al proceso de lavado y flotación, donde se separan por diferencia de densidad diversos tipos de plásticos que quedaron mezclados.

El primer lavado es realizado con agua y detergente, manteniendo las partículas en movimiento, ya sea por agitación manual o por un agitador mecánico. El polietileno de alta densidad flota juntamente con el polipropileno. El PVC y el poliestireno se van al fondo. Se separan las partículas flotantes y se pasan a otro tanque en donde se tiene una solución de agua y alcohol de 0.93 de densidad; en esta solución se enjuagan y se separan el polipropileno que flota del polietileno que es más denso y se va al fondo.

Se recolectan las partículas flotantes, se escurren en es^uteras de malla de alambre y luego se secan en un secador de cha^urolas.

El plástico recuperado puede utilizarse para fabricar diversos artículos, ya sea mezclándolo en diversas proporciones con material virgen o por sí solo cuando el tipo y características de los objetos fabricados así lo permitan.

En el caso del polietileno de baja densidad o sea la pel^ucula, puede fabricarse película de baja calidad para ciertos usos específicos y tubería extruída.

El polietileno de alta densidad puede usarse, según sus propiedades, para fabricar artículos por inyección, soplado o termocompresión. Lo mismo puede decirse del PVC, poliestireno, y polipropileno.

En la Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto de Investigación de Materiales, también se analizó el mejoramiento de desechos plásticos tales como el polietileno y el polipropileno, provenientes de la basura urbana.

Este estudio fue enfocado a la producción de artículos moldeados a presión y calor derivados de tales desechos.

Los productos obtenidos en estos estudios son: tableros, aglomerados, plafones, recipientes, contenedores para empaque, láminas, todos ellos con muy buenas propiedades físicas y mecánicas, tales como baja conductividad térmica, buena ligereza, - alta resistencia al impacto, baja conductividad eléctrica, alto punto de ignición, etc.

La aplicación de los productos obtenidos es variada, teniendo una buena proporción en la industria de la construcción, en la fabricación de muebles para oficina, estantería, recipientes, basureros, etc.

A continuación se da un diagrama generalizado del proceso de elaboración de éstos productos. (Fig 4.31).

ELABORACION DE PRODUCTOS DE POLIESTIRENO

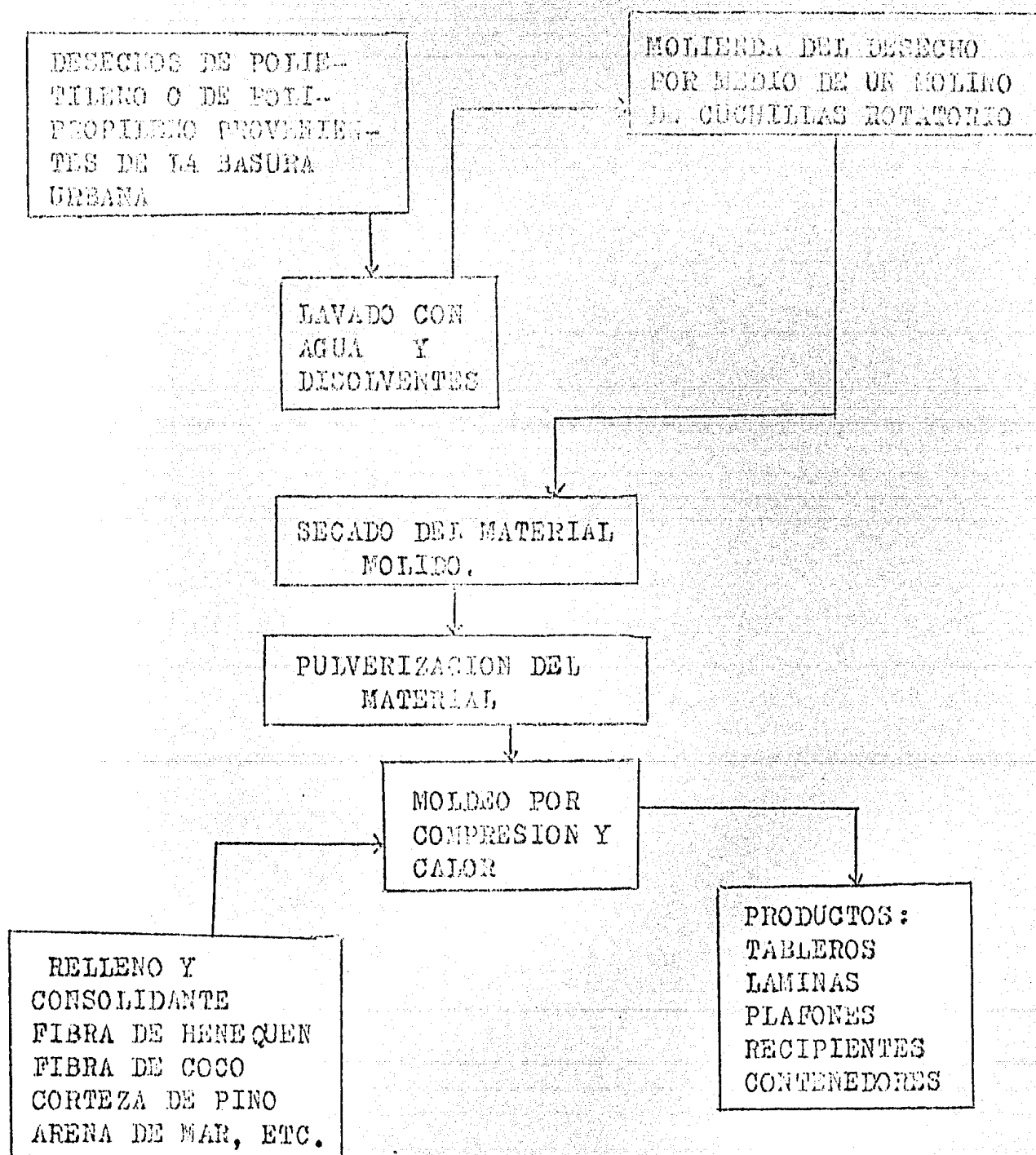


FIG. 4.31

2.3.1. EL EXTRUSOR Y SU FORMA DE TRABAJO: El estudio se realizó en otra compañía en donde el desecho se produce en el departamento de extrusión, en el cual se procesan el poliestireno y sus copolímeros como el estireno-butadieno, el (ABS) acrílico-nitrilo estireno-butadieno.

La extrusión es una operación continua en la cual el polímero y sus aditivos son impulsados continuamente a lo largo de un tornillo, pasando por regiones de temperatura y presión altas, en donde el plástico es fundido y comprimido y finalmente forzado hacia afuera del extrusor a través de varios dados, que dan al material la forma y sección transversal deseadas.

El proceso se inicia en una mezcladora dentro de la cual son colocados en forma de granulos el polímero y los aditivos necesarios para dar al producto final las características deseadas. Luego que el granulado es homogeneizado pasa, por gravedad, a una tolva de donde se alimenta directamente al extrusor.

El tornillo del extrusor consta de varias secciones, cada una con un propósito específico. La sección de alimentación recoge el polímero finamente dividido de la tolva y lo impulsa hacia la parte principal del extrusor. En el paso siguiente la alimentación se comprime, se funde y se convierte en una corriente continua de plástico fundido. La sección posterior contribuye a hacer uniforme la rapidez de flujo que se requiere para que las dimensiones del producto final sean regulares.

El plástico sale del extrusor en forma de un cordón continuo por cada uno de los dados de éste. Los cordones pasan luego a una tina en donde son enfriados y solidificados por medio de agua. Esta especie de hilos son jalados por el rodillo de dientes de una cortadora que los reduce a pequeños cilindros, los cuales son aventados hacia un syntón o seleccionador de par-

tiestas, el cual consiste en una placa vibratoria inclinada que tiene perforaciones de cierto tamaño a lo largo de la cual se deslizan los cilindros, cayendo por los agujeros de la placa únicamente los que tienen el tamaño deseado y saliendo los demás por el extremo inferior de ella hacia un depósito de desperdicios.

Las partículas que cayeron debajo de la placa del synttrón son conducidas por transporte neumático hacia la tolva de empaque.

El producto ya empaçado es llevado al área respectiva en la bodega, encontrándose listo para su distribución.

La temperatura para la extrusión de poliestireno varía entre 400 y 500 grados Fahrenheit.

El trabajo mecánico hecho sobre el plástico por el tornillo puede resultar en considerable calor friccional. El medio de enfriamiento debe ser capaz de absorber y/o extraer el calor excesivo.

El desecho que se produce en el proceso se debe principalmente a dos fuentes:

1.- Al iniciarse una corrida toma cierto tiempo fijar las condiciones óptimas de presión y temperatura para cada polímero, que logran que el plástico fluya correctamente y sea forzado homogénea y continuamente hacia fuera del extrusor a través de los dados. Mientras esto se logra, todo el material que no ha formado cordones homogéneos se ha estado aglomerando, formando masas grandes de material fundido que al solidificarse se convierte en bloques de gran tamaño y peso considerable.

2.- Cuando se ha finalizado una corrida de un cierto producto y el próximo a trabajarse en ese extrusor es de co-

lor diferente o de un compuesto distinto, se hace necesario limpiar o purgar el extrusor para que el nuevo material no se obtenga contaminado. Esta purga se efectúa haciendo pasar a través del extrusor polímeros cristalinos que arrastren todo el material que se encuentra en el interior de la máquina, quedando ahí sólo el mencionado polímero cristalino, el cual no afecta al producto que va a producirse. Lógicamente, todo este material de purga queda como desecho.

En éste punto cabe aclarar que es una gran cantidad de polímero la que se produce, lo cual da posibilidad a que se tenga una gran cantidad de desecho.

Las generalidades del desecho son:

Cantidad: La suficiente como para considerarlo como un material con posibilidades de recuperación.

Estado físico: Sólido.

Compuestos: Amplia gama de copolímeros de cualquier combinación de los siguientes tres grupos:

Estireno, estireno-butadieno, acrílo-nitrilo estireno-butadieno, (ABS).

Color: Varios colores.

Otros: No tóxico, no corrosivo, inflamable bajo condiciones de descarga eléctrica.

Como ya se mencionó anteriormente, el objetivo que se persigue es el de tener una serie de alternativas para aprovechar el desecho, pero lógicamente, sería más conveniente no tener el desecho, o sea, evitar que se produzca.

Continuando con ese criterio, la alternativa sigue siendo el posible reuso del desecho en alguna manera.

Para tener una mejor concepción de las posibilidades de reutilización de los desechos del poliestireno y de los copolí-

meros, se puede hacer un análisis de alternativas:

Las posibles alternativas para la reutilización del desecho pueden ser:

- 1.- Evitar el desecho en la operación.
- 2.- Reusar en el proceso en alguno de los pasos:
Mogola, Extrusión, Solidificación, Corte, Selección.
- 3.- Venta en su estado actual.
- 4.- Reacondicionar para su venta.
- 5.- Incinerar.

Analizando las alternativas anteriores podemos observar lo siguiente: Evitar el desecho en la operación es imposible da das las características de la misma, pues hay necesidad de cambiar materiales en las diferentes corridas y purgar el extrusor, lo que hace imposible operar sin desechos.

La reutilización del desecho en alguno de los pasos del proceso también no es factible, ya que para reciclarlo en el pro ceso se requieren altos costos de inversión para el equipo de ac ondicionamiento del desecho, hecho que no se ve justificado ac on la recuperación de la inversión en el tiempo, así como los problemas de tamaño del equipo y espacio disponible para los mis mos.

Venta en su estado actual: investigaciones realizadas por la compañía para la venta del material en su estado actual, pero como materia prima y no como posible material de reuso, estuvieron enfocadas para conocer:

- 1o.- Las características del consumidor del material.
- 2o.- El uso del material por dicho consumidor.
- 3o.- Volumen potencial del consumidor.

El resultado fue que sólo dos de las industrias encuestadas, ambas dentro del grupo de las más pequeñas, una de ellas en el ramo de juguetes y otra en el de enseres, se interesaron

por comprar el material en su estado actual, pero pagando por él un precio de desperdicio, y considerando entre ambas sólo cinco toneladas mensuales aproximadamente.

Reacondicionamiento para su venta.- Entenderemos como reacondicionamiento del material para su venta el hecho de transformarlo al estado en el que el consumidor lo requiere para poder usarlo. El estado en el que los consumidores necesitan el poliestireno es en forma de gránulos para poderlo extruir, inyectar o moldear. Esta alternativa sólo requiere de un molino y no de varios.

Incineración.- No se optó por la incineración del desecho de poliestireno, ya que si se procedía a la incineración, debería realizarse para todos los desechos de la planta. Esto implicaría un alto costo de inversión para un incinerador.

Habiendo analizado las alternativas propuestas llegamos a observar que la única alternativa más viable es la de disponer el desecho para su recuperación por reacondicionamiento para la venta como producto de uso general, granulándolo por medio de un cortador.

12i) POLIESTER: En Cleveland Ohio, Estados Unidos de América, se desarrolló una patente para el reciclado de poliester-proveniente de artículos desechados.

Esta técnica se refiere a la elaboración de productos moldeados a partir de poliester limpio recuperado de desechos plásticos; dichos desechos pueden ser moldeados por extrusión en rodillos, tubos, hojas, filamentos y fibras, también pueden ser obtenidos por moldeo a compresión o por moldeo de inyección.

Este estudio se refiere específicamente al mejoramiento del poliester de polietilen-tereftalato, recuperado de desechos

plásticos puros del mismo producto, o de desechos tales como: películas fotográficas, películas de rayos X, cintas magnéticas para grabadoras, tarjetas magnéticas para memoria, cintas de discos para computadora, películas de empaque, aislamiento de alambres y cables, recubrimientos y cualquier otra fuente de desecho de polietileno-tereftalato.

El tratamiento del polímero de polietileno-tereftalato se somete en forma de pequeñas piezas a una presión de vacío de 0.001 a 10 mm y/o bajo una atmósfera de gas inerte durante un período de tiempo entre 4 y 60 horas y a una temperatura entre 200°C y 235°C, para convertirlo en un material de fácil moldeo para la producción de artículos usables.

El tratamiento del polietileno-tereftalato comienza con un lavado del desecho; posteriormente puede ser preparado en la forma de polvo, hilos o escamas.

Con el fin de hacer más entendible el proceso de mejoramiento del polímero, a continuación se da un diagrama esquemático en la figura 4.32 sobre el proceso de dicha operación:

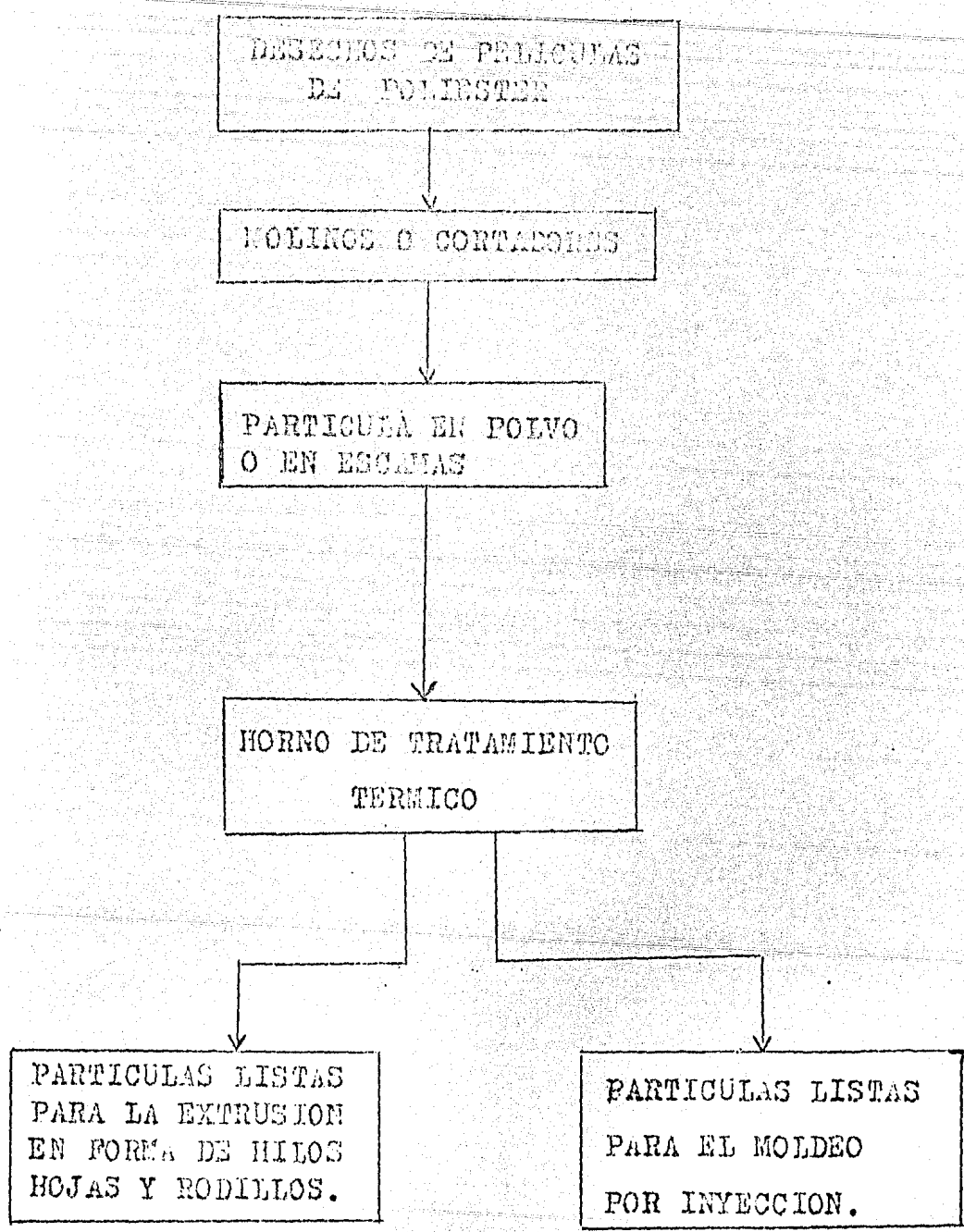


FIG. 4.32

Como se observa en el diagrama esquemático, el desecho es cortado en partículas ligeras de cierto tamaño de partícula, al rededor de $1/4$ de pulgada y para el polvo alrededor de 0.001 pulgadas; estos materiales pueden ser manejados satisfactoriamente en forma separada o mezclados.

Las partículas son llevadas a un horno en donde se realiza un control sobre la presión y la temperatura. La presión puede ser controlada por medio de la presencia de una atmósfera inerte tal como nitrógeno, argón, helio, o bien por medio de una bomba de vacío entre valores de 0.001 a 10 mm pero preferentemente entre 0.1 y 2 mm. El intervalo de temperatura se controla entre 200°C y 235°C por un período de tiempo de 4 a 60 horas.

El horno está provisto de medios de agitación ó éste puede ser en forma de cilindro rotatorio.

La adición de etilen-glicol al material antes de ser calentado en el horno, beneficia al proceso pero no necesariamente propicia el mejoramiento del material.

Las variables de la temperatura, tiempo, vacío o velocidad de flujo del gas, y el tamaño de partícula están interrelacionadas y afectan la velocidad y el grado de mejoramiento del material.

Manteniendo la temperatura en el intervalo de 200°C a 235°C y manteniendo las otras variables constantes, se alcanza el tiempo más corto para el mejoramiento del material de poliéster.

Para tiempos más largos y altas temperaturas, el material llega a ser altamente duro; esto indica que el grado de moldeabilidad está afectado directamente por el manejo de las variables. Incrementando el grado de vacío, o la velocidad de flujo del gas y disminuyendo el tamaño de partícula del material de poliéster incrementa la velocidad de reacondicionamiento y bene -

ficie del material tratado.

Los límites prácticos para lograr el mejoramiento del material por el control del vacío, la velocidad de flujo y el tamaño de partícula, están fijados por los aspectos económicos del proceso.

Posteriormente el material es mejorado por el calor y la presión en el horno, quedando en condiciones de ser moldeado ya sea por extrusión o por inyección y consecuentemente para su reutilización o refabricación.

Con el fin de obtener mejores productos derivados del moldeo por extrusión, se pueden adicionar sólidos o líquidos al material mejorado antes de ser extruido, por ejemplo: la adición de 0.1 a 1% en peso de carbón negro finamente dividido origina un producto negro con apariencia lustrosa y de una densidad superior que 1.355. Adiciones de 0.05% a 4% en peso de talco, titanio en forma de óxido u óxido de aluminio y otros similares, proporcionan materiales con un alto incremento en su densidad, así como la adición de benzofenona en un 0.05% a 0.5%. Se puede adicionar colorantes para el control del color en los productos resultantes.

Se ha observado que es ventajoso moldear el producto mejorado inmediatamente después de haber sido obtenido. Si esto no es posible se deberá almacenar protegiéndolo de la humedad, ya que ésta desfavorece el moldeo del material mejorado. Si el material contiene humedad, éste deberá ser secado por medio de aire a una temperatura de 110°C por al menos 2 horas antes de ser moldeado. ²³

El proceso anterior presenta una modificación que consiste en extraír y peletizar el poliester limpio antes de ser tratado térmicamente en el horno. Las partículas deberán tener un

tamaño de $1/8$ de pulgada o menos y el tratamiento térmico es similar al anterior excepto que aquí se emplea un tiempo mayor, con el fin de llegar a resultados equivalentes. En seguida se muestra un diagrama del proceso, en la figura 4.33

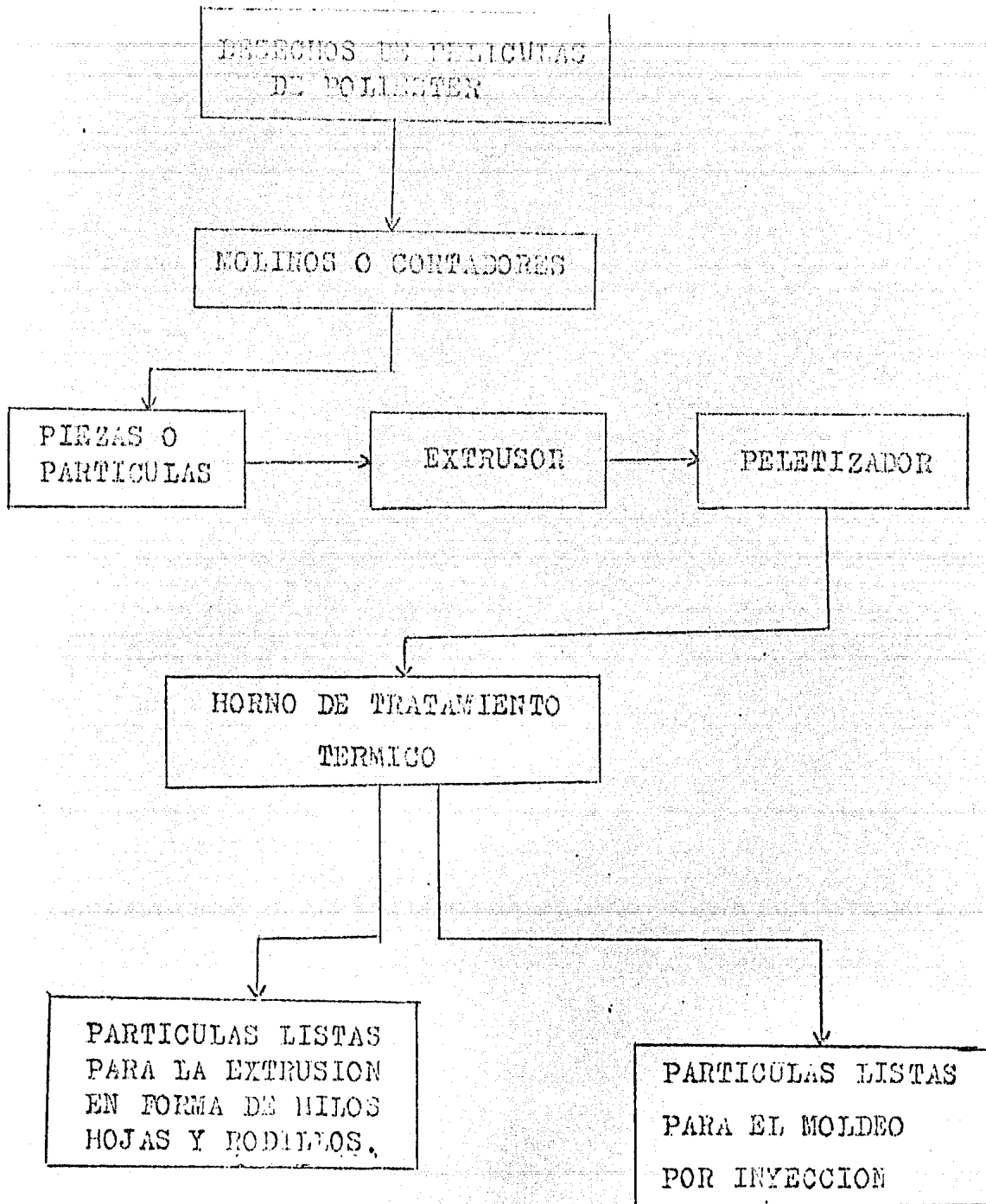


FIG. 4.33

IV-13.- RELLENO SANITARIO.

