

103
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTUDIO DE UN PROCESO PARA LA RECUPERACION
DE CELULOSA Y POLIETILENO A PARTIR
DE DESPERDICIO INDUSTRIAL DE
PAÑALES DESECHABLES.**

TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A N :

JOSE JAVIER VAZQUEZ MARTINEZ

ALFREDO PALMA RAMOS



MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	<u>PAG.</u>
CAPITULO 1.-- CARACTERISTICAS DEL ESTUDIO	1
1.1 Introducción	2
1.2 Objetivos	4
CAPITULO 2.-- GENERALIDADES	5
CAPITULO 3.-- PARTE EXPERIMENTAL	9
3.1 Caracterización del desecho industrial	10
3.2 Elaboración de materiales compuestos	14
3.3 Ensayos de separación	16
3.4 Análisis global de variables de proceso a nivel planta piloto	30
CAPITULO 4.-- POSIBLES APLICACIONES DE LOS MATERIALES SEPARADOS	31
CAPITULO 5.-- ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCION DEL PROCESO	34
CAPITULO 6.-- DISEÑO DEL PROCESO Y PREDIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO	37
6.1 Descripción del proceso	38
6.2 Balance de materia	40
6.3 Cálculo y dimensionamiento del equipo	44
6.4 Balance de energía	58
6.5 Diagrama de flujo de proceso	64
6.6 Arreglo final del equipo	65
CAPITULO 7.-- ESTUDIO DE PRINVERSION	68
7.1 Introducción	69
7.2 Capacidad y localización de la planta	70
7.3 Inversión fija	72
7.4 Gastos previos a la producción	75
7.5 Costos de operación	77

	<u>PAG.</u>
7.6 Costos de producción	84
7.7 Capital de explotación	85
7.8 Tasa interna de retorno	90
7.9 Tiempo de recuperación	91
CAPITULO 8.- CONCLUSIONES	92
CAPITULO 9.- APENDICES Y BIBLIOGRAFIA	95

CARACTERISTICAS DEL ESTUDIO

1.1 INTRODUCCION

La elaboración de este estudio tiene como finalidad aprovechar el desecho industrial de papeles desechables, ya que hasta la fecha no se tiene conocimiento de que exista alguna investigación para el reciclado integral de este desecho, aunque existe la recuperación parcial de la celulosa que conforma al papel.

El término reciclaje puede ser definido como un proceso de recuperación y re-utilización de los desperdicios ó desechos (sólidos, líquidos, y gases) para convertirlos en materiales útiles a la comunidad.

En las últimas décadas, el reciclado ha cobrado una gran importancia debido fundamentalmente a dos cuestiones : La primera de carácter económico, que es la de reincorporar a la economía los materiales de desecho; y la segunda de carácter ecológico, que es la de coadyuvar a conservar las fuentes de energía y materias primas, así como reducir la cantidad de desechos ó basura que provocan el deterioramiento del medio ambiente.

De hecho, lo ideal en el manejo de los desperdicios sólidos ó basura es el de reciclarlos al máximo, con lo cual se logra reducir la contaminación ambiental, los costos de manejo y disposición de la basura.

Por otro lado, aunque existe una gran publicidad sobre la basura urbana, la cantidad de ella es insignificante comparada con la de los desechos industriales y agrícolas, por ejemplo : La producción de una tonelada de cerámica China genera nueve toneladas de desperdicios, ó bien las miles de toneladas de escoria que se han generado en los altos hornos y que son desechados de diversas formas. Aunque desde el punto de vista de algunos economistas, el recuperar materiales útiles de la "basura" mediante el reciclaje -

es antieconómico, (por los diversos gastos que se le suman como son : limpieza, manejo, transporte, etc.), no debe perderse de vista los beneficios sociales y la energía que se puede ahorrar.

De hecho, en el futuro inmediato, el ahorro energético resultará vital por lo que la recuperación de la energía podría tener una mayor importancia que el de los materiales.

Basado en lo anterior, se plantea la recuperación y el aprovechamiento de los materiales que conforman el desecho industrial de pñales desechables (celulosa, polietileno, y fibra termoplástica) mediante el reciclado del mismo, en base a las propiedades de hidratación de la celulosa y a la diferencia de densidades de la misma ya hidratada con respecto a la del polietileno y la fibra.

1.2 OBJETIVOS

De acuerdo a los datos proporcionados al Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, actualmente existe un desecho industrial de pañales desechables en cantidad aproximada de dos toneladas por día, de las cuales se recupera tan solo una tonelada de celulosa. El resto está conformado por aproximadamente un 50% de celulosa, 20% de fibra termoplástica, y 30% de polietileno en forma de película. La separación y recuperación de estos componentes resulta importante tanto desde el punto de vista económico (por el valor de los mismos) así como desde el punto de vista ecológico, ya que el destino de este residuo es formar parte de la basura, contribuyendo por su carácter biológicamente no degradable, a formar focos de contaminación.