El relleno sanitario como método de disposición final de las basuras es un método totalmente aceptable tanto desde el punto de vista estético como en lo referente al control de la contaminación del medio ambiente. Lo anterior se cumple siempre y cuando el proyecto haya sido desarrollado por ingenieros especializados con base en las normas técnicas existentes, y la operación se realice bajo una supervisión efectiva. Sin embargo en las comunidades medianas y pequeñas la objeción principal de las autoridades es la carencia de recursos para la compra de un tractor, es decir siempre está presente la asociación de ideas relleno- tractor.

En este trabajo se desarrollan o analizan las bases metodológicas para establecimiento de rellenos sanitarios con operación manual en ciudades hasta de 100,000 habitantes. Estos rellenos fueron usados extensivamente en Inglaterra hasta poco después de la segunda guerra mundial, cuando los tractores comienzan a sustituir a la mano de obra directa debido al alto costo de ésta.

13a) JUSTIFICACION DEL USO DE TECNOLOGIAS APROPIADAS.

En 1978, cuando en la República Dominicana se reúnen más de 100 especialistas en control de residuos sólidos de todo el Continente Americano se concluye que para las condiciones de los países latinoamericanos y en la mayoría de los casos para los industrializados:

" El relleno sanitario es generalmente el método más económico para disponer de los desechos sólidos municipales. Por ésta razón el uso de procedimientos más complejos podría considerarse cuando el análisis de la tecnología, la protección eco-

lógica y los factores económicos indican que existen ventajas adicionales a las del relleno sanitario".

Se puede observar que en el país el 95% de las basuras no se disponen adecuadamente con los consecuentes efectos adversos sobre el medio ambiente.

En México existen alrededor de 50 ciudades con más de 100,000 habitantes que albergan alrededor de 29 millones de habitantes, y cerca de 470 localidades con una población entre 10,000 y 100,000 habitantes con un total aproximado de 13 millones de personas. Esas condiciones favorecen la disposición final de las basuras, sobre todo para éste último grupo de poblaciones.

Al igual que se hace en este trabajo para un solo punto del proceso del manejo de las basuras municipales, deberán hacer se revisiones sobre el uso de tecnologías apropiadas para el almacenamiento, recolección, barrido y transporte.

13b) FACTIBILIDAD ECONOMICA: La crisis estructural en que se debate el país, y que trae como secuelas el desempleo, la escasez de divisas, y la inflación, hacen ahora más factible el uso de tecnologías con empleo extensivo de la mano de obra.

El relleno sanitario manual dentro de los límites propuestos para el uso del mismo, cumple con las siguientes premisas:

- Contribuye a evitar la salida de divisas al substituir la técnica del tractor por mano de obra.
- Alivia el problema del desempleo mediante la ocupación de mano de obra.
- Contribuye a solucionar el problema de integración social de los pepenadores mediante la formación de cooperativas.

La generación de basuras en el país varía de 0.4 a 1.0 lb/ hab-día, según las condiciones socioeconómicas y las costumbres prevalecientes. Se acepta para éste reporte, que las ciudades de 100,000 hab., o menos tienen una generación promedio de 0.5Kg, o sea la cantidad de basura que se generaría como máximo en una de éstas ciudades, sería de 50 ton/día.

A continuación se observa el análisis de la integración de costos para el relleno sanitario, así como la gráfica de los resultados de los costos calculados para diferentes tamaños de relleno. En la figura 4.34 se observa que el relleno sanitario manual tiene una ligera tendencia a aumentar sus costos unitarios con el volumen de basura relleno posiblemente por la necesidades de una mayor supervisión y de infraestructura de servicios de apoyo al personal. En cambio el relleno sanitario mecanizado tiende generalmente a una efectiva economía de escala, en el ámbito de la comparación.

Es interesante observar que el punto de equilibrio económico se encuentra alrededor de las 85 ton/día, es decir que teóricamente el relleno sanitario manual podría aplicarse en ciudades que produzcan esa cantidad de basuras, lo que equivaldría a 170,000 habitantes, si aceptamos los parámetros que se establecieron para realizar los cálculos. Si aceptamos el hecho anterior se tendría que el número de ciudades del país que necesitan maquinaria para efectuar un relleno podría reducirse a 38 aproximadamente. Sin embargo al no haber experiencia nacional con éste tipo de rellenos no es recomendable establecer una política nacional al respecto, sino hasta que hayan sido experimentados a nivel planta piloto.

ESTIMACION DEL NUMERO DE LOCALIDADES
 DEL PAIS SEGUN SU NUMERO
 DE HABITANTES (1982)

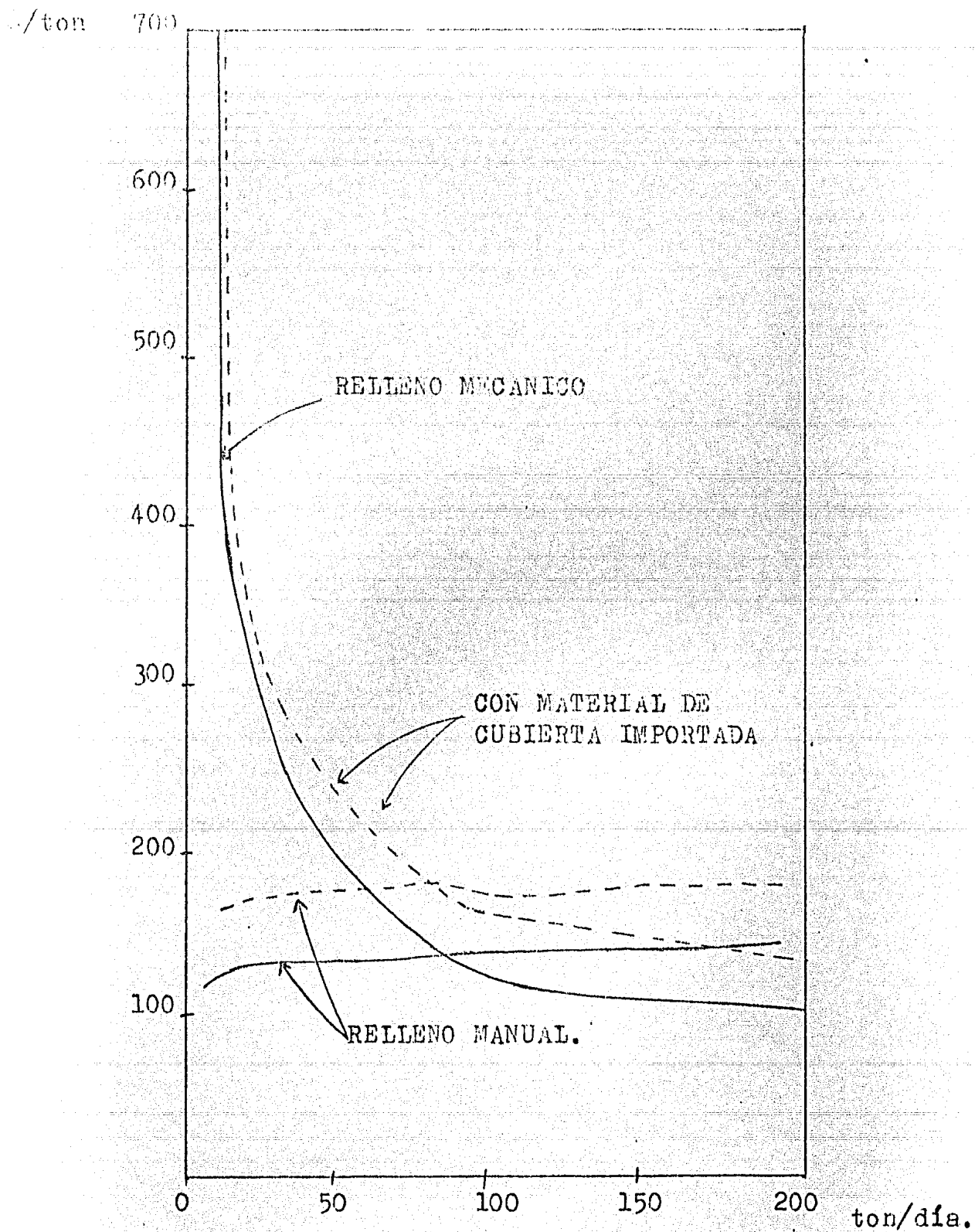
RANGO DE POBLACION	N. DE LOCALIDADES
MAYORES DE 1,000,000	3
DE 500,000 A 1,000,000	5
DE 250,000 A 500,000	16
DE 100,000 A 250,000	28
DE 50,000 A 100,000	50
DE 20,000 A 50,000	126
DE 10,000 A 20,000	293
TOTAL	521

TABLA 4.27

INTEGRACION DE COSTOS DE UN RELLENO
SANITARIO PARA 50 TON/DIA

CONCEPTO	COSTO EN \$/TON	
	MANUAL	MECANICO
COSTOS DE INVERSION		
Costo del terreno	11.66	11.66
Costo del proyecto	1.66	1.66
Infraestructura	1.16	1.15
Equipo	0.67	23.81
Intereses sobre la inversión	31.33	74.37
COSTOS DE MANO DE OBRA		
Velador	-	12.00
Recepcionista-capataz	12.00	12.00
Tractorista	-	20.00
Peones	50.00	10.00
Prestaciones sociales (40%)	24.80	21.60
MANTENIMIENTO Y OPERACION		
Equipo, combustible, aceites, etc.	1.00	16.40
COSTO DE MATERIAL DE CUBIERTA		
Cubierta excavada	6.72	-
Cubierta importada	50.00	43.34
COSTO CON CUBIERTA EXCAVADA	141.00	204.66
COSTO CON CUBIERTA IMPORTADA	191.00	248.00

TABLA 4.28



COMPARACION DE COSTOS UNITARIOS.

FIG. 4.34

1.3e) FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA.

La técnica del relleno sanitario manual se desarrolla extensivamente en Inglaterra en el decenio de los treinta. Basta decir que durante la Segunda Guerra Mundial todas las basuras de la ciudad de Londres eran tratadas mediante rellenos sanitarios manuales.

A continuación se enumeran los pasos a seguir para el establecimiento de un relleno sanitario. Estos son los mismos para ambos tipos de relleno, y sólo algunas pequeñas modificaciones se señalan en cada paso expuesto. Los pasos se describen en forma muy breve puesto que no es el objetivo de este trabajo describir un manual al respecto.

1.- Selección del sitio.- Se debe tomar en cuenta:

- a) Ubicación: Es conveniente que esté lo más cerca posible de buenos caminos y a unos 900-1000 metros de la población para evitar problemas de relaciones públicas.
- b) Topografía: El relleno se adapta a cualquier tipo de suelo y topografía. De preferencia deben ser suelos no aptos para otros usos.
- c) Clima: La lluvia es el aspecto más importante y los costos y dificultades de operación dependen mucho de la pluviosidad.
- d) Suelos: El suelo ideal es uno que contenga proporciones de arena, limo y arcilla, de preferencia en el orden escrito. Sin embargo, dependiendo del clima y el lugar, muchos otros pueden aceptarse.
- e) Area: Depende si se van a usar varias capas o una sola. Generalmente esto último es lo mejor para un mayor aprovechamiento. Se estima el uso de espacio en 4.4 ha/año para 100,000 habitantes.

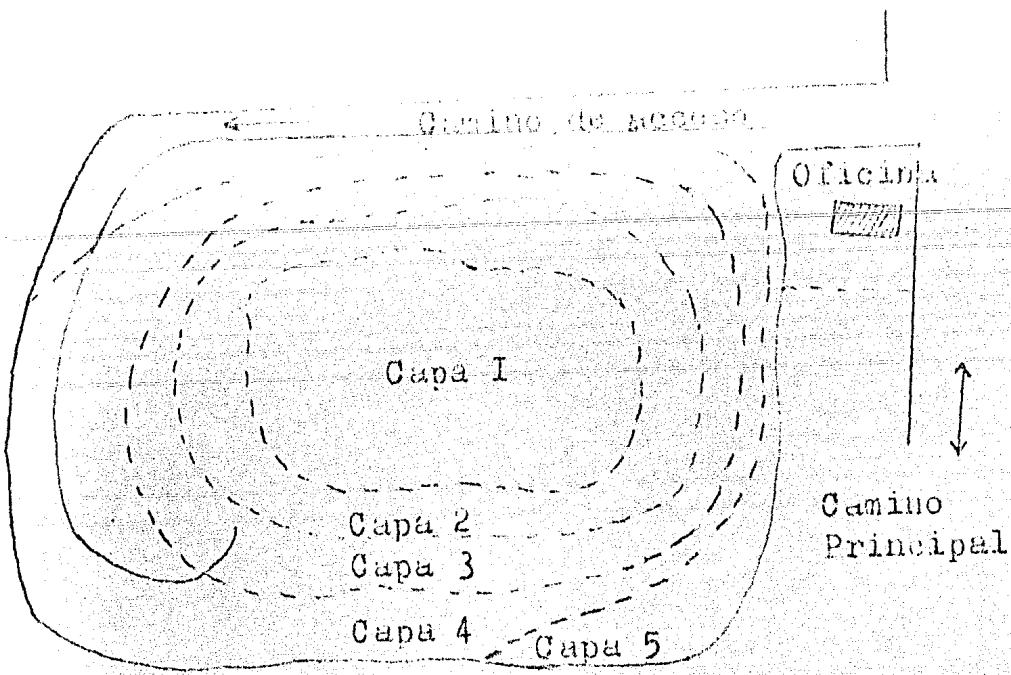
2.- Planeación del llenado del relleno.- Se deben diseñar los siguientes aspectos:

- a) Obras de protección: Cuando se requieren diques, drenajes o entubamientos para proteger sobre todo los mantos freáticos y las corrientes superficiales que puedan contaminarse.
- b) Obras accesorias: Se debe equipar con entrada, cerca, caseta de control, servicios sanitarios, báscula, etc.
- c) Obras de infraestructura.- Se considera como tales los movimientos de tierra necesarios para poder operar el sitio, por ejemplo, los caminos de todo tipo, y los drenajes. Estas deben planearse para cada etapa de la vida útil del relleno, según las capas y franjas programadas.

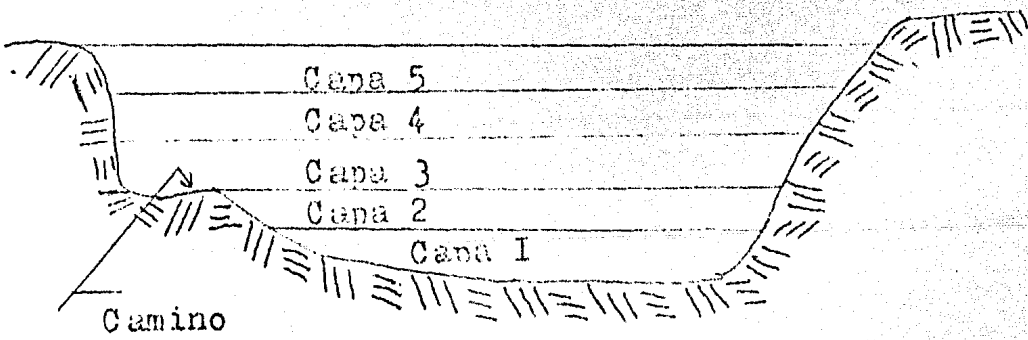
3.- Planeación de las capas.- De acuerdo con la topografía del sitio, se planeará y programará el volumen útil que se ocupará cada año según el número de capas, que estará determinado por el espesor de cada una. En relleno manual este espesor no debe ser superior a 2 metros. En el mecánico depende mucho del tamaño de la máquina que se use.

4.- Planeación de franjas.- Las capas se dividirán en franjas por ocupar durante períodos estacionales o mensuales por ejemplo, programando sus usos. Para la estación de lluvias deberá apartarse un lugar de fácil vertido para los camiones.

5.- Planeación de celdas.- Cada celda se forma con la basura de un día y se cubre con tierra al terminar la jornada. El tamaño de la celda depende de la cantidad de basura que llega al relleno y de la densidad de la misma.

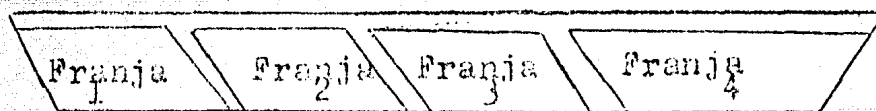
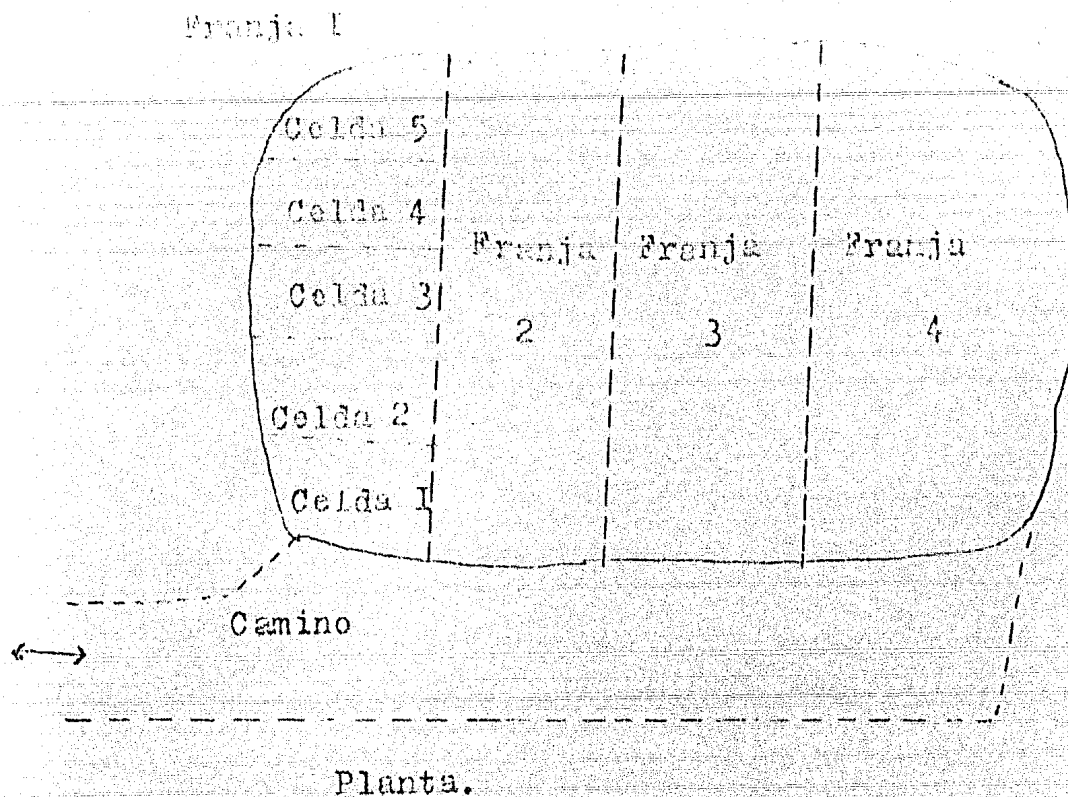


Planta con curvas cada 2 m



Formación de capas en un relleno en depresión.

FIG. 4.35



Perfil

Formación de la primera capa.

FIG. 4.36

6.- Pesos aparentes recomendados.- Estos varían según el tipo de basura, el tiempo transcurrido en el relleno, del tráfico vehicular superior y finalmente del número de capas del relleno. A continuación se reproducen algunos valores consignados en diferentes libros para algunos países. Los datos sobre México son medidos o estimados en base a la experiencia cuando se carece de mediciones.

El peso de la basura suelta es:

India: 57 Kg/ m³ (medido en recipiente de 1 m³)

Inglaterra: 132 Kg/ m³ (idem)

México: 180-250 Kg/ m³ (medido en bote casero de 80 l).

7.- Uso de la tierra.- Se debe calcular para cada caso en particular considerando las dimensiones de la celda y unos 15 a 25 cm de cubierta diarias. Esto da factores de uso de cubierta del orden de un 20% a un 25% en volumen.

La localización de bancos de materiales dentro del mismo sitio y si es posible al pie del mismo talud de basura es esencial para bajar costos de acarreo de material de cubierta.

En caso contrario tendrán que localizarse bancos lo más cercano posible al sitio y transportarlos en camión. En el relleno manual el problema es más crítico ya que la excavación a mano es muy cara, por lo que habrá que ayudarse periódicamente con maquinaria.

8.- Taludes.- El talud de trabajo en relleno sanitario manual y mecánico es de 1:1 para el primero y de 2:1 para el mecánico.

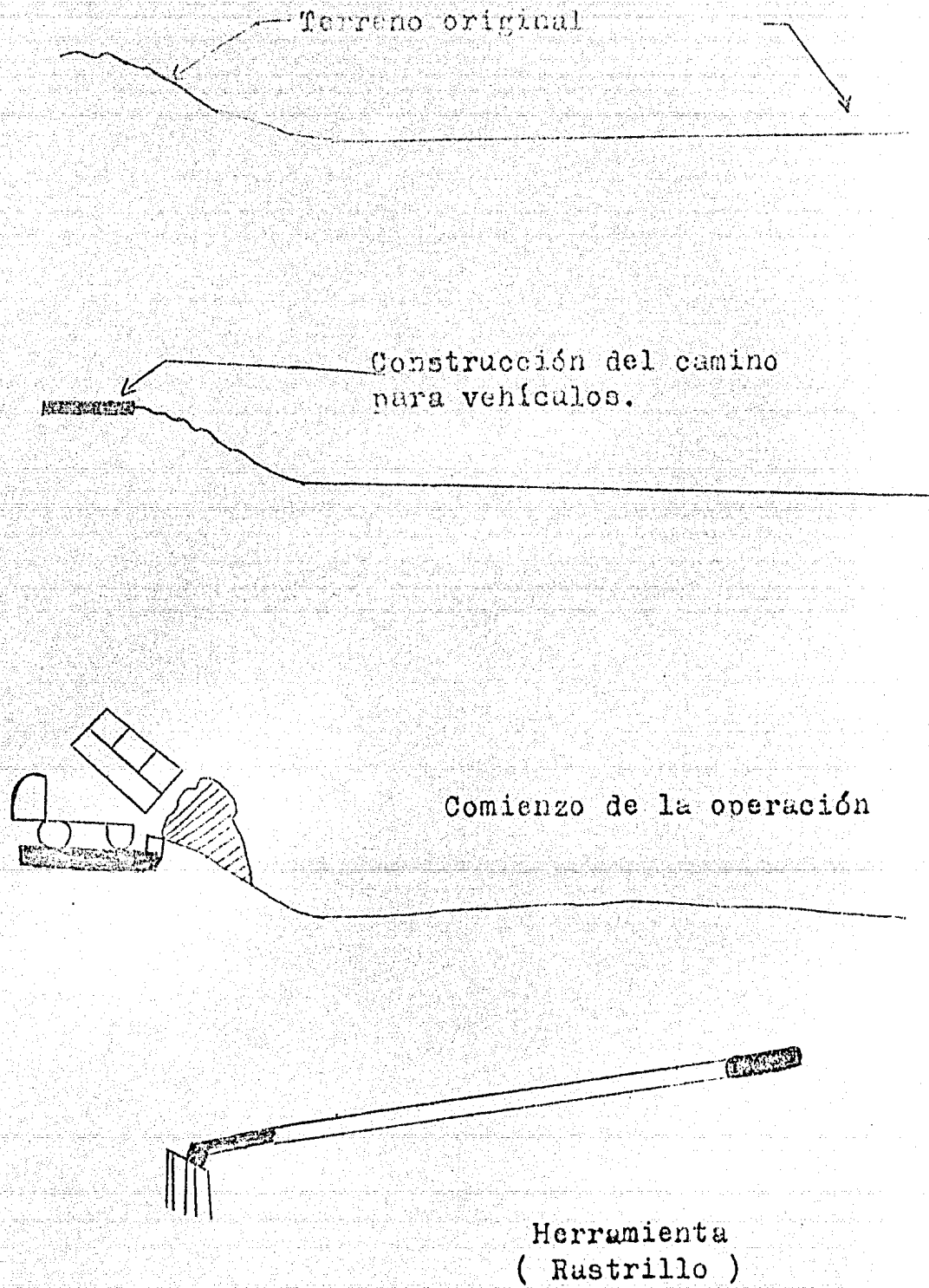
13d) OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES: Los pasos para el proceso de formación del celdas y franjas son los siguientes:

- 1.- Construcción de un camino para iniciar las operaciones de esa franja. El camino estará aproximadamente a 2 m. sobre el nivel del terreno a fin de poder comenzar la rampa.
- 2.- El camino se reviste de cascajo, grava, con durmientes móviles o placas de acero, sobre todo en las partes recién formadas (basura de los días anteriores). Se pone un tope en el talud.
- 3.- El camión descarga a la orilla del talud o sobre el talud mismo, desde la parte de arriba.
- 4.- El trabajador baja la basura (o trabajador-pepenador) con un rastrillo de mango largo de 1.80 a 2.00 m.
- 5.- Al ir bajando la basura va seleccionando los materiales reciclables hasta llegada la nueva carga de basura.
- 6.- La cubierta superior se puede ir cubriendo conforme avanza el frente, y los flancos al terminar el día, con una cubierta de 15 a 25 cm. El material de cubierta debe estar arriba y cercano al frente del trabajo.
- 7.- Al siguiente día se inicia una nueva celda, y así se continúa durante semanas o meses hasta completar la franja.

13e) ORGANIZACION DE COOPERATIVAS: Cuando existan pepenadores en el tiradero que se va a transformar en relleno, sería conveniente que estos se organizaran en una cooperativa a la que el municipio contratara para hacer el relleno. El monto del contrato puede hacerse por el equivalente en sueldos mínimos con prestación, que correspondería a peones contratados a razón de 10 tn/día.

La operación tendría que tener una excelente reglamentación a fin de evitar problemas.

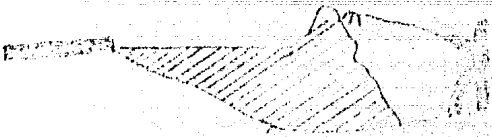
Para un relleno sanitario en general se deberá cumplir con;



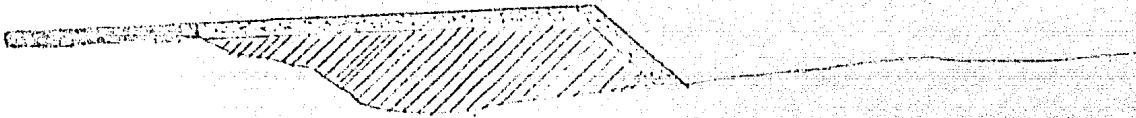
Formación de la primera celda de una franja.

FIG. 4.37

Configuración primera
celda

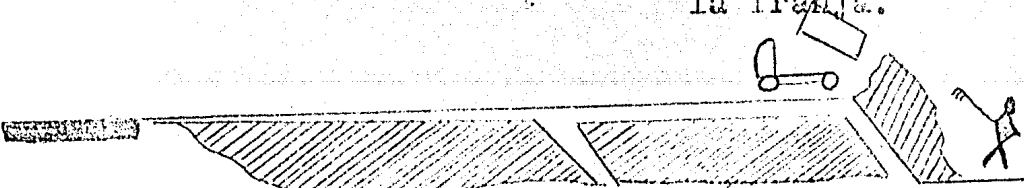


Al final del día se cubren
superficie y flancos con
15 a 25 cm. de tierra.



Celda primer día.

Se prosigue hasta completar
la franja.



Celda I

Celda 2

Celda 3

Formación de una franja.

FIG. 4.38

- 1.- No deberá producir contaminación de la superficie terrestre y del agua superficial.
- 2.- No deberá contaminar la atmósfera sobre el relleno.
- 3.- No deberá dejar contaminado el lugar del relleno, para poder reusar el lugar en tiempos posteriores.
- 4.- No deberá emitir gases tóxicos.²⁴

IV-14.- COMPOST

Bajo las condiciones actuales que privan en todo el mundo de la existencia de materias primas y la restricción en el abasto de energéticos, es evidente que se debe dar una gran importancia a la recuperación y reuso de los diferentes materiales plásticos. El problema es complejo, pues en la basura se encuentran todo tipo de plásticos en las más diversas formas, mezcla dos con toda clase de desechos y en diversos grados de combinación con otros materiales.

Desde hace algunos años se han venido estudiando diversas posibilidades de separación, recuperación y reuso de los plásticos de la basura. Algunas de las técnicas aplicadas a tales operaciones ya fueron mencionadas anteriormente.

Otra de las posibilidades existentes es el proceso de industrialización de basuras y separación de plásticos en plantas para la producción del compost.

14a) DEFINICION: La formación de compost es un proceso biológico para convertir desechos sólidos en un producto estable parecido al humus, cuyo principal uso es como acondicionador del suelo.

Se ha establecido al compost, como el producto resultante de la descomposición biológica de los constituyentes orgánicos de los desechos sólidos, bajo ciertas condiciones controladas.

14b) CLASIFICACION: Los sistemas de formación para el compost se pueden clasificar entre bases generales, que son: por el uso de oxígeno, la temperatura y la tecnología empleada.

Si el oxígeno se toma como base, la clasificación se hace en anaeróbica y aeróbica. Si se hace en base a la temperatu-

ra, la formación del compost puede ser a temperatura alta (termofílico) o a temperatura ambiente (mesofílico). Finalmente, usando la tecnología como clave, la clasificación es: formación del compost en pilas (sistema abierto) y formación mecánica del compost (sistema cerrado).

La formación de compost en condiciones aeróbicas comprende la actividad de bacterias que se desarrollan en presencia de oxígeno y por consiguiente, el suministro de éste elemento durante el proceso. Lo opuesto prevalece en el compost obtenido en condiciones anaeróbicas, donde las bacterias realizan la descomposición de los desechos en ausencia del oxígeno.

La formación aeróbica del compost se caracteriza por altas temperaturas, ausencia de olores fétidos y rapidez de formación mayor que en la producción anaeróbica.

La obtención de compost a temperatura ambiente se realiza en un intervalo de temperaturas que va de los 15°C a los 40°C ; para la obtención de compost a temperatura alta, ésta se mantiene entre 45°C y 70°C .

Los sistemas de formación de compost abiertos o de camellones son aquellos donde la totalidad del proceso se lleva a cabo al aire libre ya que la forma como se acomoda el material en largos camellones, permite que el manejo y procesamiento del material se realice con buena aereación.

Por otra parte, en los sistemas mecánicos la mayor parte de la actividad biológica inicial toma lugar en una unidad cerrada o sea el digestor.

14c) PROCESO: Sin tomar en cuenta el tipo, la formación de compost incluye ciertos pasos ordenados de la siguiente manera: clasificación del material, trituración, acción bacteriana

y almacenaje. Algunos sistemas recurren a otra trituración posterior a la acción bacteriana y otros acuden a un tamizado, así como a una segunda trituración.

Ya que la trituración de la materia prima es uno de los pasos esenciales en la elaboración del compost aeróbico, resulta inevitable cierta pérdida en los desperdicios ya que existen ciertos materiales que deben ser removidos antes de ser triturados como son: envases de lata, ciertos metales, vidrio, papel, plásticos rígidos y tipo película, artículos de cerámica, etc.

El exceso de papel puede ser desalojado para su reciclado, lo mismo que el trazo, las fibras sintéticas y los plásticos, ya que éstos resultan adversos para el proceso de formación de compost. El material ferroso es desalojado con separadores magnéticos conforme el desecho se va moviendo a través de los transportadores. Del equipo instalado dependerá si el trazo y los objetos no ferrosos son separados de manera mecánica o manual.

La molienda fina o fragmentación del desperdicio produce un resultado benéfico apresurando la descomposición, ya que el material está mejor dispuesto a la invasión microbiana haciéndola más homogénea y proporcionando una mayor aereación. El material adquiere una estructura que facilita su manejo e incrementa su respuesta al control de humedad y aereación. La acción de la trituración es cortar el desperdicio en pequeñas partes; no hay requerimientos especiales de tamaño pero el material no debe quedar aglutinado para la formación del compost. Un tamaño de partículas adecuado para desechos urbanos está en el intervalo de 1 a 2 pulgadas de diámetro.

La elaboración de el compost principia con una actividad

bacteriológica en el material en forma acelerada la cual se manifiesta por una elevación de la temperatura en el sistema.

Experimentos en la Universidad de California en Berkeley sobre basuras y la formación de compost han demostrado que la temperatura se ve incrementada desde la del ambiente hasta cerca de los 50°C en los primeros dos días en que el material se ha acomodado en pilas. A los cuatro días la temperatura se encuentra entre los 60°C y 70°C . El aumento de temperatura se presenta aún en la formación de compost en forma mecánica ya que los digestores están contruídos de tal forma que el calor no escapa y el material se alimenta en volúmenes suficientemente grandes para obtener un excelente aislamiento.

El alto grado de actividad bacteriológica está indicado por el hecho de que la caída de temperatura que acompaña a cada operación de volteo de pilas es muy pequeño y se recobra en un lapso de tiempo muy corto una vez finalizado el volteo. El calor producido se debe al exceso de energía liberada por las bacterias ya que el contenido de ésta en el material obtenido no escapa a velocidad mayor que la generada, aumentándose en consecuencia la temperatura. La alta temperatura se mantiene hasta que el material empieza a degradarse; al llegar a este punto, la actividad bacteriológica declina y la temperatura baja. Otros cambios característicos que se efectúan son: un incremento en la demanda de oxígeno, un cambio del potencial de óxido-reducción, un aumento del pH, un olor detectable a amoníaco y una caída en la relación carbono/nitrógeno.

El incremento en la demanda de oxígeno se debe a la necesidad de mantener condiciones aeróbicas en el proceso para promover el crecimiento de este tipo de bacterias y microorganismos.

mos. El cambio en el potencial de óxido-reducción se debe al cambio de las condiciones anaeróbicas a aeróbicas; la caída del pH, durante los primeros días de formación del compost se debe a la síntesis de ácidos orgánicos. Si el material reaccionante tiene zonas anaeróbicas cualquiera de los ácidos: acético, propiónico o butírico serán formados. La producción de amoníaco tiene un efecto directo en la relación C/N. La caída de ésta relación durante transcurso de la fermentación es ocasionada por la liberación de CO_2 ; éste es el formado por las bacterias cuando oxidan el material carbónico del desecho, tomando lugar, aunque en forma muy leve, la fijación de nitrógeno.

La tendencia de la fermentación es obtener un cierto grado de estabilización en el producto que no ocasione molestias cuando sea vendido aún si pudiera estar húmedo ya que una estabilización total sería la formación de CO_2 , agua y cenizas minerales lo cual es indeseable por la inutilidad de los productos obtenidos. La estabilidad estará determinada por el color, olor, y temperatura final del producto, el cual puede ser ya preparado para su venta. Este paso consiste generalmente en hacer pasar el material por un tamiz y obtener diferentes calidades en base a su tamaño. El más grueso se destina a aplicaciones en gran escala mientras que los más finos se destinan a plantíos de frutales, jardines y sobre todo viñedos. El material propiamente fermentado puede ser vendido sin el peligro de generación subsecuente de molestias. Aunque la descomposición ocurriera durante su almacenaje, el contenido de humedad también es pequeño para poder manifestarse alguna actividad bacteriológica.

14d) USOS DEL PRODUCTO: El compuesto final obtenido pue-

de ser designado por el término general de humus. Cuando es usado en suelos tiene efectos nutrientes y físicos; en mezcla con fertilizantes comerciales presenta características adicionales muy deseables como son: la mayor retención del agua ya que mejora la relación aire-agua y fomenta el desarrollo de raíces en las plantas, incrementa la disponibilidad del suelo para absorber cambios rápidos en acidez y alcalinidad, y una cierta neutralización de sustancias tóxicas. Físicamente, mejora la estructura de los suelos duros incrementando el volumen de los poros de éste y evita la asfixia de raíces jóvenes, así como facilita el manejo mecánico del mismo.²⁵

Aunque tiene un contenido apreciable de nitrógeno-potasio, fosforo, éste no es lo suficientemente alto como para que el producto pueda ser considerado un fertilizante, por lo tanto, a menos que no pueda ser vendido legalmente como tal, sí puede ser reforzado con alguno de los tres elementos.

En seguida se muestran diagramas del proceso para la obtención del compost en forma generalizada: (Fig. 4.39):

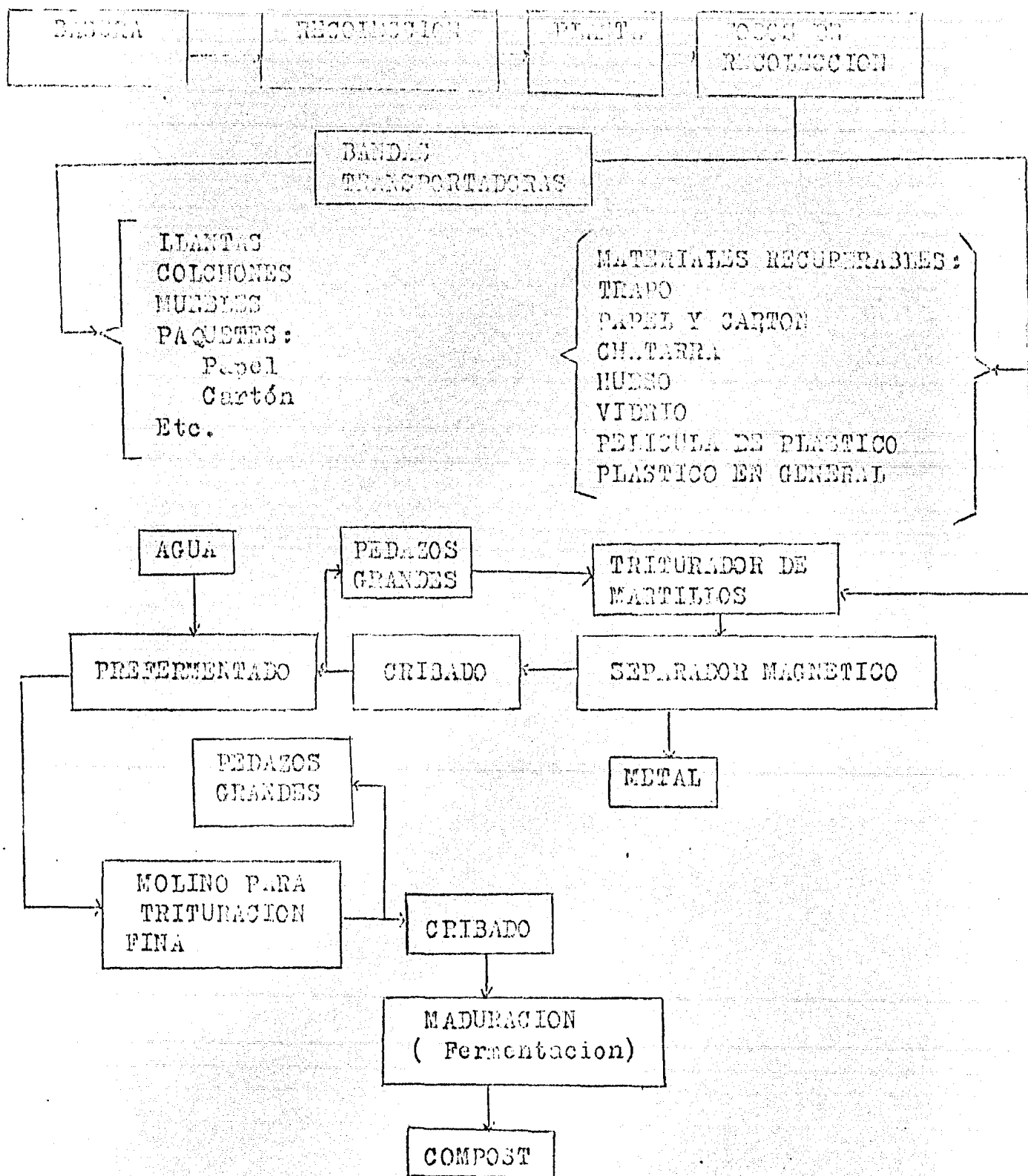


DIAGRAMA PARA PROCESO DE RECUPERACION DE MATERIALES Y PRODUCCION DE COMPOST.

FIG. 4.39

En los Estados Unidos de Norte América, el departamento de comercio de la "National Bureau of Standards, Washington D.C.", publicó en Agosto de 1981 el reporte sobre el proceso para la producción del Compost, "CONVERTIT", que en forma general se puede describir como sigue:

Los camiones llegan a la planta CONVERTIT y son pesados en la báscula A y descargan posteriormente en la tolva B. El desecho es alimentado a los molinos o desmenuzadores 1 y 2 (en serie) por medio de transportadores, en los cuales se muele a un determinado tamaño de partícula con el fin de favorecer la descomposición de los desechos.

La descomposición es ayudada por la adición de inoculantes bacteriales. El desecho es alimentado a la tolva D a través del transportador C; de aquí es conducido a las pilas E donde se lleva a cabo la descomposición.

En el área de la descomposición se realiza un control estricto de las condiciones de humedad y de la temperatura. Las pilas son metódicamente numeradas, cambiadas y mezcladas. Durante la descomposición, la temperatura alcanza un valor de 76^oC.

El material resultante de la descomposición se transporta al molino 3 para una nueva reducción de tamaño de partícula y posteriormente pasa a un tamizador F. El material tamizado es finalmente empacado o almacenado a granel y el sobrante es recirculado. 26

A continuación se presenta la figura 4.40 de un diagrama del proceso "Convertit"; la figura 4.40a muestra las dimensiones de la planta CONVERTIT.