Basado en lo anterior, se proponen los objetivos siguientes :

- A) Investigar experimentalmente la posible utilización del desecho industrial en la elaboración de un material compuesto.
- B) De no ser posible el inciso "A", desarrollar un sistema de separación y recuperación de los componentes del desecho mediante un proceso hidromecánico.
- C) Diseñar el proceso y predimensionar el equipo para llevar a cabo el proceso a nivel industrial.
- D) Proponer las posibles aplicaciones de los materiales separados.

GENERALIDADES

DESECHOS PLÁSTICOS

Los materiales plásticos más importantes desde el punto de vista del manejo de los desechos sólidos, son los termoplásticos como el polietileno de baja y alta densidad, polipropileno, poliestireno, PVC, y otras resinas vinílicas que representan alrededor del 90 al 95% de los plásticos empleados en el envase y embalaje. El resto lo forman diferentes termoplásticos como ABS, acrílicos, nylon, espumas de poliuretano, y resinas termofijas como las fenólicas, las epóxicas, y las de poliéster.

Los desechos plásticos se pueden clasificar en base a las fuentes de las que provienen. De hecho, son tres los generadores de los desechos, a saber :

- 1) Los productores de las resinas (polimerizadores)
- 2) Los transformadores
- 3) Los consumidores

Tanto los productores como los transformadores de la resina tienen grandes opciones para reciclar los polímeros. Además, el alto costo de las resinas los ha obligado a establecer programas de control de calidad con lo que se han reducido en gran parte los desechos. Ambos tipos de desechos son homogéneos (un sólo polímero) y con un grado mínimo de contaminación.

El consumidor es el principal generador de los desechos plásticos que llegan a los tiraderos de basura, siendo dichos desechos sumamente heterogéneos y altamente contaminados.

Se han propuesto y desarrollado diversos procesos para la recuperación y reciclaje de los desechos plásticos dependiendo de su origen y de su estado físico (grado de envejecimiento, grado de contaminación, etc.).

Se han propuesto varias alternativas para el manejo y aprovechamiento de la basura plástica urbana :

- A) El reciclado (recuperación de los plásticos)
- B) La conversión de energía (combustión)
- C) Conversión a productos de menor peso molecular (pirólisis)

Las dificultades para la recuperación de los materiales plásticos son obvias : primero, debe existir suficiente cantidad de ellos en los tiraderos (su porcentaje no debe ser menor a un 3%) ; segundo, se requiere de la separación inicial de ellos de los demás materiales que forman la basura; y tercero, debido a la incompatibilidad de la mayoría de los plásticos (la mezcla de dos o más plásticos generalmente no forma sistemas homogéneos, además el mezclado de ellos tiende a reducir notablemente las propiedades mecánicas), se requiere que la separación de dichos materiales se realice de acuerdo a su naturaleza química.

Aunque la separación de los artículos plásticos por flotación ha sido propuesta, la separación manual sigue empleándose por diversas razones. De lo anterior, parece que el reciclaje solo es rentable en aquellos casos en los cuales los desperdicios plásticos sean idénticos en composición química y fácilmente identificables y recolectar.

En los casos donde se pueden recolectar grandes cantidades de plásticos pero su separación de acuerdo a su composición química es difícil, existe la posibilidad de utilizarlos como fuente de energía. Los plásticos tienen los contenidos energéticos más elevados de todos los componentes de la basura urbana, como se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2.1 : Contenido energético de los desechos urbanos.

DESECHO	ENERGIA (BTU/LB)
Plásticos	7,700 - 20,000
Hules	9,000 - 12,000
Caederas	7,500 - 11,500
Papel	5,000 - 7,000
Cerfón	6,000 - 7,500
Orgánicos	1,500 - 3,000

La basura rica en plásticos puede ser mezclada con carbón y empleada como combustible complementario. Esto tiene la ventaja de requerir una baja inversión, aunque también los plásticos tienden a fluir hacia las rejillas o parrillas de entrada de aire donde se solidifican y tapan dichos conductos. Las dificultades más comunes se presentan cuando se manejan plásticos flexibles "perros" como botellas o tubos de polietileno o PVC. Las películas y recubrimientos no causan estos problemas.

Las mejores alternativas para el manejo de los desechos plásticos, dependen del balance de la rentabilidad económica y del impacto ambiental. El reciclado resulta la mejor alternativa tanto para los productores de resinas como para los transformadores.