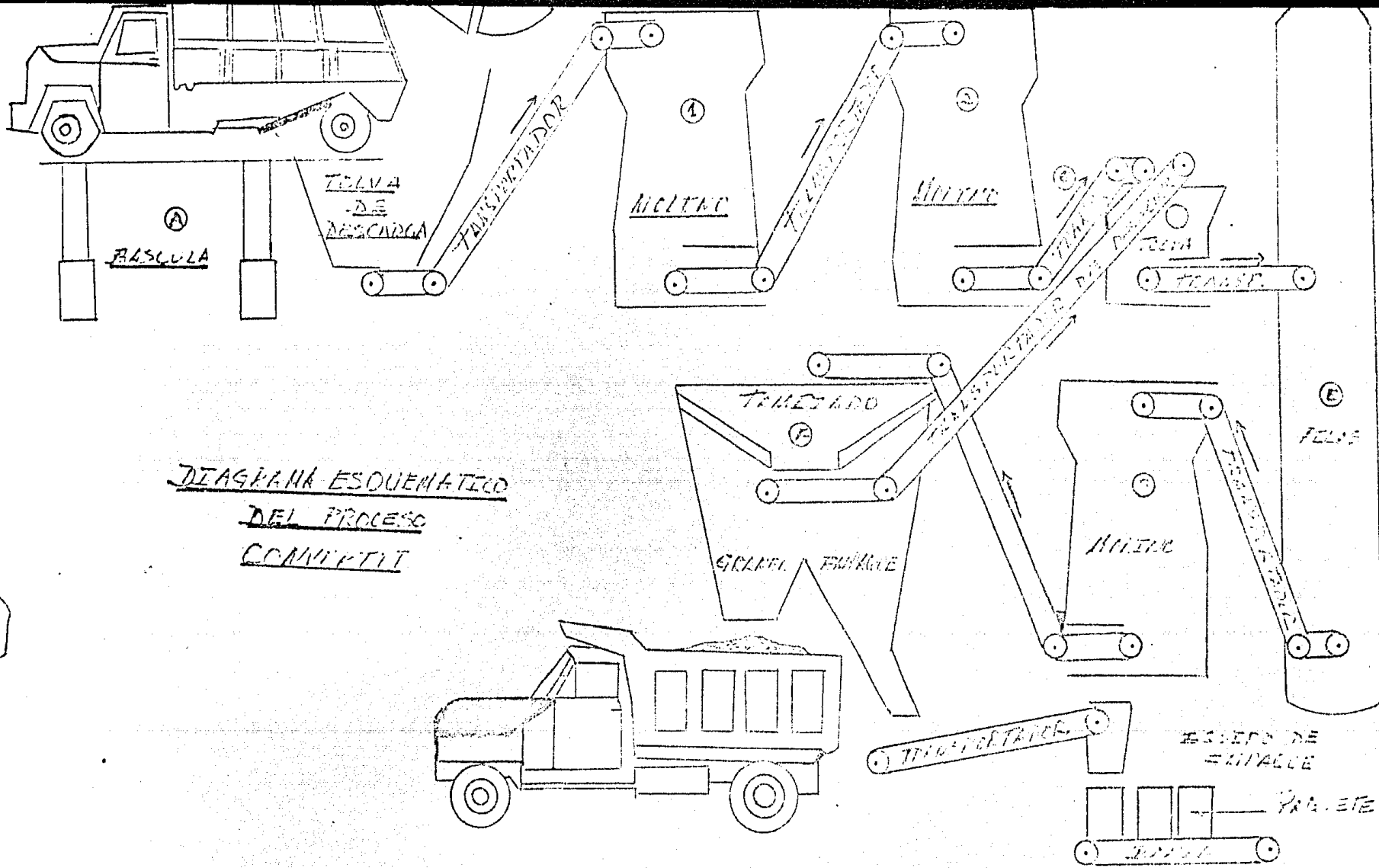


DIAGRAMA ESQUEMATICO
DEL PROCESO
COMPLETO

FIG. 4.40

FIG. 4.40B

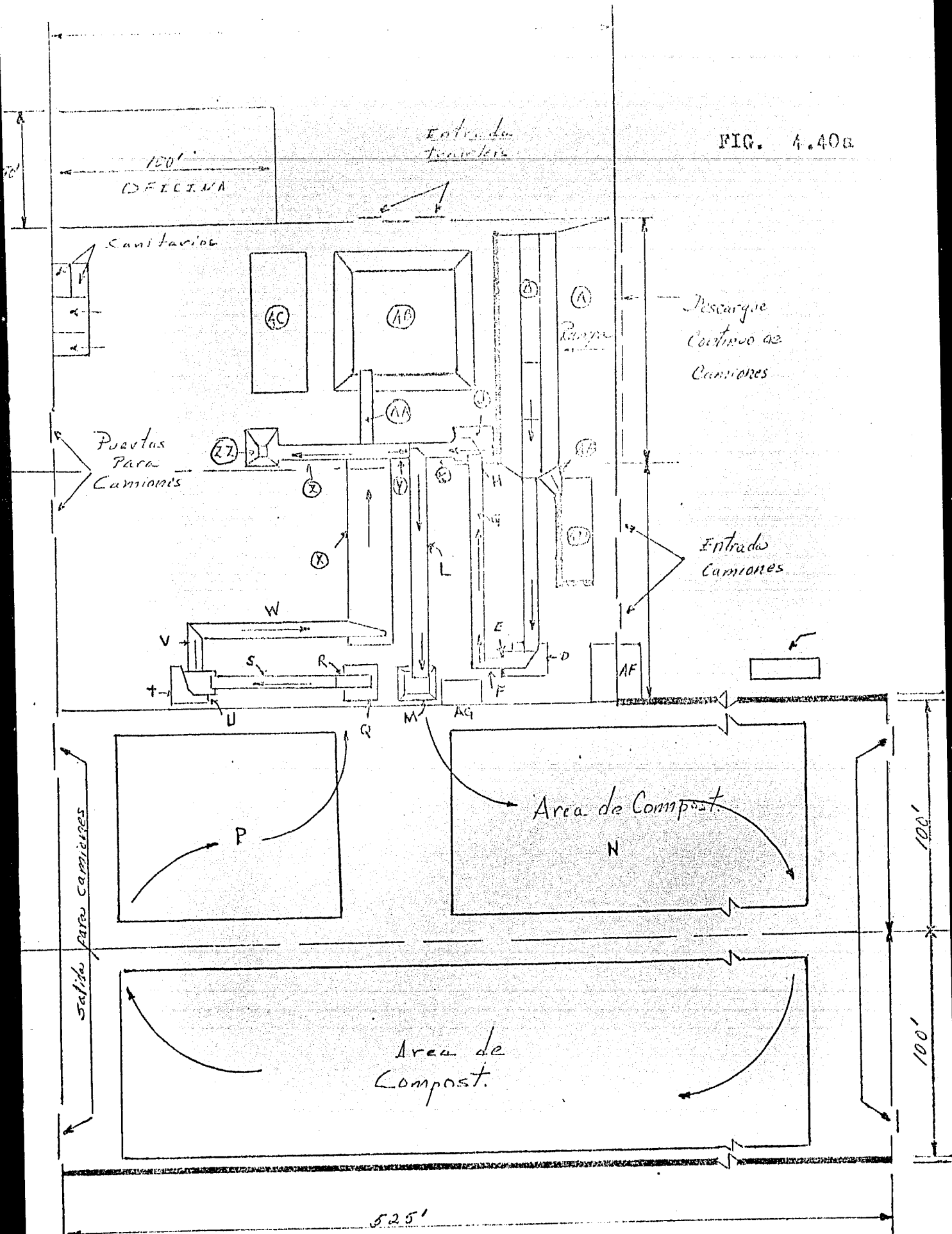


DIAGRAMA ESQUEMATICO PARA EL PROYECTO " COMPOSTET "

(Fig. 4.40a)

- A.- Rampa .- Descarga de desechos.
- B.- Transportadores
- C.- TRANSPORTADOR hacia el molino I
- D.- Molino I
- E.- By Pass del Molino I
- F.- Transportador de salida del molino I
- G.- Transportador de alimentación al molino II
- H.- Molino 2 .
- J.- By Pass del molino 2.
- K.- Transportador de salida del molino 2.
- L.- Transportador a la tolva de alimentación
- M.- Tolva de alimentación para camiones al área de compost.
- N.- Area de Compost.
- P.- Area de compost final.
- Q.- Tolva a nivel del piso.
- R.- Transportador.
- S.- Transportador de alimentación al molino 3.
- T.- Molino 3.
- U.- By Pass del molino 3.
- V.- Transportador del molino 3 en la salida.
- W.- Transportador de alimentación al tamizador .
- Y.- Tamizador de los desechos molidos.
- Z.- Transportador de alimentación al equipo de empaque
- ZZ.- Equipo de empaque.
- AA.- Transportador de alimentación al tamizador para almacenaje de bultos.
- AB.- Tamizado final para almacenaje de bultos.
- AQ.- Almacenaje Final.
- AD.- Salida del material de desecho y área de disposición
- AE.- Area de descarga.
- AF.- Transformador y cuarto de control
- AG.- Cuarto de mantenimiento y herramientas.

IV-15.- PROBLEMAS EN EL RECICLADO DE PLÁSTICOS.

15a) PROBLEMAS QUÍMICOS: Para el tecnólogo en plásticos, estos son materiales que junto con los metales y el vidrio deberán ser capaces de convertirse en productos usables sin presentar cambios reológicos durante el procesado, generalmente con la adición de antioxidantes y estabilizadores.

Para el químico sin embargo, los plásticos son compuestos orgánicos que presentan propiedades diferentes de los metales y el vidrio.

Para el químico, un extrusor es un reactor químico en el cual el polímero es sometido a una reacción a alta temperatura con la introducción de cantidades relativamente pequeñas de compuestos o elementos químicos que afectan al polímero, modificando profundamente el comportamiento del mismo durante el procesado y durante la exposición subsecuente del producto a las condiciones ambientales.

Los efectos de oxidación en polímeros son mucho más notorios en compuestos de bajo peso molecular y están siempre asociados con el rompimiento del enlace carbono-carbono, el cual puede ser detectado solamente por técnicas analíticas muy sofisticadas.

Para polímeros de alto peso molecular es realmente observable, por ejemplo, en cambios de la viscosidad debido al rompimiento al azar de los enlaces. Esto conduce a la reducción en el peso molecular de las cadenas, durante el procesamiento y durante la exposición subsecuente a las condiciones ambientales.

La consecuencia práctica de esto es que se deben tomar precauciones estrictas para eliminar los efectos del oxígeno durante la operación de reprocesamiento, ya que los productos re-

procesados pueden ser diferentes química y mecánicamente a los fabricados con polímero puro.

15b) PROCESAMIENTO DE POLÍMEROS COMO UNA OPERACIÓN QUÍMICA

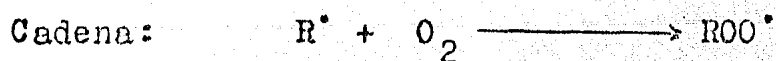
Puesto que el tecnólogo en polímeros no piensa en el proceso como una operación química, es imposible en la práctica excluir el oxígeno durante el proceso de conversión del polímero en polvo o en "pellets" de un producto fabricado. El aire es atrapado en el polímero y el oxígeno que contiene reacciona rápidamente con el polímero a la temperatura de fusión.

Se adicionan antioxidantes al polímero con el fin de evitar efectos detrimentes en el producto elaborado.

El hecho más importante de éste proceso en la cinética de cadenas largas, es un proceso por radicales libres, el cual conduce a la incorporación de muchas moléculas de oxígeno a partir de una especie iniciadora como radical libre.

Se han analizado estos hechos en dos tipos de plásticos - provenientes de desechos de empaques para detergentes, recipientes de blanqueadores y fluidos sanitarios, así como de empaques para productos agroindustriales.

El desarrollo de la reacción por radicales libres es como sigue:



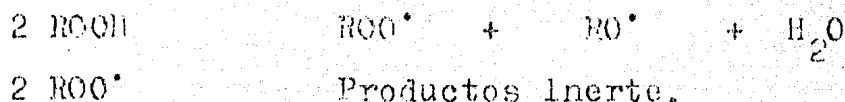
Propagación



La formación de una molécula de hidroperóxido por cada molécula de oxígeno consumido es de fundamental importancia para la cinética del proceso, ya que los hidroperóxidos son materiales altamente inestables, los cuales se rompen rápidamente a la

temperatura del proceso, dando lugar a nuevos radicales libres, los cuales inician una nueva cadena.

Esto da origen a la conocida autoaceleración, la que finalmente es balanceada por una reacción bimolecular de radicales alquil-peróxidos provenientes del sistema.



Bajo las condiciones de cadena larga, que es cuando la velocidad de iniciación es baja, la eliminación de un radical libre del sistema, puede retardar la oxidación. Esta es la razón por la cual se puede estabilizar efectivamente a los polímeros puros antes de el punto de fusión; esto es normalmente llevado a cabo por la incorporación de pequeñas cantidades de algunos compuestos los cuales atrapan o eliminan los radicales libres.

Algunos compuestos como los fenoles y aminas armáticas presentan efectos notables, ya que son convertidos por los radicales alquil-peróxidos a radicales libres incapaces de continuar la cinética de la reacción:



La oxidación de poliolefinas es entonces, por auto-aceleración en la ausencia de un antioxidante y el efecto que tendría la presencia de éste es evitar el período de inducción. Los cambios en el índice de flujo, en el punto de fusión, están en relación inversa con el cambio de viscosidad del polímero; para polipropileno y polietileno de baja densidad éstos cambios se ilustran en la figura 4.41.

Cantidades muy pequeñas de iones metálicos de transición

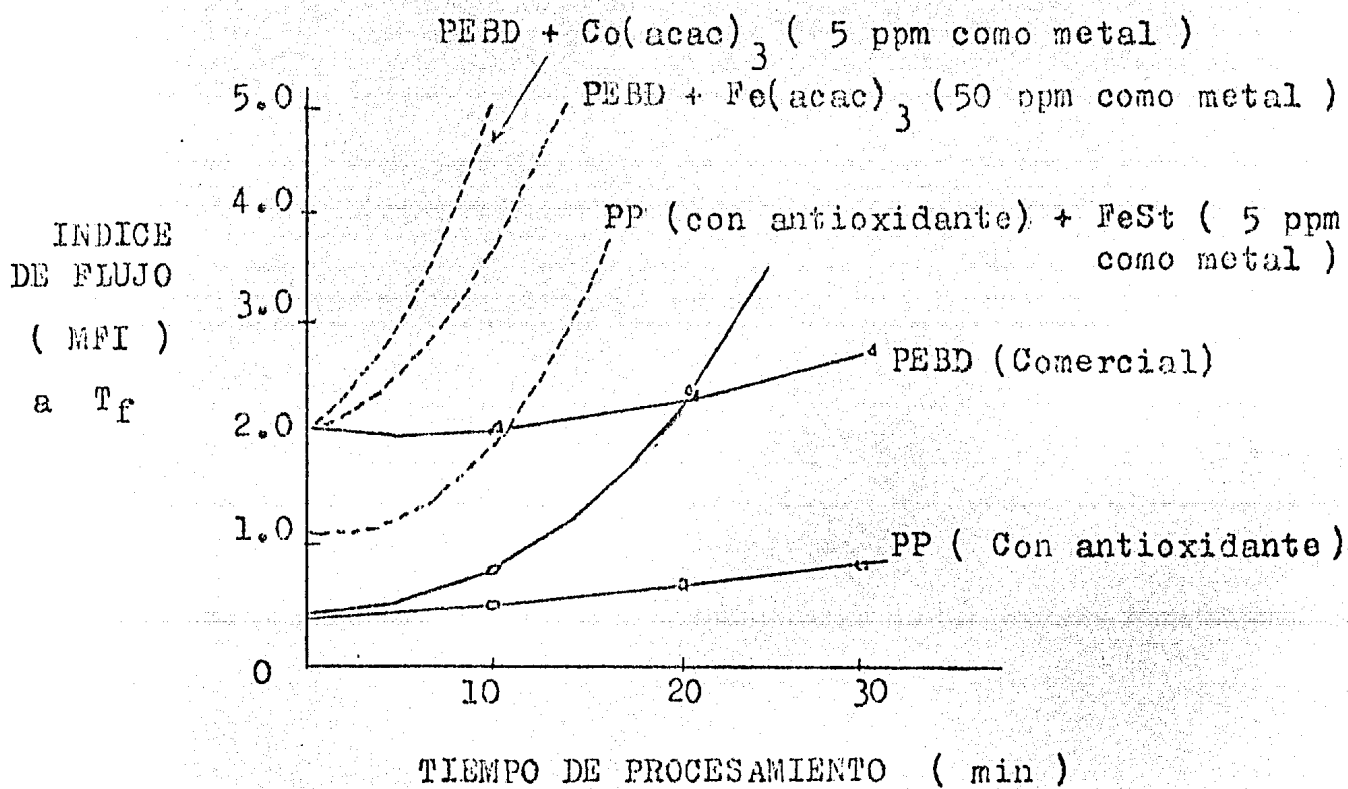
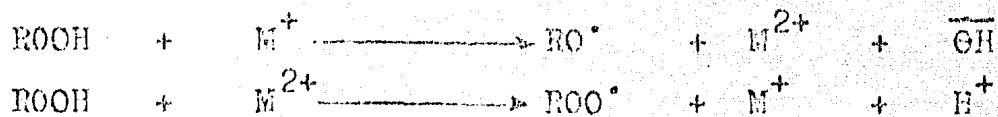


FIG. 4.41 EFECTO DE PROCESAMIENTO CON METALES DE TRANSICION EN LA ESTABILIDAD DEL PUNTO DE FUSION A 165°C .

acac = acetil-acetonato
St = Estearato.

tienen un efecto marcado en el período de inducción. El cobre, manganeso, cobalto y fierro son particularmente potentes pro-oxidantes térmicos en la forma de sus sales solubles o en complejos metálicos, y su efecto es catalizar el rompimiento de los hidroperóxidos a radicales libres.

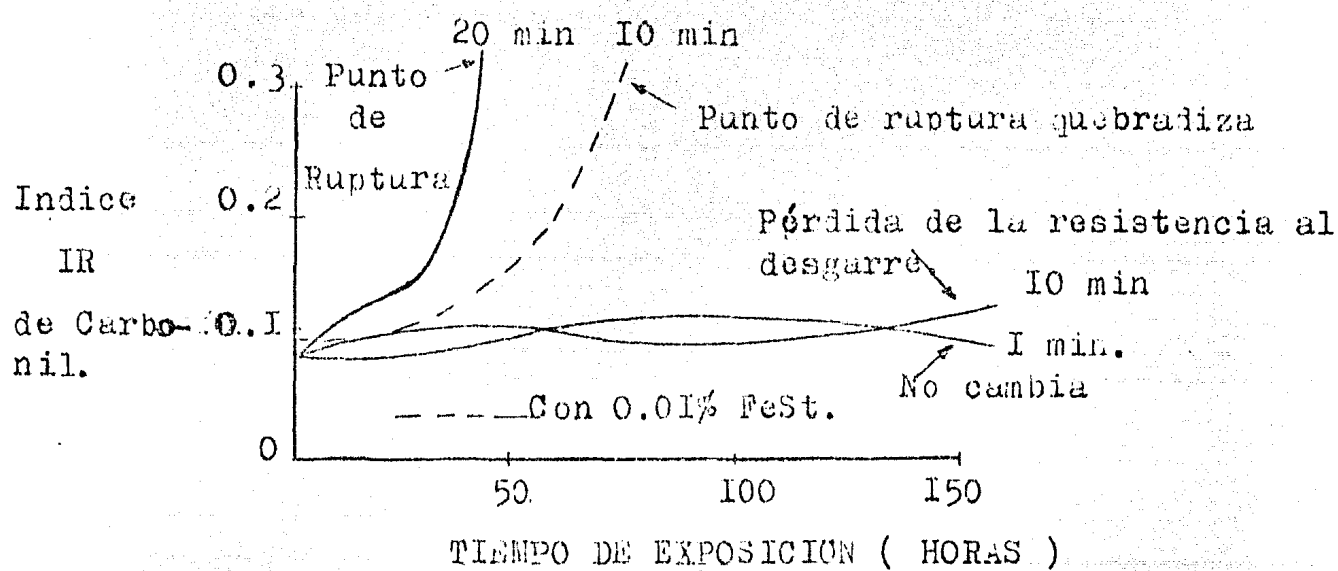


El desarrollo de la reacción es idéntico al rompimiento térmico normal, pero esto ocurre en tiempos mucho más cortos, ya que se elimina efectivamente el período de inducción.

Los iones metálicos de transición más efectivos normalmente no están presentes en las poliolefinas puras. Pequeñas cantidades de sales de titanio pueden estar presentes en algunos sistemas de polimerización pero sus efectos son pequeños y son fácilmente controlados por antioxidantes. La situación puede ser diferente para otros desechos plásticos. El fierro, el manganeso y el cobre están ampliamente distribuidos en materiales biológicos y el fierro también puede ser introducido en la forma de herrumbre, lo cual hace difícil su eliminación de los empaques agro-industriales.

El efecto de procesado en la estabilidad ambiental de los plásticos se ha estudiado recientemente en detalle. Se ha encontrado que algunos grupos que contienen oxígeno introducido durante el procesamiento tienen un poderoso efecto fotosensible en las poliolefinas durante la exposición subsecuente a las condiciones normales del medio ambiente.

A continuación se muestra la figura 4.42 con la velocidad de foto-oxidación del polipropileno, después de ser procesado durante 1, 10, y 20 minutos, en la que se observó un incremento de ésta.



Efecto en la estabilidad del polipropileno en la exposición a radiación U.V. .

Indice de Carbonil = $(\text{abs a } 1710 \text{ cm}^{-1}) / (\text{abs a } 905 \text{ cm}^{-1})$.

FIG. 4.42

TIEMPO DE PROCESAMIENTO
EN EL TORQUE DEL REOMETRO

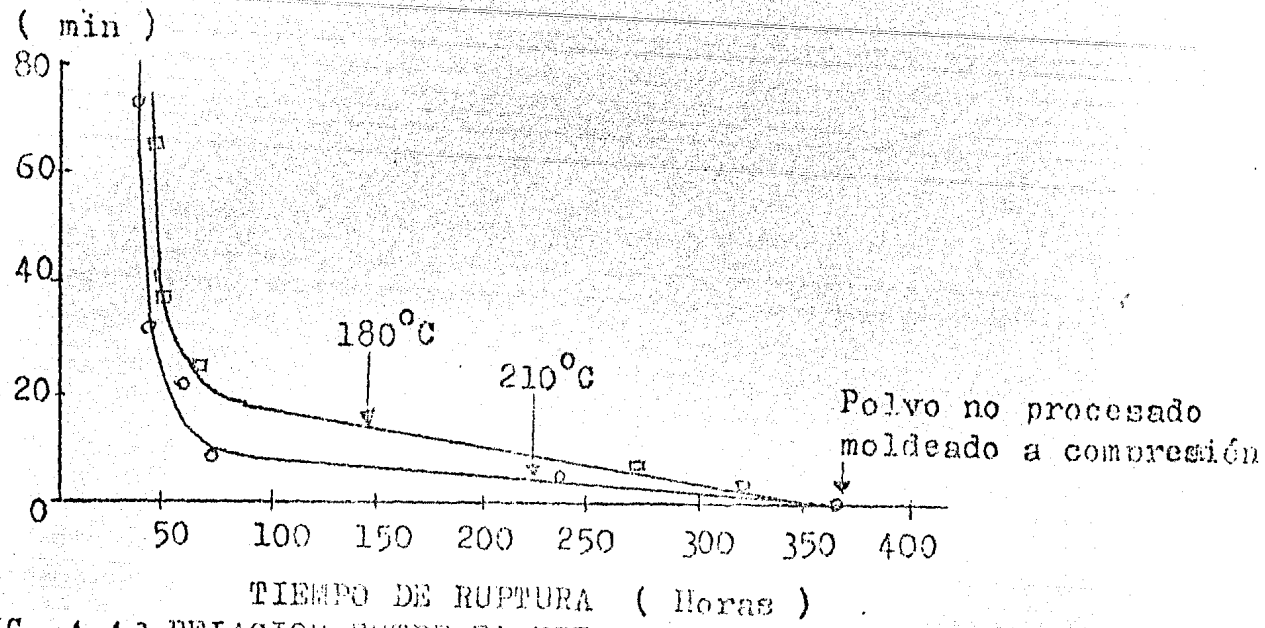


FIG. 4.43 RELACION ENTRE EL TIEMPO DE PROCESAMIENTO Y EL TIEMPO DE RUPTURA DEL PEAD.

MEDIDA DEL GRUPO
FUNCIONAL

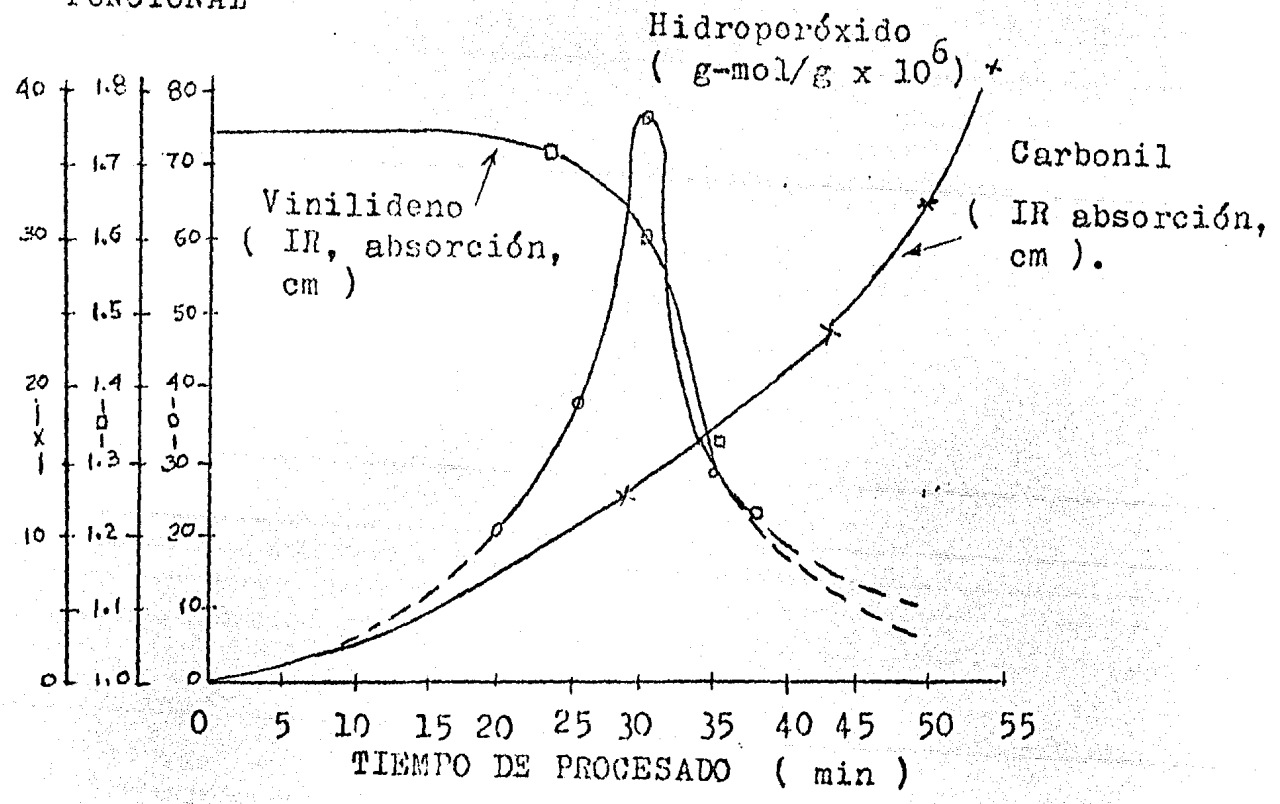


FIG 4.44 CAMBIO EN LA CONCENTRACION DEL GRUPO FUNCIONAL DURANTE EL PROCESADO DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD A 165°C.

El grupo vinilídico y los hidroperóxidos desaparecen mucho más rápidamente en la radiación ultravioleta, sin que se realice el período de inducción. Los iones fierro catalizan fuertemente éste proceso con la exposición parcial de radiación ultravioleta para el efecto pro-oxidante.

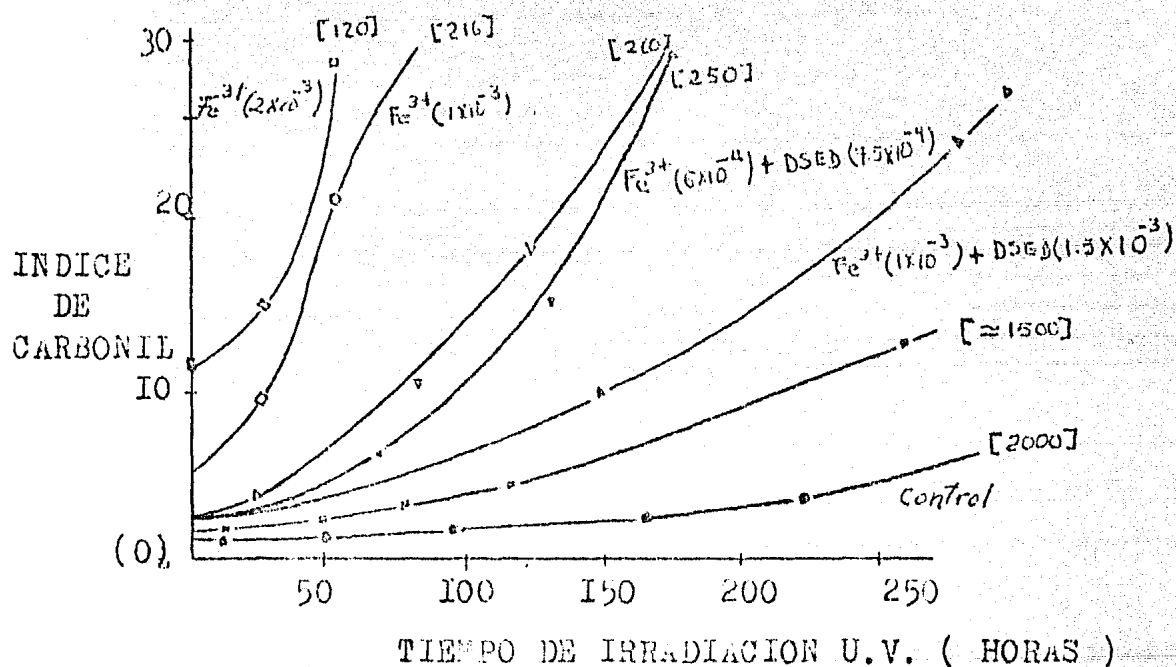
15c) ALGUNAS POSIBLES SOLUCIONES: Debido a que los iones metálicos y la luz ultravioleta incrementan la velocidad de inicio en la reacción en cadena, catalizando el rompimiento del hidropéroxido en radicales libres, como se vió anteriormente, el control de la degradación en el reprocesado de polímeros, puede depender del desarrollo de antioxidantes más efectivos que prevengan el proceso de iniciación.

De manera más clara, la degradación de polímeros plásticos podrá evitarse por la aplicación de alguno de los siguientes elementos:

- 1.- Deactivadores metálicos.
- 2.- Absorbedores de la radiación ultravioleta.
- 3.- Destruidores de peróxidos.

1.- Deactivadores Metálicos.- El acomplejamiento de iones metálicos de transición para estabilizar un estado de valencia a expensas de otro, reduce la actividad redox del metal, siendo este un mecanismo preventivo antioxidante. Sin embargo algunos metales (notablemente Cu^{2+}) son realmente desactivados, otros, (Fe^{3+} y Co^{3+}) no lo son pero pueden ser verdaderamente activados por acomplejamiento.

El efecto de un compuesto típico desactivador, disalicilideno-etilen-diamina (DSED), en el efecto pro-oxidante del estearato férrico en polietileno de baja densidad se muestra en la siguiente figura: (4.45)



Fotoestabilización de LDPE conteniendo iones Fe con dialicilifen-etilen-diamina (DSED).
 Los números en los paréntesis cuadrados son el número de horas para la ruptura.
 LDPE= Polietileno de baja densidad.

FIG. 4.45

Los efectos del fierro en la oxidación térmica están indicados por la alta concentración inicial de carbonil en las películas fabricadas, y es claro que el DSED reduce marcadamente la oxidación del polietileno cuando el ión férrico está presente - en altas concentraciones, pero éste no es efectivo a concentraciones bajas, hecho que es deseado que se presente en el reciclado de polímeros.

Un efecto similar es observado en la irradiación ultravioleta; los polímeros más estables son aquellos que contienen la concentración más alta de complejos metálicos. Este sistema es de valor limitado en la práctica, ya que no se evita el proceso de degradación térmica, lo que hace que las propiedades mecánicas sean deterioradas rápidamente con el reprocesamiento.

2.- Destrucción de peróxidos.- Algunos complejos metálicos, particularmente aquellos que contienen azufre en algún ligando, son catalizadores poderosos para la destrucción de hidropéroxidos. De éstos, los ditiocarbamatos de metales de transición han sido estudiados más recientemente, como los dialquilditiocarbamatos de níquel y cobalto que son los más poderosos -

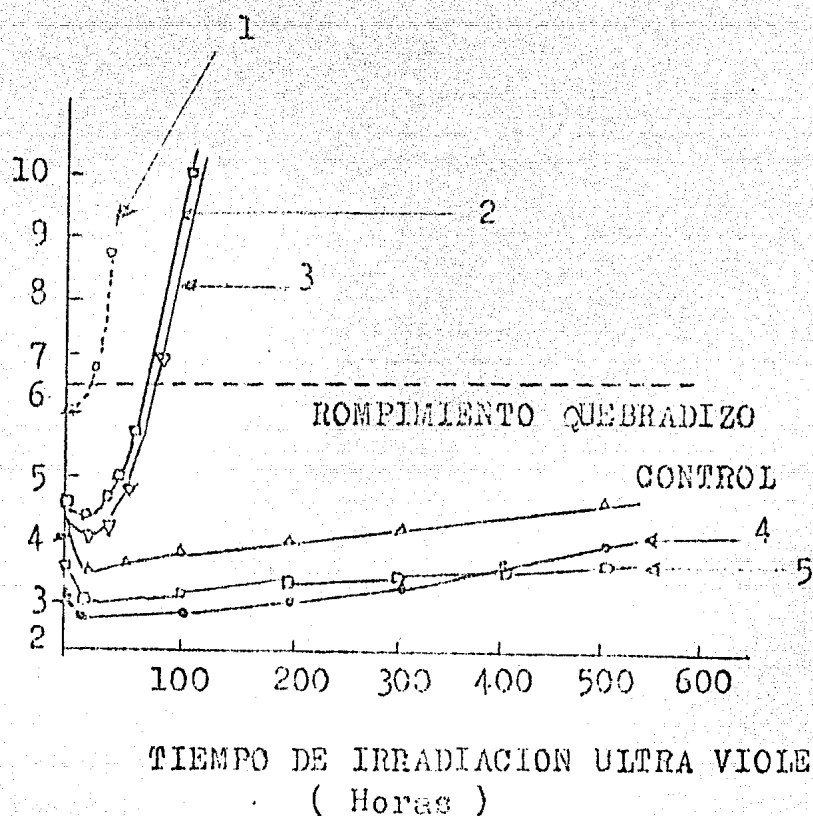
antioxidantes en el tratamiento térmico y en la exposición de los polímeros a la radiación ultra-violeta. Estos metales no son, sin embargo, los únicos que han sido encontrados en los desechos plásticos; el hierro en su forma soluble presenta un comportamiento diferente en la presencia de ligandos de ditiocarbamatos. Este sistema es extremadamente antioxidante, y estabiliza el índice de viscosidad y las propiedades mecánicas iniciales del polietileno, tal como lo hacen los complejos de cobalto cuando son usados como antioxidantes. Adicionalmente es un estabilizador efectivo ante la irradiación ultra-violeta cuando es usado a altas concentraciones. A bajas concentraciones cambia de estabilizador a activador después del período de inducción, el cual depende de la concentración.

El mecanismo antioxidante de los ditiocarbamatos metálicos ha sido estudiado en detalle. No sólo destruyen los hidroperóxidos durante la oxidación térmica, sino que también eliminan la formación de hidroperóxidos a partir de impurezas de insaturación en los polímeros durante la irradiación ultravioleta.

En polietileno de baja densidad, los iones metálicos no complejados aceleran la desaparición del vinilideno, en cambio, los dibutil-dito-carbamatos de níquel y hierro retardan efectivamente el decaimiento por la destrucción del hidroperóxido en un proceso sin radicales. El final de período de inducción conduce a la destrucción del vinilideno; el complejo férrico es un efectivo foto-pro-oxidante, teniendo efectos similares en las propiedades mecánicas.

El período de inducción proporcionado por este sistema es de importancia práctica siempre que conduzca a una de las formas más efectivas de inhibición de los efectos pro-oxidantes de la mayoría de los contaminantes metálicos presentes en los desechos

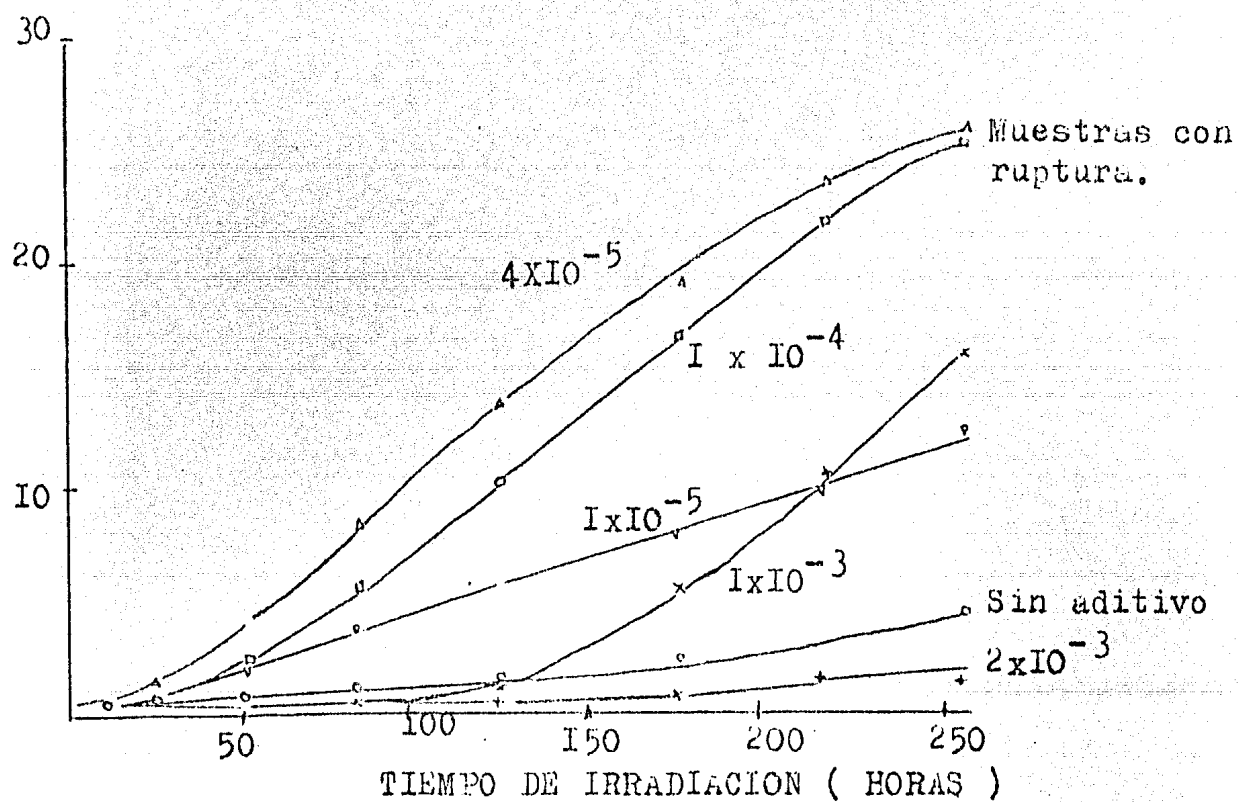
MODULO
DINAMICO
(E)
($\text{cm}^{-2} 10^{-9}$)



- 1.- $\text{Co}(\text{acac})_3 (2 \times 10^{-3})$
- 2.- $\text{Co}(\text{acac})_3 (1 \times 10^{-4})$
- 3.- $\text{Fe}(\text{acac})_3 (2 \times 10^{-3})$
- 4.- $\text{Fe}(\text{acac})_3 (2 \times 10^{-3}) + \text{ZnDDC} (3 \times 10^{-3})$
- 5.- $\text{Co}(\text{acac})_3 (2 \times 10^{-3}) + \text{ZnDDC} (3 \times 10^{-3})$

FIG. 4.46 EFECTO DEL DINONIL-DITIOCARBAMATO DE CINC (ZDDC) EN LA DEGRADACION U.V. DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD, CATALIZADA CON METALES DE TRANSICION. acac = acetil-acetonato. DDC = Dinonil-ditiocarbamato.

INDICE DE
CARBONIL



Efecto de la concentración del dinonil-ditiocarbamato de fierro en la fotodegradación del LDPE.
Los números en la curva son mol/100 g de polímero.

FIG. 4.47

plásticos (fierro) por la incorporación de los micras en forma de compuestos, durante el procesamiento. (Figs. 4.46 y 4.47).

IV-16.- ACEPTABILIDAD ECOLOGICA DE PLASTICOS.

Generalmente los desechos plásticos no son asimilados en el ciclo del carbono y causan problemas de reciclado al medio ambiente constituyendo un bloque en el proceso ciclico del ambiente biológico.

Sería deseable que los polímeros sintéticos fuesen retornados al ciclo del carbono. Esto es porque los plásticos han reemplazado ampliamente a los materiales tradicionales como la madera, los metales, el papel, y cerámicos, no solo en artículos de empaque, sino también en aplicaciones de ingeniería como en la construcción de edificios, automotores, muebles, etc., ya que cuando son desechados causan problemas de disposición final.

A diferencia de los metales y el vidrio, éstos son elaborados a partir de fuentes no renovables y poseen un potencial secundario de uso como una fuente de energía.

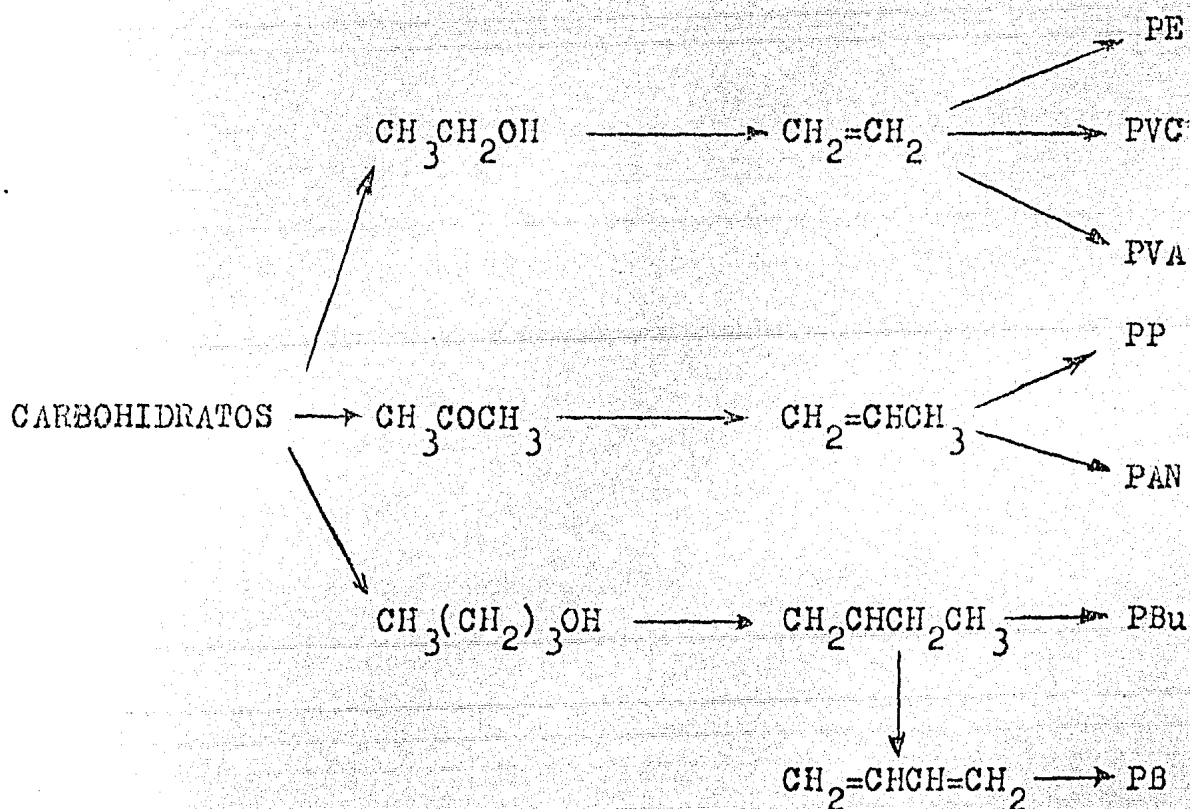
El proceso de combustión es un importante medio por el cual el carbono y el hidrógeno provenientes de los plásticos regresan al ciclo biológico donde son transformados en compuestos de alta energía (carbohidratos) a través de procesos fotosintéticos.

Los desechos plásticos también pueden ser reciclados al ciclo biológico por medio de la inducción controlada de la fotodegradabilidad seguida de la biodegradación, usando la acción de un foto-activador basado en fierro, tal como se describió en el tema anterior.

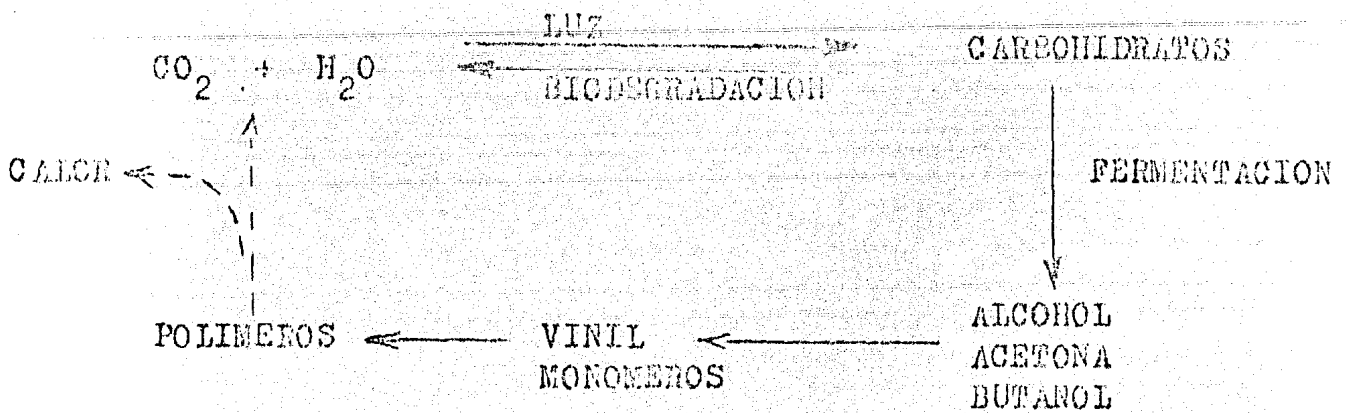
Los carbohidratos son productos importantes en los dese -

choa de la sociedad moderna. Un ejemplo es el desecho de papel y otros desechos que los contienen en gran cantidad, provenientes de la industria alimenticia. Estas fuentes de concentrados de carbohidratos presentan un problema de contaminación y al mismo tiempo una fuente potencial como materiales de desecho para la industria química. Una gran cantidad de intermediarios usados en la industria de los plásticos pueden ser producidos a partir de los carbohidratos por medio de la fermentación.

Los productos primarios son alcohol etílico, n-butanol, y acetona, los que proporcionan una base para los hidrocarburos de C_2 , C_3 , y C_4 :



Como un acoplamiento en el ciclo del carbono podrían introducirse los polímeros sintéticos:



Este proceso de reciclado es accesible en lo que se refiere a energía, ya que se emplearía la proveniente del sol, aplicándose al reciclado de plásticos juntamente con otros desechos domiciliarios.²⁷

IV-17.- ASPECTOS TECNICOS EN EL RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS.

Se está practicando extensivamente el reprocesamiento de desechos limpios en las factorías; en éstas, los desechos están poco contaminados y son mezclados en las corrientes de materiales puros; bajo estas condiciones estos tienen un menor efecto en la calidad del producto.

La situación es muy diferente con los desechos provenientes de productos consumidos que son muy usados en operaciones de reprocesamiento. No solamente en muchos casos se encuentran muy contaminados con otros compuestos desechados en la basura urbana o industrial, sino que también han sido afectados por la exposición a las condiciones ambientales, siendo éstas situaciones las que causan cambios en la composición de los desechos -- afectándolos en el comportamiento durante el reprocesado de los mismos.

El uso de desechos plásticos provenientes de fuentes con-
sumidas presenta entonces considerables problemas técnicos en
la operación de reciclado.

Una solución a és problema nos podría conducir por sí
misma a un proceso de reciclado aceptable siempre que sean sa-
tisfechas las condiciones sociales y económicas.

Estas condiciones socio-económicas en el reprocesamiento
de desechos plásticos son:

- 1.- Se deberá tener un flujo estable de desechos plásti-
cos los cuales no estarán muy contaminados por otros
compuestos o materiales que interfieran en las condi-
ciones de operación de reciclado.
- 2.- Deberá existir o desarrollarse un mercado estable
para los productos reciclados. Esto implica que los
termoplásticos y termofijos reciclados cumplirán con
las condiciones para obtener productos de buena cali-
dad.

En la actualidad no existen estrictamente éstas dos con-
diciones, sin embargo pueden llegar a realizarse en parte por
la búsqueda de soluciones a los problemas técnicos involucra-
dos generalmente en la separación de los plásticos de otros de-
sechos, en el limpiado efectivo de los contaminantes que los
deterioran y en el desarrollo de nuevas técnicas de estabiliza-
ción y reciclado.

Es importante reconocer que el estímulo para el desarro-
llo de productos reprocesados no es solamente económico sino -
que lo constituye también en contribución a la conservación de
fuentes no renovables. Esta contribución deberá tener solu-
ciones con el menor gasto de energía posible, empezando por el
reprocesamiento de los materiales de desechos puros.