Actualmente la mejor opción para el aprovechamiento de la basura plástica urbana es la conversión a energía y a productos de bajo peso molecular (pirólisis).

El futuro del reciclaje de los plásticos dependerá de los cambios en las políticas económicas y del desarrollo de nuevas tecnologías.

PARTE EXPERIMENTAL.

La experimentación se realizó siguiendo el diseño experimental que se muestra en la figura 3.1

3.1 CARACTERIZACION DEL DESECHO INDUSTRIAL

De acuerdo al diseño experimental (Fig. 3.1), se procedió primeramente a la caracterización del desecho industrial a fin de conocer los componentes que lo forman y sus proporciones en que se encuentran. En el apéndice "C" se presenta la identificación (caracterización) de los componentes de este desecho.

Descripción del desecho industrial

Los pañales desechables (desecho industrial) están formados por una capa de polietileno que tiene adherida una capa de papel, en seguida se encuentra una capa de fibra termoplástica; en el extremo contrario al polietileno se encuentra una capa de fibra termoplástica que también tiene papel adherido. Entre estas dos secciones se encuentra el algodón con el cual se forma el acolchonado del pañal; también contiene pequeñas ligas con las que se forma una especie de resorte (Véase figura 3.2).

FIG. 3-1 : DIAGRAMA DE BLOQUES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

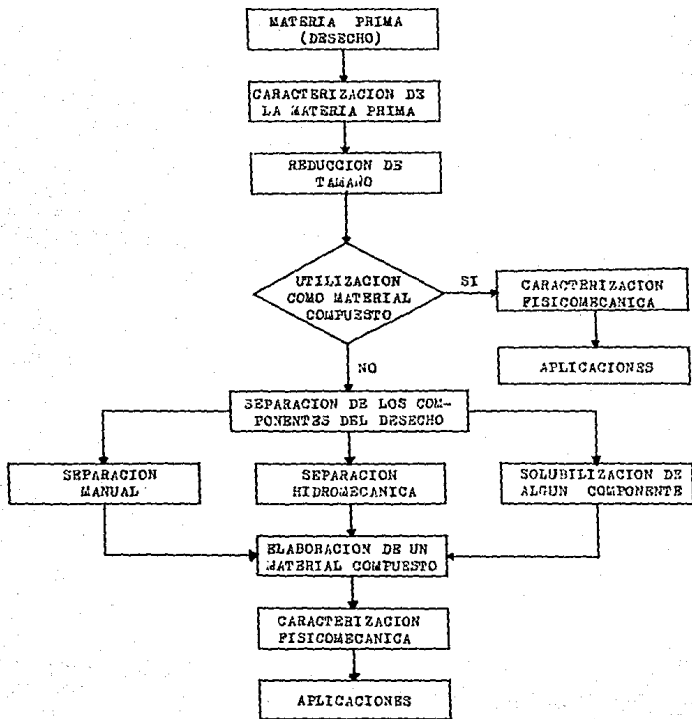
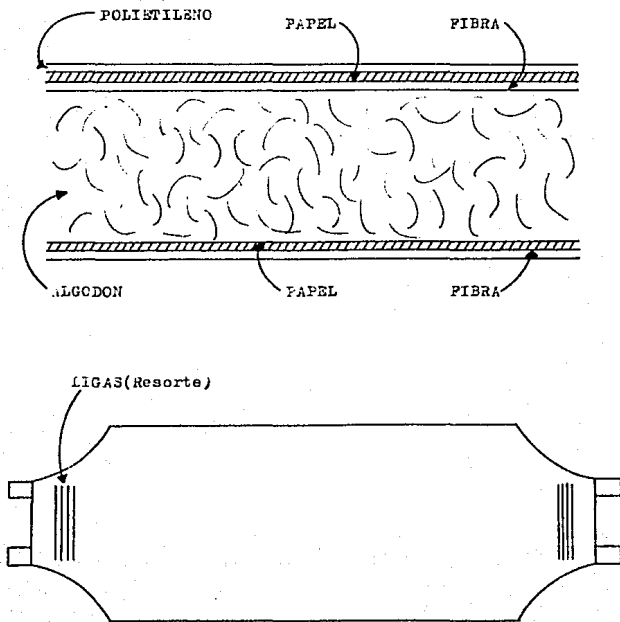


FIGURA 3.2 : PAJAL DESRCHABLE



Composición de la materia prima

Mediante un muestreo realizado a 200 Kg de desecho, se obtuvo en promedio la siguiente composición para el mismo :

Tabla 3.1 : Composición del desecho industrial de pañales desechables.

Componente	% en peso
Poliétileno	26.60
Papel	27.22
Fibra	18.26
Algodón	26.92
Ligas	1.00

En base a la tabla anterior, los componentes del pañal se pueden agrupar en dos conjuntos; el primero que se puede denominar componentes celulósicos formado por el papel y el algodón; y el segundo formado por los componentes plásticos como son la fibra, polietileno, y ligas, siendo entonces la composición del pañal la siguiente :

Tabla 3.2 : Composición del pañal de acuerdo al tipo de material.

Material	% en peso
Celulósico	54.14
Plástico	45.86

Para el balance de materia se considerará que el desecho se forma por 50% de celulosa y 50% de material plástico.

1.2 ELABORACION DE MATERIALES COMPUESTOS

Como primer intento, se trató de aprovechar el material de desecho en conjunto (pañal desechable) en la elaboración de un material compuesto. Para esto, se procedió a la molienda integral de el desperdicio hasta obtener partículas con diámetro medio de 5 mm, las cuales posteriormente se sometieron a un proceso de termoformado a presión constante obteniéndose placas con un espesor medio de 6 mm. También se prepararon laminados a base de película de polietileno y otros a base de mezcla de polietileno con el desecho en proporción 70:30. La caracterización físico-mecánica de estos materiales compuestos muestra lo siguiente :

- 1) Las propiedades del laminado a base de película de polietileno están dentro del rango de la propiedades reportadas en la literatura.
- 2) Resulta necesario reducir al máximo la cantidad de material celulósico (algodón y papel) en el compuesto, ya que las propiedades mecánicas resultan aún bajas.

Tabla 3.3 : Propiedades físico-mecánicas del polietileno y de los materiales compuestos a partir del material de desperdicio.

Muestra	Resistencia a la Tensión (Kg/cm ²) (*)	Absorción de agua (% en peso) (* *)
Polietileno	75.3	0.3
Pañal/polietileno (70:30)	30.1	4.0
Pañal	26.1	6.2

- (*) De acuerdo a la norma ASTM D 638 a un velocidad de deformación de 10 mm/min.
- (* *) De acuerdo a la norma ASTM D 570 después de estar sumergidas durante 24 horas.

En base a los puntos anteriores, se llegó a la conclusión de que existe un exceso de carga (celulosa) con respecto a la cantidad de polietileno disponible en el panel. Esto fué corroborado al elaborar muestras sin celulosa, las cuales presentaron propiedades mecánicas superiores a las anteriores en aproximadamente un 70 % (de 26.1 a 100 Kg/cm²) y también se redujo el porcentaje de absorción de agua en aproximadamente un 75% (Véase tabla 4.1).

3.3 ENSAYOS DE SEPARACION

Basado en los resultados anteriores, se centró la investigación hacia la separación de cada uno de los componentes del desecho, para que de esta manera se puedan elaborar materiales compuestos con un mínimo de carga celulósica.

Separación manual.

Como primera acción, se procedió a la separación manual de la película de polietileno del resto del material, resultando una tarea muy difícil y tediosa. Se prepararon muestras de la película de polietileno con el papel adherido (difícil de quitar manualmente) las cuales mostraron una resistencia a la tensión de 36.4 Kg/cm², valor que es ligeramente mayor al de la muestra pañal-polietileno (70:30) en aproximadamente un 17%, ya que la cantidad de carga de papel es aún del 50% con respecto al peso del polietileno.

Separación hidromecánica

1) Nivel laboratorio : Como primer intento, se trató de separar los componentes del desecho por flotación, moliendo la muestra a un tamaño pequeño (5 mm de diámetro) y con una concentración de un gramo por litro (1 gr/lit), obteniéndose resultados negativos ya que la celulosa envuelve a la fibra y el polietileno al grado de hacerlos precipitar y evitar con ello la separación.

Como segundo intento, se aumentó el tamaño de muestra, siendo esta de forma cuadrada y con longitudes por lado de 4 cm, obteniéndose resultados positivos, ya que la película de polietileno conjuntamente con la fibra flotan en la superficie del agua, mientras que la celulosa (algodón y papel) precipitan, lo que demuestra que el tamaño de muestra es un parámetro primordial que debe ser analizado para la separación.

Por lo anterior, se decidió emplear la película de polietileno conjuntamente con la fibra en la elaboración de un material compuesto, el cual requiere que la muestra sea molida. Para ello se utilizó un molino marca FAGANI, de tres cuchillas, con motor trifásico de 5 HP, y velocidades de 1425 RPM(50 Hz), y 1725 RPM(60 Hz).

Además del tamaño de corte de la muestra, existen otros factores que determinan la eficiencia de la separación; estos factores son : la temperatura y la relación muestra/agua (concentración). Estos factores serán analizados a continuación.