Por las razones mencionadas anteriormente es deseable eliminar procesos complejos de separación y el consumo de energía en la operación de limpiado si es posible. Superficialmente parece ser ventajoso reprocesar las mezclas de desechos plásticos tal como se encuentran en los desechos colectados. Desafortunadamente tales mezclas originan productos con propiedades mecánicas muy inferiores a los procesados con desechos puros, debido a la incompatibilidad mutua de los polímeros comunes: PE, PVC, y PS.

De acuerdo con lo anterior, podemos clasificar los desechos plásticos para su reciclado en tres categorías; dichas categorías requieren substancialmente diferentes condiciones de tratamiento. La siguiente tabla (4.29) muestra la generación y estimación de desechos plásticos en sus tres categorías para los Estados Unidos de Norte América:

ESTIMACION DE DESECHOS PLASTICOS EN MILLONES DE TONELADAS POR AÑO.

	CATEGORIA DE LOS DESECHOS			
	A	B	C	TOTAL
1971	0.2	0.3	1.5	2.0
1975	0.3	0.7	3.0	4.0
1980	0.6	1.4	6.0	8.0

TABLA 4.29

A.- Desechos Industriales o de Plantas.- Estos son los desechos resultantes de operaciones de conversión de plásticos, donde el material desechado se encuentra en tal forma que no puede ser propiamente reintroducido al ciclo de manufactura original.

B.- Mezclas de Desechos plásticos en los que se conoce su composición y están libres de alta contaminación.-

Este tipo de desechos son generados principalmente con una gran cantidad de desechos plásticos, provenientes de plantas procesadoras, especialmente de la industria automotriz, eléctrica, y de accesorios y herramientas.

Tales desechos se recolectan con relativa facilidad y se limpian de materiales contaminantes también con relativa facilidad. Sin embargo la presencia de diferentes tipos de polímeros hace muy dificultoso el reprocesamiento debido a la falta de compatibilidad de la mayoría de los polímeros.

C.- Desechos colectados al azar provenientes de productos postconsumidos.- Este tipo de desechos presenta los mayores problemas en su colección, separación de los componentes no plásticos, y eliminación de los contaminantes. Generalmente éste tipo de desechos se encuentra en la basura urbana.

17a) ASPECTOS TECNICOS PARA EL RECICLADO DE PLASTICOS DE LA CATEGORIA A.

Para los materiales de desecho de la categoría A, son obvios los problemas por los cuales no pueden ser retornados al proceso original, ya que producen deterioramiento en las propiedades del mismo material, o existe el riesgo de introducir inconsistencia en el proceso de manufactura, hecho que originaría un incremento en la cantidad de desechos.

Sin embargo, las pérdidas en las propiedades en esta categoría de plásticos no son lo suficientemente severas para evitar la conversión de los mismos en la maquinaria de procesado para la obtención de productos usables en el mercado.

Un ejemplo de éste tipo de productos son las tuberías

para desarle, fabricadas a partir de desechos de recubrimientos de cable y desechos de botellas; productos de relleno para la agricultura y la construcción a partir de películas de polietileno y muchos más.

Existen en la actualidad máquinas específicamente diseñadas para la manufactura de productos usables a partir de desechos de la categoría A. La unidad fabricada por Werner & Pflüder es denominada "Remaker" (reprocesador) y fue primeramente usada en Europa a nivel comercial.

El "Remaker" es una máquina diseñada específicamente para moldear por inyección a baja presión, con una capacidad de trabajo entre 25 y 85 toneladas. Esta máquina emplea moldes de aluminio en vez de moldes de acero, lo que disminuye los costos; posee una rápida capacidad de enfriamiento disminuyendo así el tiempo de duración de un ciclo.

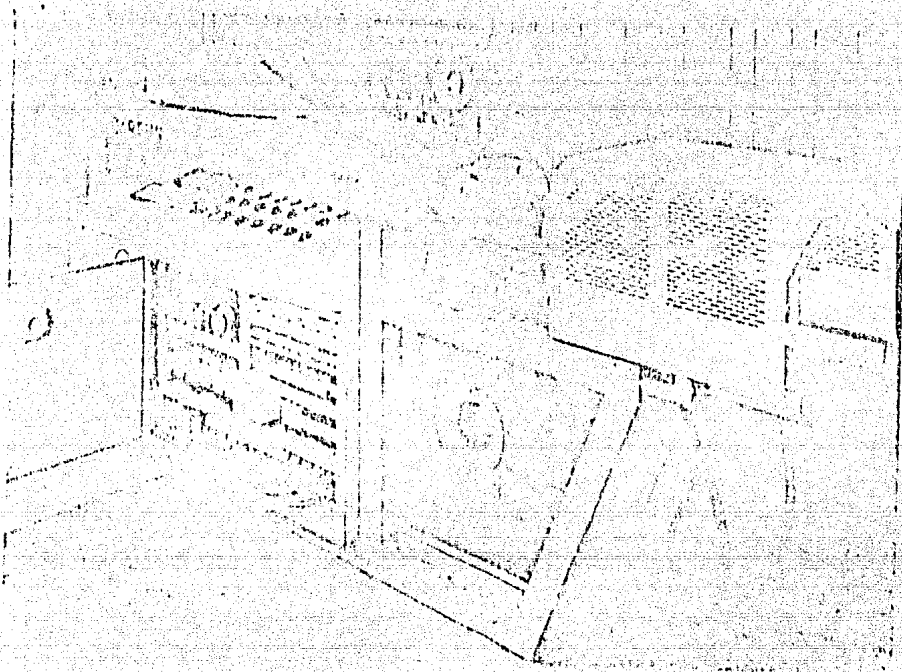
La máquina presenta un tornillo plastificador especialmente diseñado con una acañaladura axial en su trayectoria. Esto permite la alimentación de los desechos desmenuzados de películas de PVC, sin el requerimiento de un proceso intermediario.

Pueden adicionarse colorantes y aditivos cuando éstos son requeridos para mantener una apariencia uniforme o buena densidad. Se pueden tener variaciones en la alimentación del desecho junto con la inclusión de pigmentos, plastificantes y otros aditivos.

Una gran cantidad de artículos moldeados han sido producidos en Europa empleando el proceso anterior, ejemplo: suelas para zapatos, hormas para zapatos, asientos para bicicletas y manubrios, artículos para ferretería, juguetes, pequeños recipientes, aletas y remos, agarraderas para maletas, sellos, artículos especiales para electricidad y una gran variedad de utensilios domésticos.

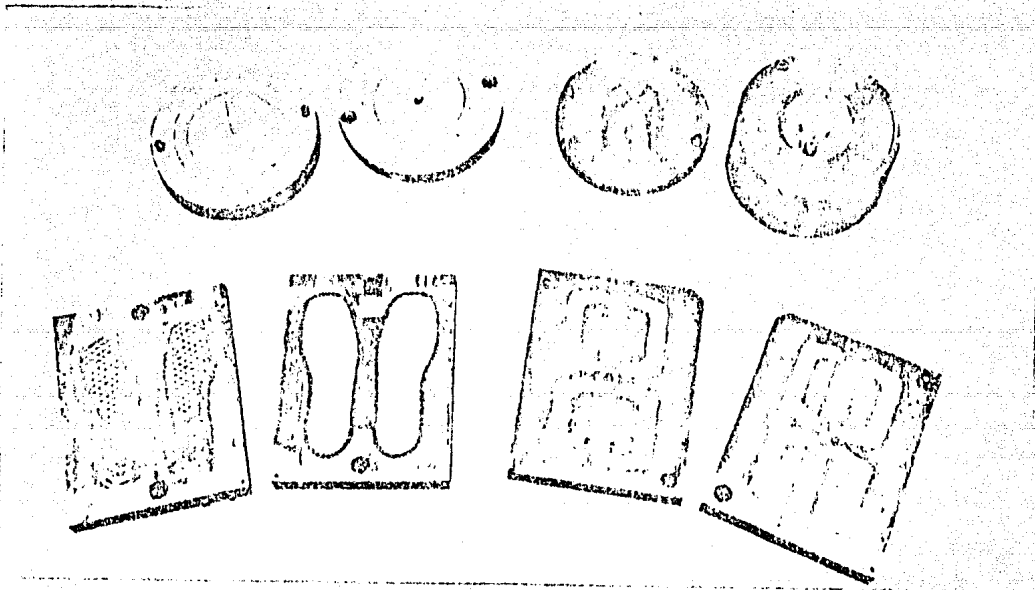
El "Remaker" puede ser operado manualmente, semiautomáticamente o plenamente automático. En él han sido procesados una gran variedad de productos a partir de desechos de PVC rígido y flexible, PE de alta y baja densidad, PP, Acrilo-nitrilo-estireno butadieno (ABS), PS, juntamente con otros termoplásticos, incluyendo combinaciones de diferentes polímeros.

En las siguientes figuras (4.48 y 4.49) se muestra una máquina "Remaker", accesorios de esta, y algunos artículos que se han obtenido.



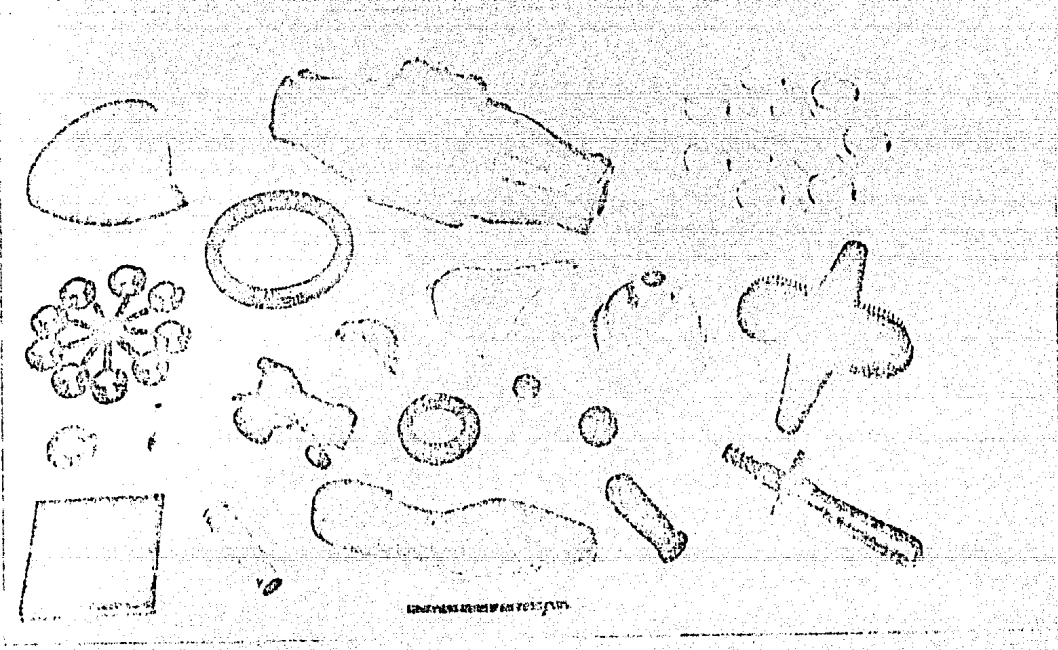
Máquina para moldeo de desechos plásticos "REMAKER"

FIG. 4.48



Moldes del "REMAKER".

FIG. 4.49



Artículos típicos moldeados en el "REMAKER"

FIG. 4 .50

En el caso de las botellas de leche fabricadas con polietileno, pueden ser reprocesadas en el "Remaker" sin la eliminación de los residuos de leche, también pueden ser reprocesadas con los diferentes tipos de etiquetas y decoraciones que contengan.

17a.1) Recuperación de fibras desechadas.- Existe un nuevo proceso para la recuperación de desechos de fibras sintéticas. En la producción de fibras sintéticas, particularmente de nylon y poliéster, un cierto porcentaje de el total de la producción consiste de fibras subestandar que no pueden ser usadas en las operaciones primarias para textiles.

Dada la naturaleza crítica de las fibras para hilado, estas generalmente no se pueden remodelar cuando se encuentran como desecho que pueda ser retornado al proceso original de hilado. La disposición final de estos desechos puede llegar a ser un problema.

La solución a éste problema esta en el uso de una molien-da y compactación; bajo la aplicación de una gran fuerza física, el desecho de fibra es pasado a través de un dado de un extrusor en el cual el calor friccional es cuidadosamente controlado y los materiales volátiles indeseables como aceites para hilado y otros aditivos volátiles son eliminados.

El problema es que los polímeros para hilado tienen una estructura molecular que hace que los mismos no sean usables para procesamiento común en la elaboración de productos por medio del moldeo por inyección en artículos como tuberías o perfiles.

Para poder procesar los desechos de fibras se pueden hacer mezclas con otros polímeros. Los desechos de fibras se pueden combinar con polietileno, para generar mezclas permanente

mente homogéneas con mejores características de procesamiento.

En esta forma, los desechos de fibras pueden ser usados en operaciones de moldeo por inyección y extrusión. Las mezclas de nylon y polietileno se usan para la producción de botellas, conductores eléctricos y tuberías de drenaje. Las mezclas de poliester y polietileno pueden originar productos de alta calidad moldeados por inyección.

17b) RECICLAJO DE DESECHOS PLASTICOS CATEGORIA B.

Unido a los problemas de colección de este tipo de desechos, se encuentran los problemas de compatibilidad de los desechos mezclados. La tecnología para el reprocesado de este tipo de desechos resulta sofisticada y cara ya que generalmente es difícil eliminar los problemas de interfase generados entre las partículas de las diferentes resinas.

Los productos obtenidos con estas mezclas presentan un deterioro en las propiedades físicas de los mismos.

Una solución a este tipo de afecciones es el empleo de compatibilizadores como ya se vió anteriormente en el punto de modificaciones químicas para mezclas de desechos plásticos.

17c) RECICLAJO DE DESECHOS PLASTICOS CATEGORIA C.

En los desechos de esta categoría se encuentran problemas de alta contaminación, composición incontrolada, y sustancias no fundibles que hacen que los desechos sean materiales poco deseables para los procesos de conversión de los mismos.

Se contempla que la incineración presenta atractivas alternativas para la disposición de estos desechos, pero está limitada por los problemas de contaminación ambiental que origina.

En Ohio, Estados Unidos de Norte América, la organización "Environmental Protection Agency (EPA)" financió la construcción y operación de una planta piloto para la separación automática.

A continuación se muestran en las figuras 4.51 y 4.52 el proceso de recuperación de la fibra y la planta piloto, respectivamente.²⁸

PROCESO DE RECUPERACION DE LA FIBRA

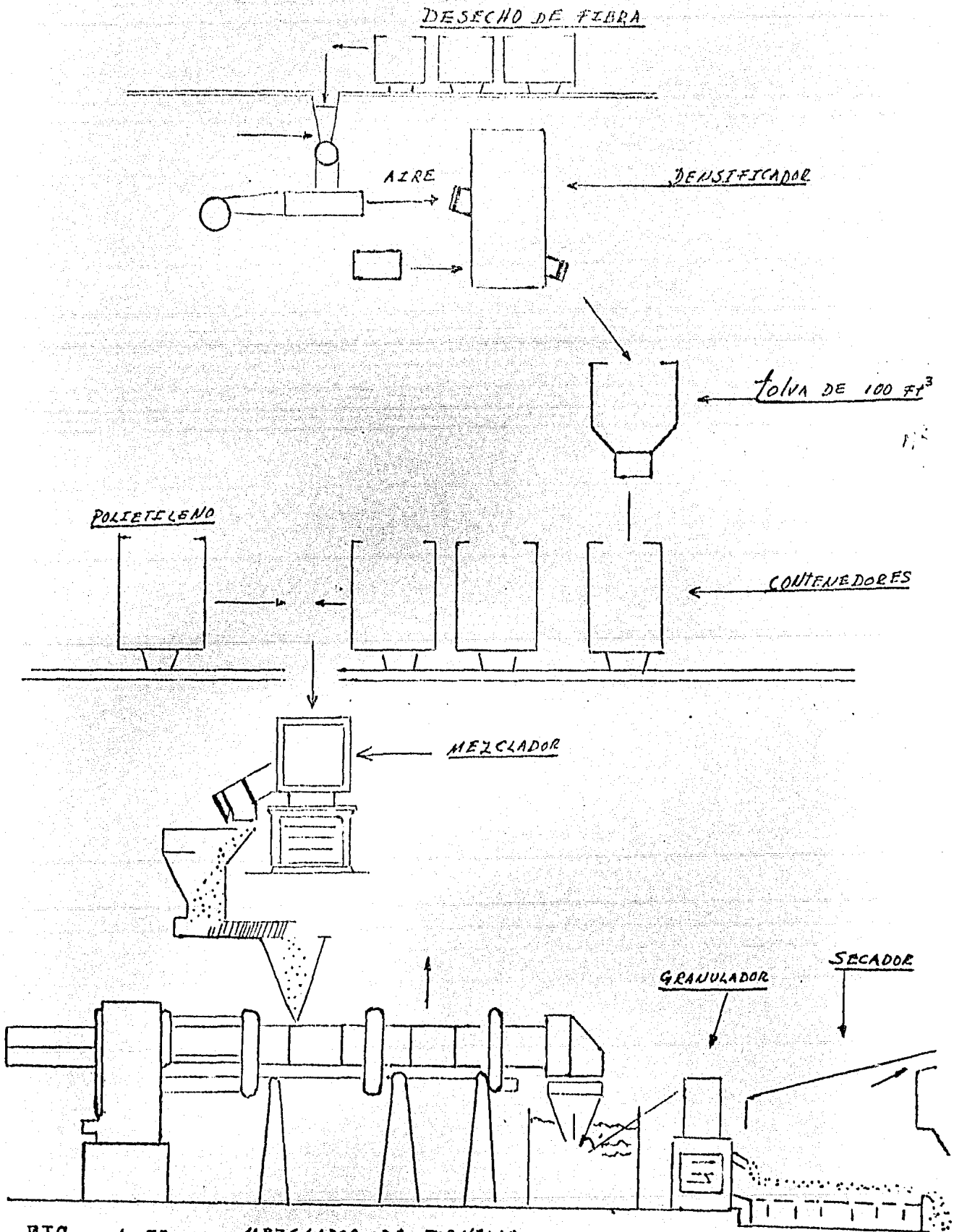
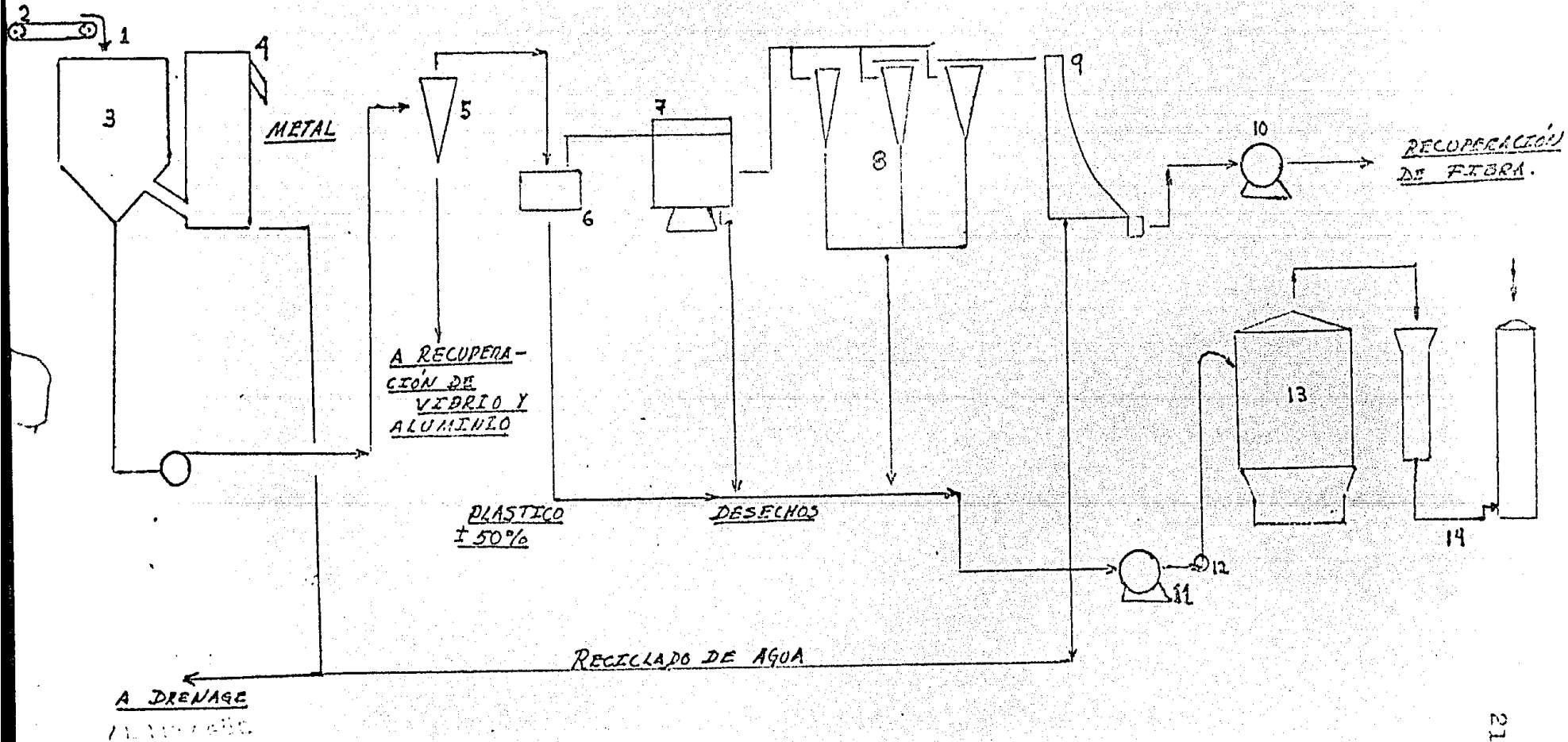


FIG. 4.51 MEZCLADOR DE TORNILLO

PLANTA DE DESECHOS SÓLIDOS; FRANKLIN, OHIO.



PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS.

FRANKLIN, OHIO.

- I.- Desecho sólido
- 2.- Banda alimentadora.
- 3.- Hidropulpador
- 4.- Removedor de basura.
- 5.- Ciclón
- 6.- Tamizador (partículas gruesas)
- 7.- Tamizador (partículas finas)
- 8.- Limpiadores centrífugos.
- 9.- Lavado de las partículas tamizadas.
- 10.- Bomba
- II.- Alimentador neumático
- I2.- Alimentador neumático
- I3.- Reactor de lecho fluidizado.
- I4.- Restregador Venturi.

IV-18.- PROBLEMATICA NACIONAL.- (Producción de Basura)

En el siglo XVIII tiene lugar uno de los acontecimientos más importantes de las historias: la Revolución Industrial. En este período la civilización agrícola cede su lugar al maquinismo, y con éste se originan las grandes concentraciones urbanas.

Las instalaciones fabriles atrajeron a la población rural a las ciudades. Como consecuencia, los servicios públicos se hicieron insuficientes y dieron paso al surgimiento de los grandes hacinamientos en condiciones insalubres.

En México la Revolución Industrial se inició a mediados del siglo pasado, con las mismas consecuencias que produjo en Europa. Los estragos provocados en la naturaleza por la industrialización se agravaron con el paso del tiempo hasta nuestros días, en que es de vital importancia detener el deterioro del ambiente.