Influencia de la temperatura y concentración

Se intentó la separación observando el efecto de estos parámetros en la separación, para ello se realizaron algunas pruebas utilizando un mezclador tipo planetario, marca Hobart, modelo H-50 mixer.

Tabla 3.4 : Influencia de la temperatura y conc. en la separación.

Conc (g/lt) \ T (°C)	25	12.5	10.0	5.0	1.0
20	Mala 360 min	± Mala 140 min	Regular 70 min	± Buena 30 min	Buena 7 min
50	Mala 100 min	± Mala 42 min	Regular 25 min	± Buena 15 min	Buena 5 min
93	Mala 30 min	± Mala 20 min	Regular 15 min	± Buena 10 min	Buena 3 min

Escala de la tabla anterior.

Mala : Como la concentración es muy alta, la separación es deficiente ya que la celulosa hace que la fibra y el polietileno precipiten en un 50% aproximadamente.

± Mala : Se presenta el mismo problema que en el caso anterior, pero en menor proporción (precipita aproximadamente un 30% de polietileno y fibra).

Regular : En este caso precipita aproximadamente un 20% de polietileno y fibra.

± Buena : La separación es casi completa; llega a precipitar un 10% de polietileno y fibra.

Buena : La separación es completa, ya que todo el polietileno y la fibra se encuentran flotando en la superficie del agua mientras que la celulosa precipita.

De la tabla 3.4 podemos observar que al incrementar la temperatura en un 150% (de 20 a 50°C), el tiempo de separación se reduce en un 29% (de 7 a 5 minutos), mientras que al aumentar la temperatura en un 365% (de 20 a 93°C), el tiempo de separación se reduce un 57% (de 7 a 3 minutos). Esta comparación se realizó en base a las pruebas realizadas a la concentración de 1 gr/lt, ya que son las que presentan los tiempos más cortos. Basado en lo anterior se decidió emplear una concentración de 1 gr/lt y trabajar a temperatura ambiente, ya que elevar la temperatura complica el proceso y la eficiencia de separación no se incrementa significativamente.

B) Nivel piloto : Una vez determinados los parámetros que gobiernan la separación de los componentes del desecho, se procedió a la separación de estos a nivel planta piloto. Esto se hizo en base a que uno de los objetivos es el diseñar un proceso a nivel industrial. Esta etapa se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Ing. Química de la Fac. de Química.

La separación de los componentes se basa en el proceso Hidromecánico desarrollado en el laboratorio, aprovechando las propiedades de humectación de la celulosa y la capacidad de flotación de el plástico. En este proceso, las variables que determinan la eficiencia de la separación son los siguientes

- 1) Tamaño de la muestra.
- 2) Relación muestra/agua.
- 3) Tiempo de agitación.
- 4) Tiempo de reposo.
- 5) Relación : $\frac{\text{Altura de líquido}}{\text{Diámetro del tanque}}$

Resulta conveniente indicar que a fin de no extender la investigación experimental, se analizó primero el efecto del tamaño de muestra; y una vez hecho esto, se trabajó en el análisis de la siguiente variable manteniendo constante el tamaño de muestra óptimo.

Así mismo, en la selección del proceso, se analizó el tipo de agitador a emplear. Este estudio se realizó con tanques de 700 y 210 litros, y agitadores de tipo propela y tipo turbina.

Pruebas de separación utilizando un agitador de tipo propela

Estas pruebas se realizaron en el equipo de filtro rotatorio al vacío, que cuenta con un tanque de 700 litros (sin baffles) provisto de un agitador de tipo propela marina que gira a una velocidad de 1725 RPM.

Inicialmente se trabajó con la muestra molida a un tamaño pequeño (5 mm de diámetro), obteniéndose resultados negativos (la celulosa envuelve a la fibra y al polietileno). Esto dió lugar a que se intentara de nuevo la separación utilizando un tamaño mayor de la muestra (muestra cuadrada de 4 cm por lado) y con la misma concentración (1 gr/lit), observándose que la fibra se atora en el agitador, así como la formación de vórtices que impiden que se lleve a cabo una buena separación.

En base a lo anterior, se descartó la posibilidad de utilizar un agitador de tipo propela marina.

Pruebas de separación utilizando un agitador de turbina

Basado en las experiencias anteriores con el agitador de tipo propela, se decidió cambiarlo por uno de turbina, el cual forma parte del equipo de filtro prensa, con un tanque de 210 litros y provisto de baffles. El agitador es de 2 hojas y gira a velocidad de 380 RPM. La tubería de descarga es de 2".