La superficie del Valle de México abarca 9,600 kilómetros cuadrados, de los cuales el área urbana ocupa 1,400 kilómetros cuadrados. En esta área viven más de 15 millones de habitantes y circulan unos dos millones de vehículos automotores diariamente. Aquí se concentran también fábricas, oficinas públicas, centros de estudio y comercios. Según datos proporcionados por la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, la producción industrial de la zona metropolitana representa el 50% del total de la producción nacional. Estos factores han hecho de la capital del país un centro de atracción para los habitantes del territorio nacional, especialmente de las zonas rurales y, por tanto, una de las ciudades con mayor crecimiento demográfico en el mundo.

Dotar de servicios públicos a una ciudad de tales proporciones es, sin duda, un problema que debe resolverse lo antes -

posible. Cuando los servicios públicos de una población son insuficientes para evacuar los desechos urbanos, se crean condiciones insalubres, que afectan la salud de sus habitantes. En efecto, la contaminación es la degradación del ambiente producida por la acción de los desechos humanos.

Actualmente el Distrito Federal tiene grandes problemas de contaminación ambiental, cuya solución requiere de considerables esfuerzos por parte de las autoridades y de los habitantes.

Hasta ahora las principales formas de contaminación que padece el Valle de México son la atmosférica, la del agua, el ruido y el suelo, en éste último por medio de la acumulación de desperdicios.

El control de la contaminación industrial es complejo; según la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, la industria pesada requiere de la aplicación de conocimientos específicos para que no contamine. La industria pequeña y mediana también es difícil de controlar, pues se encuentra distribuida en una extensa zona geográfica. Como una medida para la preservación del ambiente de la ciudad, se acordó prohibir el establecimiento de industrias en la zona metropolitana desde 1980.

18a) ASPECTO LEGAL: En lo que se refiere a éste aspecto, en México existe la Ley Federal de Protección al Ambiente, la cual fue publicada en el diario oficial de la federación el 11 de Enero de 1982.

Las disposiciones de esta Ley rigen en todo el Territorio Nacional; son de orden público e interés social, y tienen por objeto la protección, mejoramiento, conservación y restauración del medio ambiente, así como la prevención y control de la contaminación que lo afecte.

La ley establece que serán motivo de prevención y control por parte del Ejecutivo Federal, los contaminantes y sus causas, cualquiera que sea su procedencia u origen, que en forma directa o indirecta dañen o degraden los ecosistemas y la salud de la población.

La aplicación de esta Ley compete al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Salubridad y Asistencia del Consejo de Salubridad General. Dicha secretaría fomentará y propiciará programas de estudio, investigaciones y otras actividades técnicas y científicas para desarrollar nuevos sistemas, métodos, equipos y dispositivos que permitan proteger al ambiente, invitando a participar en la solución de este problema a las instituciones de alto nivel educativo, científico y de investigación, a los sectores social y privado y a los particulares en general.

El Ejecutivo Federal, a través de las Secretarías de Salubridad y Asistencia y de Educación Pública así como de las dependencias y organismos que en cada caso estime convenientes, promoverá el desarrollo de programas docentes e informativos a nivel nacional, sobre la significación del problema de la contaminación ambiental, orientando especialmente a la niñez y a la juventud, hacia el conocimiento y acciones tendientes a resolver los problemas ecológicos y proteger el ambiente.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia podrá celebrar convenios con los gobiernos de los Estados y del Distrito Federal y con los municipios, para coordinar las actividades a que se refiere en lo respectivo a la protección, mejoramiento, conservación y restauración del ambiente, así como la prevención y control de la contaminación que lo afecte con el fin de utilizar adecuadamente los servicios del personal de las entidades participantes y alcanzar el mayor rendimiento de los bienes y recursos

económicos de costas. En aquellas áreas urbanas o rurales que - por sus características, condiciones naturales o accidentales - requieran protegerse de la acción de la contaminación, promoverá ante las autoridades federales y locales competentes la limitación o suspensión, mediante los estudios y justificaciones técnicas o científicas del caso, de la instalación o funcionamiento de industrias, comercios, servicios, desarrollo urbanos o cualesquiera otra actividad que pueda causar o incrementar de gradación ambiental y dañar los procesos ecológicos.

En lo que se refiere a la protección de los suelos establece: "Queda prohibido descargar, depositar o infiltrar contaminantes en los suelos, sin el cumplimiento de las normas técnicas correspondientes. La Secretaría de Salubridad y Asistencia autorizará el funcionamiento de los sistemas de recolección, depósito, almacenamiento, uso, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, líquidos o gaseosos."

"Los desechos sólidos que originen contaminación provenientes de usos públicos, domésticos, industriales, agropecuarios o de cualquier otra especie, que se acumulen o puedan acumular en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

- 1.- La contaminación del suelo.
- 2.- Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.
- 3.- Las alteraciones, modificaciones, trastornos ya sea en el aprovechamiento, uso o explotación del suelo o en la capacidad hidráulica de los ríos, cuencas, cauces, lagos, embalses, aguas marinas, mantos acuíferos y otros cuerpos de aguas."

La Secretaría de Salubridad y Asistencia, en coordinación

con la de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, puede asesorar a los Gobiernos Estatales y Municipales en la evaluación y mejoramiento del sistema de recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos, incluyendo la elaboración de inventarios de desechos sólidos, industriales y basura; identificación de alternativas de reutilización y disposición final, así como la formulación de programas para dicha reutilización y disposición final de los desechos sólidos.

18b) LA BASURA: Uno de los mayores problemas al que se enfrentan las autoridades del Distrito Federal es el de la eliminación de los desperdicios sólidos.

En 1959 se calculó que la cantidad de desechos sólidos por habitante en la capital del país era de 370 gramos diariamente.

Actualmente esta cifra asciende a 650 gramos, lo que produce un total de 10,381 toneladas de desechos domiciliarios al día. A esa cifra deben agregarse 20,000 toneladas de desperdicios industriales, 2,000 más provenientes de sanatorios y hospitales y 2,000 de otro tipo de desperdicios municipales.

Esto equivale a 34,966 toneladas aproximadamente por día de basura. Dentro de los límites del Distrito Federal se localizan siete tiraderos de cielo abierto: Santa Cruz Meyehualco, Cerro de la Estrella, Santa Fe, Lomas de Tarango, Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta.

En el Estado de México, en la zona metropolitana, se ubican los siguientes tiraderos: San Mateo Nopala, que recibe aproximadamente 800 toneladas diarias de basura; Atizapán y Tlanepantla, donde se tiran alrededor de 450 toneladas; Huixquilucan " recibe sobre 35 toneladas; Coacalco, 20; Ecatepec, 450; Ciudad Nezahualcóyotl, 700; y la Paz 50.

El resto de los municipios produce una ínfima cantidad de basura que se deposita en las orillas de los poblados y tiraderos con extensiones no mayores de media hectárea.

El fuego afecta regularmente los tiraderos de cielo abierto, por el calor que se desprende en las reacciones químicas durante la descomposición biológica de los desechos.

Estos incendios, aunados al desprendimiento de gases y la emisión de olores característicos de los grande conglomerados de basura, son la mayor fuente de contaminación atmosférica del Valle de México.

Para la transformación de los residuos urbanos del Distrito Federal existen tres métodos: la formación de compost o su reciclaje, la incineración y el método de los vertederos controlados.

18b.1) Formación de Compost.- En éste proceso la basura sufre una descomposición en un ambiente anaeróbico, que permite la eliminación de los malos olores característicos de la descomposición aeróbica.

En estas condiciones pueden obtenerse subproductos útiles, tales como gas metano y residuos sólidos que son un eficaz abono para los suelos. Cuando las condiciones de descomposición de desechos son ineficientes, es posible detectar contaminantes, por lo que este método puede convertirse en una fuente de contaminación atmosférica.

18b.2) Incineración.- La incineración se practica principalmente en los hospitales. Bien empleada produce energía calorífica, y con los residuos que se obtienen pueden fabricarse materiales para construcción.

18b.3) Vertederos.- Su costo de instalación es muy reducido pero presenta varios inconvenientes. El terreno en que se

ubiquen los vertederos debe estar previamente degradado, pues de lo contrario con sólo depositar la basura en él, el suelo se tornaría estéril.

Así mismo, debe evitarse que la basura se desparrame fuera de los vertederos, pues podría contaminar zonas adyacentes y llegar incluso a corrientes de agua que portarían los contaminantes hasta ríos y lagos. Además, el terreno debe ser absolutamente impermeable para evitar el peligro de contaminar las aguas subterráneas.

El Departamento del Distrito Federal opera una planta de reciclaje de Compost con capacidad para 500 toneladas diarias de basura en San Juan de Aragón.

Esta planta trabaja con una capacidad de 220 toneladas diarias en promedio, debido a problemas en su manejo.

18c) DETERMINACION DE VOLUMENES Y COMPOSICION DE LA BASURA

Para poder hacer una determinación de los volúmenes y composición de la basura urbana es necesario desarrollar análisis cuantitativos y cualitativos de tales desechos.

Resulta indispensable conocer la cantidad de desperdicios generados, así como sus características por dos razones:

- a) Evaluar la magnitud del problema para poder tomar acciones inmediatas en cuanto a la organización del sistema de limpia, manejo o disposición final de los desechos.
- b) Conocer si la materia prima (desechos) puede ser motivo de industrialización y cuáles serán las necesidades del proceso industrial.

Un ejemplo de un análisis físico cuantitativo y cualitativo de una muestra de desechos urbanos es el siguiente:

A N A L I S I S

1.- Tambo de 200 lt..... peso = 72.0 kgs.
 2.- Tambo de 200 lt..... peso = 52.0 kgs.
 Total 124.0 Kgs.

Peso de cada tambo vacío 20Kgs.

Peso neto de desechos $124.0 - 40.0 = 84.0$ kgs.

Densidad de los desechos $D = 210.0$ Kgs./m³

Peso de la muestra al 2^o cuarteo = 17.0 Kgs.

SUBPRODUCTOS	PESO (KGS)	% SUBPRODUCTOS
LATA	0.950	5.59
CARTON	1.250	7.34
PLASTICO PELICULA	0.850	5.00
VIDRIO	1.150	6.76
TRAPO	0.250	1.47
PLASTICO RIGIDO	0.350	2.06
PAPEL	0.250	1.47
YUTE	0.500	2.94
CUERO	0.450	2.47
MATERIAL DE CONSTRUC.	1.400	8.24
MATERIA ORGANICA	8.650	50.88
TIERRA	1.000	5.88

El análisis descrito anteriormente, consiste en el llenado de dos tambos con capacidad de 200 litros con desechos a lo largo de una ruta de recolección.

En la República Mexicana se producen en la actualidad como promedio, 650 gramos de basura per-cápita al día, lo que equi

vale aproximadamente a 42,000 toneladas de desechos domiciliarios, a ésto hay que agregarle las 200,000 toneladas de desechos industriales que se generan en el país.

La composición de dicha basura o desechos domiciliarios - varía según las diversas regiones del país pero en promedio contienen las siguientes proporciones de material reciclable:

Papel	12%
Cartón	6%
Vidrio	8%
Plástico	6%
Chatarra	8%
Materia	
Orgánica	50%
Otros	10%

A continuación se muestran una serie de análisis físicos realizados en diferentes ciudades de la República Mexicana, en los que se muestra su composición en lo que se refiere a desechos urbanos, tanto para zonas de clase alta y media, como para aquellas zonas de clase baja, lo que permite observar la variación en cantidad y composición de los desechos, según la zona donde provengan.

CIUDAD TLAQUEPAQUE MUNICIPIO TLAQUEPAQUE EDO. JALISCO

ESTRA No. 1 Clase Alta PESO DE LA MUESTRA 174.65 Kg.

DENSIDAD IN-SITU 262 Kg/m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	11.000	6.30
Cartón	6.200	3.55
Vidrio	17.700	10.14
Metales Ferrosos	6.400	3.66
Plástico Rígido	4.200	2.40
Plástico Película	7.200	4.12
Madera	2.100	1.20
Materia Orgánica	95.700	54.80
Material de Construcción		
Cuero	1.600	0.92
Trapo	1.400	0.80
Algodón	1.800	1.03
Envases Tratrpack	2.400	1.37
Hueso	2.500	1.43
Tierra (Malla No.)	6.650	3.81
Material de Jardinería	2.600	1.49
Kleen Bebé	5.200	2.98
Bolsas de Muestreo		
Otros		
TOTALES:	174.65	100%

CIUDAD TLAQUILPAQUE MUNICIPIO TLAQUILPAQUE EDO. JALISCO

MUESTRA No. 2 Clase Media PESO DE LA MUESTRA 81,300 Kg.

DENSIDAD IN-SITU 290 Kg/m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	7.600	9.35
Cartón	2.400	2.95
Vidrio	4.800	5.91
Metales Ferrosos	3.700	4.55
Plástico Rígido	2.100	2.59
Plástico Película	4.400	5.41
Madera	1.200	1.48
Materia Orgánica	39.800	48.96
Material de Construcción		
Cuero	0.600	0.74
Trapo	1.600	1.97
Algodón	2.000	2.46
Envases Tratrpack	2.100	2.59
Hueso	1.400	1.72
Tierra (Malla No.)	4.200	5.17
Material de Jardineria	1.000	1.23
Kleen Bebé	2.400	2.95
Bolsas de Muestreo		
Otros		
TOTALES :	81.300	100%

UBIDAD TLAQUEPAQUE MUNICIPIO TLAQUEPAQUE EDO. JALISCO

UESTRA No. 3 Clase Baja PESO DE LA MUESTRA 98.450 Kg.

DENSIDAD IN-SITU 290 Kg/m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	4.200	4.27
Cartón	2.300	2.34
Vidrio	3.400	3.45
Metales Ferrosos	2.800	2.85
Plástico Rígido	2.100	2.14
Plástico Película	3.800	3.86
Madera	0.300	0.31
Materia Orgánica	63.750	64.75
Material de Construcción		
Cuero	0.250	0.25
Trapo	2.000	2.03
Algodón	1.000	1.02
Envases Tratrpack		
Hueso	0.150	0.16
Tierra (Malla No.)	7.500	7.62
Material de Jardineria	1.700	1.73
Kleen Bebé	3.200	3.25
Bolsas de Muestreo		
Otros		
TOTALES :	98.450	100%

DAD GUADALAJARA MUNICIPIO GUADALAJARA EDO. JALISCO

ESTRA No. 1 clase Alta PESO DE LA MUESTRA 126.35 Kg.

NSIDAD IN-SITU 260 Kg/m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	8.200	6.49
Cartón	4.100	3.25
Vidrio	9.000	7.12
Metales Ferrosos	4.800	3.80
Plástico Rígido	1.900	1.50
Plástico Película	6.600	2.23
Madera	2.800	2.22
Materia Orgánica	67.850	53.70
Material de Construcción		
Cuero	1.900	1.50
Trapo	2.900	2.30
Algodón	1.100	0.87
Envases Tratrpack	2.400	1.90
Hueso	1.200	0.95
Tierra (Malla No.)	5.100	4.03
Material de Jardineria	1.900	1.50
Kleen Bebé	4.600	3.64
Bolsas de Muestreo		
Otros		
	126.35	100%

CIUDAD GUADALAJARA MUNICIPIO GUADALAJARA EDO. JALISCO

ESTRA No. 2 Clase Media PESO DE LA MUESTRA 145.25 Kg.

DENSIDAD IN-SITU 245 Kg. /m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	12.700	8.74
Cartón	5.650	3.89
Vidrio	6.000	4.13
Metales Ferrosos	4.000	2.75
Plástico Rígido	8.000	5.51
Plástico Película	7.600	5.23
Madera	2.000	1.38
Materia Orgánica	77.500	53.36
Material de Construcción		
Cuero	3.000	2.07
Trapo	2.000	1.38
Algodón	1.000	0.69
Envases Tratrpack	1.900	1.31
Hueso	2.000	1.37
Tierra (Malla No.)	5.500	3.79
Material de Jardineria	2.900	1.99
Kleen Bebé	3.500	2.41
Bolsas de Muestreo		
Otros		
		100%

CIUDAD GUADALAJARA MUNICIPIO GUADALAJARA EDO. JALISCO

MUESTRA No. 3 clase Baja PESO DE LA MUESTRA 78,700 Kg.

DENSIDAD IN-SITU 340 Kg/m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	4,200	5.34
Cartón	3,400	4.32
Vidrio	1,800	2.29
Metales Ferrosos	2,200	2.80
Plástico Rígido	1,000	1.27
Plástico Película	4,200	5.34
Madera	2,700	3.43
Materia Orgánica	41,400	52.60
Material de Construcción		
Cuero	3,310	4.21
Trapo	2,800	3.56
Algodón		
Envases Tratrpack		
Hueso	1,200	1.52
Tierra (Malla No.)	8,28	10.52
Material de Jardinería	2,210	2.80
Kleen Bebé		
Bolsas de Muestreo		
Otros		
TOTALES :	78,700	100%

Ciudad PUERTO VALLARTA MUNICIPIO PTO. VALLARTA EDO. JALISCO

ESTRATA No. MEDIA PESO DE LA MUESTRA 156.950 KG

DENSIDAD IN-SITU 215/KG/M³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 200 LTRS.

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Asfalto	9.000	5.735
Carbón	6.250	3.985
Cemento	8.000	5.100
Metales Ferrosos (lata)	3.250	2.070
Plástico Rígido	2.000	1.275
Plástico Película	5.000	3.185
Madera	2.000	1.275
Materia Orgánica	101.000	64.350
Materia de Construcción	-----	-----
Cuero	2.250	1.435
Trapo	2.750	1.750
Algodón	1.250	.795
Envases Trairapack	2.250	1.435
Plomo	1.500	.955
Tierra (Malla No.)	4.900	3.125
Materia de Jardineria	2.300	1.465
Kleen Tché	3.250	2.070
Bolsas de Muestreo	-----	-----
Otros	-----	-----
TOTALES :	156.950	100%

ANÁLISIS FÍSICOS

SELECCION DE SUBPRODUCTOS

CIUDAD PUERTO VALLARTA MUNICIPIO PTO. VALLARTA EDO. JALISCO

MUESTRA No. BAJA PESO DE LA MUESTRA 11.650 KG

DENSIDAD IN-SITU 210 KG/M³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 200 LTS

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	4.750	4.214
Cartón	6.800	6.035
Vidrio	9.750	8.655
Metales Ferrosos (Lata)	3.000	2.665
Plástico Rígido	2.000	1.775
Plástico Película	2.000	4.530
Madera	2.000	1.775
Materia Orgánica	58.300	51.755
Material de Construcción	---	---
Cuero	2.000	1.775
Trapo	3.500	3.110
Algodón	.900	.800

CIUDAD ZAPOPAN MUNICIPIO ZAPOPAN EDO. JALISCO

MUESTRA No. 1 Clase Alta PESO DE LA MUESTRA 72.65 Kg

DENSIDAD IN-SITU 335 Kg/m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	2.100	2.89
Cartón	1.000	1.38
Vidrio	6.600	9.08
Metales Ferrosos		
Plástico Rígido	0.700	0.96
Plástico Película	3.500	4.82
Madera		
Materia Orgánica	36.44	50.16
Material de Construcción		
Cuero	2.920	4.02
Trapo	3.000	4.14
Algodón		
Envases Tratrpack	0.900	1.24
Hueso		
Tierra (Malla No.)	7.290	10.03
Material de Jardinería	1.950	2.68
Kleen Bebé	4.650	6.40
Bolsas de Muestreo		
Otros	1.600	2.20
TOTALES :	72.65	100%

Ciudad ZAPOCAN MUNICIPIO ZAPOCAN EDO. JALISCO

LISTA No. 3 clase Baja PESO DE LA MUESTRA 82.65 Kg.

DENSIDAD IN-SITU 431 Kg/m³ VOLUMEN DEL RECIPIENTE 0.200 m³

SUBPRODUCTOS	PESO EN (KG)	% EN PESO
Papel	3.400	4.12
Cartón	1.500	1.82
Vidrio	2.500	3.03
Metales Ferrosos	1.800	2.18
Plástico Rígido	1.400	1.70
Plástico Película	2.500	3.03
Madera	0.100	0.12
Materia Orgánica	55.000	66.55
Material de Construcción		
Cuero	1.100	1.33
Trapo	4.200	5.08
Algodón	0.800	0.97
Envases Tratrpack	0.900	1.09
Hueso	0.350	0.43
Tierra (Malla No.)	6.100	7.38
Material de Jardineria	1.000	1.21
Kleen Bebé		
Bolsas de Muestreo		
Otros		
TOTALES :	82.650	100%

CUADRO N° 2 COMPOSICION EN PORCIENTO DE LOS DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES EN DIVERSAS CIUDADES

DE MEXICO .

1
237
-

SUBPRODUCTOS	ACAPULCO 1974	AREA M-DE MONTERREY 1975	GARZA GARCIA 1975	MONTERREY 1975	SAN NICOLAS DE LOS GARZA 1975	ALTAMIRANO 1978	MEXICALI 1979	ENSENADA 1979	TIJUANA 1979
Cartón	6.32	4.05	4.00	3.19	4.58	9.19	3.95	29.9	23.8
Papel	10.91	15.80	11.00	14.80	15.70	10.06	18.57	23.37	26.27
Vidrio	11.84	8.77	11.00	9.88	6.45	7.76	12.76	6.4	8.49
Plástico peli- culas	1.86	2.99	2.00	2.93	3.20	1.78	5.4	5.3	2.36
Plástico rígi- do	1.53					1.74	5.47		2.44
Trapo y algo- dón	3.25	2.8	1.00	2.23	4.02	0.90	3.87	2.1	0.85
Metales ferro- sos	3.57	3.24	6.00	3.00	3.33	11.11	10.09	4.6	6.09
Materia orgá- nica	33.3.	38.0	40.0	38.0	36.0	24.36	28.36	11.00	14.16
Hueso	1.28					1.00	1.5	7.00	
Otros	26.14	24.35	15	25.97	26.72	32.10	10.03	11.33	15.54

IV-19.- ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

En la República Mexicana uno de los problemas que reviste particular importancia es el que se refiere a lo relacionado con la producción, manejo y disposición final de los desechos sólidos.

En seguida se mencionan proyectos que pueden ser el conjunto de alternativas para la solución del problema mencionado, por medio del financiamiento de los mismos, a través de los organismos gubernamentales relacionados con tal situación.

19a) DESECHOS SÓLIDOS: Dentro del campo de los desechos sólidos se contemplan dos puntos importantes, de los cuales se tiene alta factibilidad de lograr la recuperación de los recursos que puedan conseguirse de organismos como el Banco Mundial o el Fondo Monetario Internacional y que por otra parte impliquen importantes acciones para apoyar el desarrollo económico del país.

Estos puntos que se analizan a continuación son los que se refieren a: Reciclaje y Disposición final de los desechos industriales.

19b) RECICLAJE: Como se observó anteriormente, la producción de basura urbana e industrial en la República Mexicana es considerablemente alta, por tal motivo se debe considerar que las acciones a desarrollar deben orientarse hacia aquellas áreas donde la producción del material reciclable ya sea domiciliario y/o industrial sea mayor.

Para éste programa se contemplan las siguientes acciones fundamentales:

- Construcción de plantas de reciclaje.

- Creación de bolsas de residuos industriales.
- Investigación para desarrollar nuevas técnicas de reciclado.

19c) PLANTAS DE RECLICLAJE: Las plantas de reciclaje pueden ser de dos tipos:

- a) Domiciliarias.- Pueden ser prototipo para cualquier localidad y consistirían en plantas para la recuperación y separación manual o automática de los desechos en subproductos.
- b) Plantas de Reciclaje.- Propiamente como tales, las que deberán diseñarse de acuerdo al producto a reciclar.