Los ensayos preliminares mostraron que con este agitador no existe el problema de que el material se atore en él; además no se forman vórtices (por los baffles que tiene el tanque) y el manejo del equipo es más sencillo que en el caso anterior. En base a esto

se diseñó un plan de trabajo para obtener los parámetros necesarios para el diseño del proceso; estos parámetros son los siguientes : 1) Tamaño de la muestra; 2) Relación muestra/agua; 3) Tiempo de agitación; 4) Tiempo de reposo; y 5) Relación (HL/Dt).

Resultados a nivel planta piloto

1) Efecto del tamaño de la muestra : Para determinar el efecto de este parámetro, se cortó la muestra en forma cuadrada con tamaños promedio de 2, 3, 4, 5, 6, y 7 cm por lado. Se utilizaron tiempos de agitación y reposo de 5 minutos, así como un volumen de agua de 100 litros para obtener una concentración de 1 gr/lit. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 3.3, en la cual se observa que las eficiencias máximas de separación tanto para la celulosa como para la mezcla de polietileno y fibra, ocurren para tamaños de muestra que están dentro de un rango de 9 a 25 cm².

Para los fines de el estudio realizado, se puede considerar al tamaño óptimo como 16 cm²; es decir, muestras cuadradas de 4 cm por lado.

2) Efecto de la concentración (muestra/agua) : Para el análisis de este parámetro, se mantuvieron constantes los tiempos de agitación y reposo (5 minutos), el volumen de agua (100 litros), tamaño de la muestra (16 cm²), y se varió la cantidad de muestra para de esta manera tener concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, y 2.5 gr/lt. Los resultados se muestran en la figura 3.4, en la cual se observa que para una concentración menor ó igual a 1 gr/lt, las eficiencias de separación son mayores al 95% (Tanto para la celulosa como para la mezcla de polietileno-fibra); mientras que para concentraciones mayores a 1 gr/lt, las eficiencias disminuyen, siendo más notables en las de la mezcla polietileno-fibra.

3) Efecto del tiempo de agitación : Este parámetro se obtuvo manteniendo constantes el tiempo de reposo (5 minutos), tamaño de la muestra (16 cm²), volumen de agua (100 lt), y concentración de 1 gr/lt. Los resultados se muestran en la figura 3.5, en la cual se puede observar que el tiempo de agitación tiene mayor efecto en la eficiencia de separación de la mezcla polietileno-fibra que en la de la celulosa, alcanzando valores máximos para los dos casos a partir de los 5 minutos.

4) Efecto del tiempo de reposo : Este parámetro se obtuvo manteniendo constantes el tiempo de agitación (5 minutos), tamaño de muestra (16 cm²), volumen de agua (100 lt), y concentración de 1 gr/lt; mientras que se varió el tiempo de reposo en 1, 2, 3, 5, 7, y 9 minutos. Los resultados se muestran en la figura 3-6, en la que se puede observar que el tiempo de reposo afecta de manera semejante tanto a la eficiencia de separación de la celulosa, como a la de la mezcla polietileno-fibra, alcanzando valores máximos a partir de los 5 minutos.

5) Efecto de la relación altura de líquido/diámetro del tanque :

En este caso se mantienen constantes los tiempos de agitación y reposo (5 minutos), tamaño de muestra (16 cm²), concentración (1 gr/lt); mientras que se varió el volumen de agua para obtener diferentes alturas de líquido, y al mismo tiempo estar variando la relación (HL/Dt). Los resultados se muestran en la figura 3-7, de la cual se obtiene que para una relación (HL/Dt) que esté dentro de un rango comprendido entre 0.76 y 0.84, las eficiencias de separación son máximas, ya que para valores menores al rango mencionado anteriormente, la eficiencia de la celulosa es relativamente baja; mientras que para valores superiores al rango de trabajo, la eficiencia de separación para la mezcla de polietileno-fibra disminuye significativamente.

NOTA : En el apéndice "B" se presentan las tablas de los datos experimentales obtenidos en esta etapa.

FIG. 3.3 : EFECTO DEL TAMAÑO DE MUESTRA

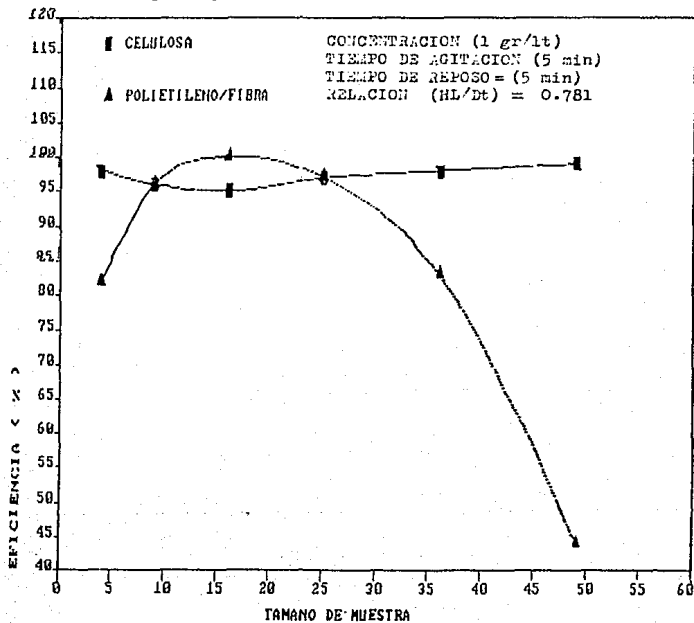


FIG. 3.4 : EFECTO DE LA CONCENTRACION

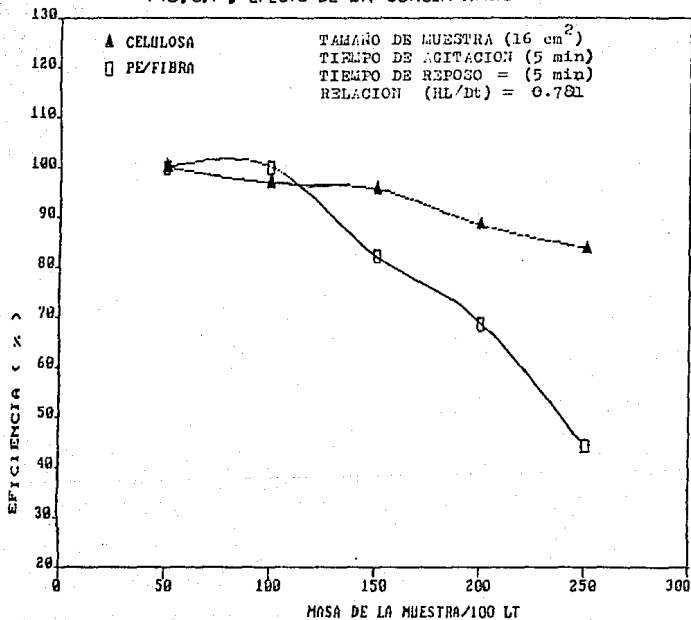


FIG. 3.5 : EFECTO DEL TIEMPO DE AGITACION

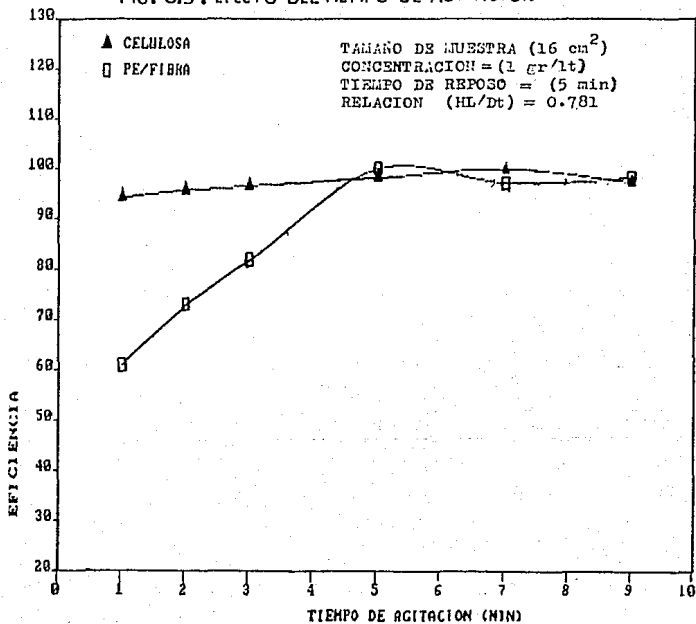


FIG. 3.6 : EFECTO DEL TIEMPO DE REPOSO

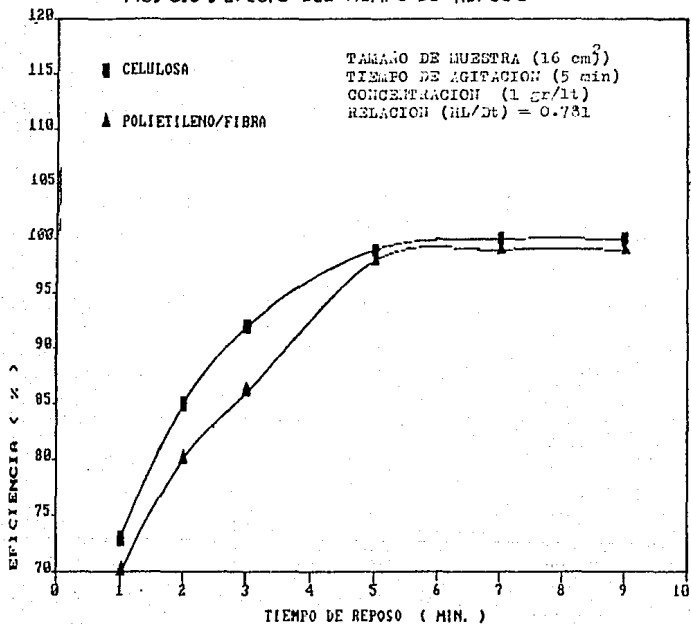
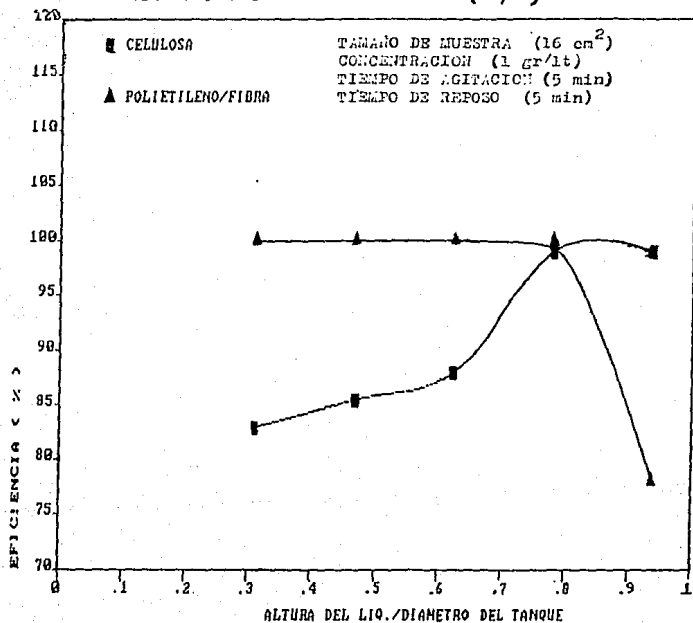


FIG. 3.7 : EFECTO DE LA RELACION (H_L/D_t)



3.4 ANÁLISIS GLOBAL DE VARIABLES DE PROCESO A NIVEL PLANTA PILOTO

En relación a las experiencias llevadas a cabo a nivel planta piloto, se seleccionan los parámetros adecuados para el diseño del proceso a nivel industrial. Los valores de estos parámetros se presentan en la tabla 3.5

Tabla 3.5 : Valores óptimos de los parámetros que afectan el proceso hidromecánico para la separación de los componentes del desecho industrial de pañales desechables.

Parámetro	Observaciones
Tamaño de muestra (Fig. 3.3)	Muestra cuadrada de 4 cm por lado. El tamaño puede variar entre 3 y 5 cm por lado, siendo el óptimo de 4 cm.
Concentración (Fig. 3.4)	Puede utilizarse una concentración máxima de 1.15 gr/lt, siendo la óptima de 1 gr/lt.
Tiempo de agitación (Fig. 3.5)	A partir de 4.5 minutos la eficiencia de separación es mayor a 95%. El tiempo óptimo obtenido es de 5 minutos.