Estas plantas de reciclado para desechos industriales básicamente se deberán diseñar para ello. Las plantas de reciclado para desechos domiciliarios deberán ubicarse en las ciudades que previo estudio y análisis de composición de los desechos que se generan demuestren que éstos contienen un alto porcentaje de material reciclable y que además dichas factorías puedan construirse dentro de un radio económico de transporte y con elementos de infraestructura industrial.

De forma similar se harán los análisis para las plantas de desechos industriales en cuanto a su ubicación y mecanismos para obtener los materiales reciclables.

En la actualidad existen en la República Mexicana plantas de procesamiento de desechos sólidos que son:

Distrito Federal: Planta de San Juan de Aragón.

Guadalajara: Planta ubicada en Periférico Norte.

Monterrey: Ubicada en el Municipio de Villa García

Se tienen propuestas otras plantas de procesamiento para desechos sólidos en los siguientes Estados del País: Baja Califor-

nia Sur, La Paz; Aguascalientes; León, Guanajuato; Puebla y Acaapulco. Por otro lado, en una primera etapa se harían los estudios de factibilidad para construir ocho plantas de recuperación y separación manual o automática de los subproductos, que se localizarán en: Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Toluca, Netzahualcoyotl, Ciudad Juárez, Tijuana y Mexicali.

En los mismos estudios de factibilidad deberán incluirse los cálculos de costo sobre la construcción de dichas plantas.

La selección de las ciudades en las que se pueden construir las plantas procesadoras se lleva a cabo por medio del análisis cuantitativo y cualitativo de los desechos en la región.

En base a lo anterior se ha sugerido la construcción de una planta piloto en Guadalajara o en Monterrey.

Para plantas de reciclaje específicas se estiman para una primera etapa (5 años) los siguientes tipos:

Reciclaje de papel y cartón	3
Reciclaje de plástico	3
Reciclaje de vidrio	4
Material orgánico (Compost)	3

Está pendiente el cálculo del costo y podría establecerse una planta piloto recicladora de desechos plásticos en Monterrey.

Todas estas alternativas de solución se han analizado puramente desde el punto de vista técnico, quedando pendiente el estudio económico, dada la situación económica en la que en éstos momentos atraviesa el país.

19d) BOLSAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES: En la actualidad - está funcionando una bolsa de residuos industriales a nivel central; la función de esta bolsa es la de contactar a los generadores de residuos industriales con las empresas que se dedican

al reciclaje de los mismos. Estas bolsas podrían ser instaladas en los Estados de la República donde el desarrollo industrial mostrado en los últimos años ha sido de gran magnitud.

Las ventajas de estas bolsas son:

- a) Reducirían la demanda de recursos naturales.
- b) Disminuirían la contaminación del ambiente.
- c) Disminuirían los costos de producción.

19e) INVESTIGACION TECNICA DEL RECICLAJE: En el país la industria del reciclaje no es de la importancia que se requiere en función del desarrollo industrial que se observa, dado como consecuencia que las técnicas del reciclaje son desconocidas en gran parte del país.

Debido a lo anterior es necesario llevar a cabo investigaciones tendientes a desarrollar nuevas técnicas de reciclado y con ello realizar inversiones para el aprovechamiento de los residuos industriales.

19f) DISPOSICION DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES:

a) Cementerios Industriales.- En el gran auge que ha tenido el sector industrial en el país, se han originado como todo, beneficios y problemas diversos.

Los beneficios: sin duda la generación de empleos, la estabilización del país y el desarrollo económico, a mediados del sexenio 1976-1982, situación que no duró mucho, ya que a finales de mismo período se contempla una situación totalmente opuesta, debido a la inestabilidad económica del país visualizada principalmente en la devaluación del peso mexicano y en el crecimiento acelerado de la deuda externa.

Aunado a esta situación se contemplan otros problemas y los referentes a la contaminación ambiental y/o a la salud pública

ca . Como se ha dicho en capítulos anteriores, el sector industrial genera desechos, los cuales pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, mismos que deberán ser manejados y dispuestos por medio de una técnica adecuada, ya que si no es así, pueden causar degradación y deterioro al ambiente.

Así, en la actualidad grandes cantidades de toneladas de desechos sólidos que son mal manejados y dispuestos sin ninguna técnica han ocasionado problemas de contaminación de agua, aire y suelo en diferentes localidades del país.

A la fecha ya se cuenta con el proyecto de Reglamento de Manejo, Tratamiento y Disposición Final de Desechos Sólidos Municipales, el cual tiene gran posibilidad de que se ponga en vigencia en 1983. Dentro de éste reglamento se prohíbe la disposición a cielo abierto de desechos municipales y se establece especial control de los desechos industriales.

A medida que aumenta el desarrollo industrial del país, se incrementa la producción de desechos: tóxicos, lixiviables, radiactivos, etc.

Este programa tiende, sin duda alguna, a poner punto final a la situación adversa existente en el manejo de este tipo de desechos, creando sitios para su disposición final y que se denominarán en este proyecto, "Cementerios Industriales".

Estos proyectos presentan mucha posibilidad de recuperar la inversión y son una necesidad de mucha urgencia en la industria. Estos cementerios deberán ser ubicados principalmente en los parques industriales que existen, así como en las localidades que han manifestado gran desarrollo industrial, tales como: Area Metropolitana del D.F.; Toluca, Monterrey, Guadalajara, Coatzacoalcos-Minatitlan, y en otras áreas de desarrollo del país.

C O N C L U S I O N E S

Desde la primera conferencia internacional celebrada para estudiar las causas de la contaminación y proponer soluciones, celebrada el 5 de Junio de 1972 en Estocolmo, Suecia, se puso de manifiesto la estrecha relación entre la destrucción del medio ambiente y las condiciones económicas. Por esto, cada país debe adoptar inmediatamente una legislación que frene de manera efectiva la contaminación ambiental, de acuerdo con sus condiciones sociales y económicas.

Una de las características de los países subdesarrollados es su resistencia a aceptar como propio el problema de la contaminación ambiental debido a su falta de tecnología y recursos para detectarla, prevenirla y controlarla, y en consecuencia tienden a soslayar su solución. Según el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, los países que tienen un desarrollo tecnológico incipiente "temen sacrificar su desarrollo y caer en la dependencia tecnológica que supone la industria y el negocio de la contaminación".

Para controlar la contaminación en México deben tomarse medidas acordes con las necesidades y posibilidades de nuestro país, y que tengan en cuenta la investigación científica y tecnológica. Así mismo es necesario crear conciencia de la gravedad del problema en toda la población, si se desea preservar el ambiente en condiciones adecuadas para el desarrollo del país.

De no hacerlo, irremisiblemente sucumbiremos a nuestra propia negligencia.

Por otro lado, en lo que se refiere a la contaminación ambiental a través de los plásticos es sabido que dichos materiales cuando han sido utilizados, pasan a formar parte de los desechos sólidos, por lo que es necesario diseñar sistemas bien de-

finidos de disposición final para desechos plásticos que sean igualmente factibles para la disposición final del resto de la basura (ya que como en nuestro país no han sido ideados métodos de separación del plástico, latas, etc. a nivel doméstico, éstos materiales pasan a ser parte integral de la basura), es por lo anterior que se puede concluir que el método más adecuado para disponer tanto de materiales recuperables como del resto de la basura es el método de recuperación-reciclo, ya sea con o sin obtención de Compost.

Este método es también recomendable porque se recuperan materiales que tratados en otra forma dejarían de tener valor, como cuando son dispuestos solamente en tiraderos, lográndose así la recuperación de materias primas para productos de refabricación, que en un país como el nuestro es cada día más difícil su obtención.

Sin embargo, para poder implantar este sistema es necesario tomar en consideración que existan plantas beneficiadoras de esos materiales cerca de la planta recuperadora; de lo contrario, el gasto de transportación aumentaría considerablemente el precio de dichos materiales, y se perdería el principal objetivo que es la obtención de materia prima a bajo costo.

Si fuera implantado otro sistema para la disposición final de desechos plásticos, tal como incineración, obtención de subproductos, etc. sería necesario hacer una separación previa de dichos materiales en la basura, con ello los costos aumentarían considerablemente, lo que aparentemente reduce la atraktividad económica de los sistemas de recuperación, separación y reutilización, haciéndolos menos deseables. Queda entonces su empleo en función de los resultados de estudios de factibilidad

técnica y económica, además de los beneficios que reditúan a la sociedad, si se ha de elegir alguno de dichos métodos.

Sería muy ventajoso y necesario que se educara a la población para que separara los plásticos de desecho a nivel doméstico, y así se transportaran directamente a la planta beneficiadora.

De cualquier manera, ya sea uno u otro método el que se adopte, sería recomendable y de gran utilidad el que se establecieran políticas con respecto a los siguientes puntos:

- 1.- Realizar campañas en el público, exhortándolo a que se separen los desechos plásticos del resto de la basura; y así mismo, establecer sistemas para la recolección de tales desechos por parte de los organismos competentes.
- 2.- Para que el punto anterior se lleve a cabo en todo lo posible, sería deseable que los fabricantes de plásticos utilicen símbolos que identifiquen los distintos tipos de plásticos en la fabricación de los productos, con objeto de facilitar el proceso de selección al recolectarlos.

En resumen, cuando exista factibilidad de transporte económico entre el sitio de generación y el sitio de beneficio, se recomienda el método de Recuperación—Reciclado de materiales; en caso contrario se adoptarán métodos tradicionales de disposición como el relleno sanitario o la incineración en los casos que procedan.

Cuando se logre concientizar al público a que separe a nivel doméstico los desechos plásticos, se podrán adoptar con mayor facilidad y menor costo, métodos de obtención de subproductos, tales como los señalados en el Capítulo IV.

A P E N D I C E

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

La siguiente lista enumera una serie de citas bibliográficas como un complemento de la información del tema tratado en los capítulos anteriores, esperando que sea de mayor utilidad para las personas interesadas en el mismo:

- 1.- USE OF EXPENDED POLYMER SCRAP. Griffiths, Anthony.
Engl. Brit. UK Pat. 2053944. Date: 790713
CA09510082002A
- 2.- MATERIAL RECOVERY FROM PLASTIC WASTE BY FLUIDIZED-BED PYROLYSIS. Nishizaki, Hiroki. Japón. Inr. Symp. 79
CA09508065132A
- 3.- RECYCLE OF THERMOSET PHENOLIC SCRAP. Deanin, Rudolph.
Plast. Eng. Dep. Univ. Lowell. Lowell, Ma. 1979 USA.
CA094262098475S
- 4.- RECYCLING PLASTICS: CURRENT STATUS. Milgrom, Jack.
Cambridge, Ma, USA. 1979 3(3-4) 327-35.
CA09408048369V
- 5.- BLENDS OF PVC, PE, and PS MODIFIED BY CHLORINATED POLY/
ETHYLENE (CPE) AND DICUMYL PEROXIDE (DCP). Lee, Mabel M.
Unio Ind. Res. Lab. Ind. Technol. Res. Inst. Hsinchu,
Taiwan. J. Vinyl Technol. 80, 2(2), 119-24
CA09324221589W.
- 6.- RECYCLING OF POLYURETHANE WATES INVOLVING THE ALCOHOLYSIS
REACTION. Prajsnar, Fronislaw. FH Aache, Aachen, D-4100
Fed. Rep. Ger. 79 e, 1213-18. CA09320187064J
- 7.- REUSE AND SEPARATION OF WASTE PLASTICS. Lindfors, Lars G.
Swed. Water Air Pollut. Res. Inst., Stockholm.
J. Chem. Technol. Biotechnol., 80, 30(4), 152-60
CA09308078951A
- 8.- RECYCLE OF POLYESTER BOTTLES. Clemente, J. S.; Fiber and
Polymer Prod. Res. Div. Goodyear Tire and Rubber Co. Akron,
OH, USA. Soc. Plast. Eng., 80 (Plast. Prog. Process.,
May 5-8) 551-3. CA09306048023G.
- 9.- RECYCLING OF PVC BOTTLES: Burgaud, P. Solvay Co., Brussels,
Belg. J. Appl. Polym. Sci. Appl. Polym. Symp., 79
469-74 CA09224199416T.

- 10.- REPROCESSING OF THERMOPLASTICS. II POLYCARBONATE. Abbaas, Kent B. Telefonaktiebolagen. L. M. Ericsson Mater. Lab. Stockholm, S-126 25. Swed. Polym. Eng. Sci., 80, 20(5), 376-82. CA09222182171M.
- 11.- RECYCLING OF POLYURETHANE FOAMS. USA. Kokai Tokkyo Koho, 790602, 4 pp. Patent No: 79 68883 Date: 771017. CA09112032682D
- 12.- RECYCLING ABS WASTE AS A FLAME RETARDENT MOLDING COMPOUND. Bebbington, George H. Bell Lab., Murray Hill, NJ. Soc. Plast. Eng., Tech. Pap., 79, 25, 877-80. CA09106040535P.
- 13.- METHOD FOR SEPARATING AND RECOVERING PLASTICS FROM PLASTICS CONTAINING WASTE. Japan. Patent No: 1524235. CA09020153169V
- 14.- THE RECYCLING OF MIXED THERMOPLASTICS WASTE. Smit, Hverity. Polym. Plast. Technol. Eng., 79, 12(2), 141-7 CA09026205310F
- 15.- RECYCLING OF POLYURETHANE AND ISOCYANURATE FOAM. Ulrich, H. Donald S. Gilmore Res. Lab., Upjohn Co. North Haven, Conn. Adv. Urethane Sci. Technol., 78, 5, 49-57. CA09014104719R.
- 16.- RECLAIMING PROCESSED THERMOSETTING PLASTIC COMPOUNDS. Brewton, Lee K. USA. Patent: 4123584. Date: 770131. CA09008055703V.
- 17.- PHENOLIC RESIN RECOVERY. Summers, Robert Milton. USA Patent: 4118346. Date: 771227. CA09004024450F
- 18.- RECYCLING OF WASTE POLYACETALS. USA. Japan. Kokai. Patent 78 90359. Date: 770118. CA08920164662F.
- 19.- RECYCLING OF POLYURETHANE AND POLYISOCYANURATE FOAM.
- 20.- COMBUSTION AND HEAT RECOVERY FROM POLYMERIC MATERIALS. Hart, Wallace. John Zink Co., Tulsa, Okla. Present Status Res. Needs Energy Recovery Wstes, Proc. Conf., 77, 371-80. CA09924173404E.
- 21.- STUDIES ON THERMAL DEGRADATION OF SYNTHETIC POLYMERS. Sawaguchi, Takashi. Coll. Sc. Technol., Nihon Univ., Tokyo, Japan. Bull. Jpn. Pat. Inst., 77, 19(2), 124-30. CA09916104970M.
- 22.- THE RECOVERY OF POLYOLS FROM RIGID SCRAP FOAM. Penfold, J. Upjohn Polymer B V, Neth. Urethanes Environ., Conf., 76, H1-H10, London, Engl. CA09918133394M

- 23.- RECLAIMING WASTE PLASTICS. Wolf, William-D. USA.
Patent: 4033097 Date: 750707. CA08716118954P.
- 24.- SEPARATION OF PLASTICS FROM AUTOMOBILE SCRAP. Valdez, E.
Salt Lake City Metall. Res. Cent., Bur. Mines, Salt Lake
City, Utah. 76, 386-92. CA08710072817R.
- 25.- PROCESSING PLASTICS. RECYCLE THERMOSET. Bauer, Stephen H.
Hull Corp., Hatboro, PA. Plasti. Eng., 77, 33(3), 44-6
CA086241726045.
- 26.- NEW SEPARATION TECHNIQUE FOR WASTE PLASTICS. Saitoh, Kozo;
Cent. Res. Lab., Mitsui Min. Tokio, Japon. 1976.
CA08616110864T.
- 27.- RECOVERY OF POLYPROPYLENE. Wiggins, Thomas K. Patent: 75
01709. CA 08606030674Q.
- 28.- THERMAL AND STEAM CRACKING OF WASTE PLASTICS. Tsutsumi,
Shigeru. Osaka Univ., Suita, Japan. Refuse Energy, Int.
Conf. Tech. Exhib., 75 567-72. CA08604016810N
- 29.- BIO-CYCLIC PLASTICS. Guillet, James. Inst. Environ. Sci.
Eng., Univ. Toronto. Ont. 1973. CA08516109591Z.
- 30.- RECOVERY OF FLEXIBLE AND RIGID MATERIALS FROM SCRAP POLYVI/
NYLCHLORIDE, ITS COPOLYMERS AND COGENERS. Wainer, Eugene
Patent: 3912664. Date: 740823. CA08408045484M
- 31.- BIOLOGICAL RECYCLING OF POLYMERS. Scott, Gerald.
Univ. ASTON, Birmingham, Ala. Polym. Age. 75, 6(3)54-6.
CA08314115466N.
- 32.- Plastic optics. reclaiming a fine technology. Lahaye,
Peter. Diverse Technol. Inc. Covina, Calif. 1974.
CA08120121993G.
- 33.- CHEMICAL ASPECTS OF PLASTIC WASTE MANAGEMENT. Zerlaut, G.
Res. Inst., Illinois Inst. Technol. Chicago, 1974.
CA08112068049A.
- 34.- RECOVERY OF THERMOPLASTIC FOAM. Golovoy, Amos. USA.
Patent. 3795633. Date; 711217. CA08104014460J.
- 35.- RECLAMATION OF POLYFLUOROHALOCARBONS. Goebel, Ch.
USA. Patent. 3703235. Date. 720403. CA08102004440 P.
- 36.- PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE DISPOSAL AND/OR REUSE OF PLAS-
TIC CONTAINERS. Showyin, L. Reckitt and Coman Pty, Ltd
Sydney, Aust. 1972. CA07726168385T.

- 37.- UTILIZATION OF WASTE PLASTICS THROUGH NEW CHEMICAL CONCEPTS. Ottinger, R. TRW Syst. Group. Redondo Beach, Calif. Amer. Chem. Soc., Div. Water, Air Waste Chem., Gen. Pap. 70, 10(2), 223-8. CA07702006215B.
- 38.- PLASTICS: THE ROLE OF CONSERVATION AND RECYCLING. Tanner, D. AECI Ltd, Johannesburg (South Africa). Plastics Technical. Service Lab. 1970.
- 39.- SEPARATION OF PLASTICS BY FLOTATION. Valdez, Espiridion F. Depart. of the Interior, Washington, D.C. PAT-APPL-870 161. Enero de 1978.
- 40.- PLASTICS IN SOLID WASTE. National Industrial Pollution Control Council, Washington, D.C. Sub-council rept. A2221C2 Fld: 13b, 111, Marzo 1971.

El número colocado al final de la ficha bibliográfica se refiere al número del banco de datos de la serie del CHEMICAL ABSTRACTS.

B I B L I O G R A F I A

- (1) U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Fourth Report to Congress, Resource Recovery and Waste Reduction, 1977.
- (2) PLASTICOS Y SILICONES I y II. Terán Zavaleta J. Apuntes de clase. Fac. de Química. U.N.A.M., 1981
- (3) LEY FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE, Secretaría de Salubridad y Asistencia; México, 1982.
- (4) ECOLOGIA, CONTAMINACION, MEDIO AMBIENTE. Truk, Truk y Wittes. Ed. Interamericana. México, D.F. 1980.
- (5) JOURNAL OF THE AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, Stokinger, H.E.; How to achieve a realistic evaluation (in seven commandments). 64(4): 262-265 (Abril 1972)
- (6) RECOMMENDED METHODS OF REDUCTION NEUTRALIZATION, RECOVERY, AND DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTES. Ottinger, R.S., TRW Systems for Environmental Protection Agency, Febrero 1973.
- (7) SOLID WASTE MANAGEMENT OF PLASTICS. Reporte de DeBell and Richardson, Inc., Manufacturing Chemists Assoc., 1970
- (8) CONTAMINACION AMBIENTAL. Información Científica y Tecnológica. CONACYT. 1981. Vol. 3, No 49
- (9) AIR CLASSIFICATION OF SOLID WASTES. US. Environmental Protection Agency Pub. SW-30c, 1972.
- (10) METHODS OF WASTE THERMOPLASTICS FILM AND WASTE PAPER. R. D. Fyfe and V. Brown; United States Patent 3,814,240
- (11) CONTROL OF CONTAMINATION IN SECONDARY FIBER PULPS. (Proceedings of the pulp and paper Seminar on Fiber Conservation and Utilization) D. Jarrel and B. Mugg. Chicago, May 1974
- (12) PRELIMINARY SEPARATIONS OF METALS AND NON-METALS FROM URBAN REFUSE. Dean, K. C.; C. J. Chindgren, and L. Peterson. BuMines TPR 34, 1971
- (13) IONIZED FIELDS IN ELECTROSTATIC SEPARATION. (Applications to Secondary Materials. BuMines RI 7509, 1971.
- (14) RESOURCE ASPECTS OF PVC IN URBAN REFUSE. Stephenson, J. B. and J. W. Jensen. Proc. 3d Mineral Waste Utilization Symp. U.S. Bureau of Mines and IIT Research Institute, Chicago, 1972.

- (15) PROCESSING THE PLASTICS FROM URBAN REFUSE. Holman, J. L. Stephenson, and J.W. Jensen. BUSINESS TOP 50, 1972, 20 pp.
- (16) CONTINUOUS PYROLYSIS OF PLASTIC WASTES. Potts, J. E. Ind. Water Eng. v. 7, No. 8, Agosto 1970.
- (17) CONVERSION OF MUNICIPAL AND INDUSTRIAL REFUSE INTO USEFUL MATERIALS BY PYROLYSIS. Sanner, W.S., C. Ortuglio. Business RI 7428, 1976
- (18) III CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. Luis G. Silva, J.C. Domínguez. 1982; México (Acapulco Gro.)
- (19) PLASTICS WASTE DISPOSAL PRACTICES IN LANDFILL, PYROLYSIS, AND RECYCLE. Report of DeBell and Richardson, Inc. for the Manufacturing Chemists Association. Baum, B., and C.H. Lusk 1976.
- (20) RECYCLING OF POST-CONSUMER PLASTICS. Presented at the 35th Annual Technical Conference, Montreal, Canada 1977. J. Leidner. Canada 1977.
- (21) UTILIZATION OF RECYCLED POST-CONSUMER PLASTICS. Proyecto reportado y preparado por Ontario Research Foundation for the Ontario Ministry of the Environment. Leidner J. 1976.
- (22) APPROACHES TO UTILIZATION OF PLASTICS FROM URBAN WASTE. (Special Centennial Symp. "Technology for the Future to Control Industrial and Urban Waste"). Jensen, J.E., J.L. Holman, and J.B. Stephenson. University of Missouri--Rolla 1977.
- (23) RECYCLING POLYESTER WASTE. Rose, Selwyn; Woo James. Patente 1388348 52,817/73. Ohio, U.S. 1975.
- (24) EL RELLENO SANITARIO MANUAL COMO TECNOLOGIA APROPIADA. III Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Fco. Zepeda Porras. México (Acapulco, Gro.) 1982
- (25) COMPOSTING. Colveke, D.C. (A study of the process and its principles) Rodale Press (1972).
- (26) PROCESO CONVERTIT. US. DEPARTAMENT OF COMMERCE. National Bureau of Standards. Washington, D.C. 1981.
- (27) SOME CHEMICAL PROBLEMS IN THE RECYCLING OF PLASTICS. Gerald Scott. Gosta Green, Birmingham, (England) 1975.
- (28) RECYCLING PLASTICS. THE PROBLEMS AND POTENTIAL SOLUTIONS. W. A. Mack . American Society for Testin and Materials. 1974.