Tiempo de reposo (Fig. 3.6)	A partir de los 5 minutos la eficiencia de separación es máxima y permanece constante para un mayor tiempo de reposo.
Relación : $\frac{\text{Altura de líquido}}{\text{Díam. del tanque}}$ (Fig. 3.7)	Puede variar entre 0.76 y 0.84 ya que dentro de este rango las eficiencias de separación son máximas.

POSIBLES APLICACIONES DE LOS MATERIALES SEPARADOS

Aplicaciones

Los productos que se obtienen de la separación (por un lado celulosa, y por otro una mezcla de polietileno y fibra) pueden tener varias aplicaciones; mismas que se señalan a continuación.

A) LA CELULOSA : puede tener un uso inmediato, ya sea para la elaboración de papel, o reciclándola para los mismos papeles. También puede utilizarse para obtener derivados de la celulosa.

En general se puede decir que la celulosa tiene un gran campo de aplicación, por lo cual no se tendrían problemas para su reutilización.

B) MEZCLA DE POLIETILENO Y FIBRA : puede tener aplicación en el campo de los materiales compuesto, ya que los ensayos mostraron que dichos materiales presentan propiedades mecánicas similares a las de los polímeros comerciales. En la tabla 4.1 se muestran los resultados de las pruebas fisicomecánicas realizadas a estos materiales compuestos.

Tabla 4.1 : Propiedades fisicomecánicas del material compuesto a partir de los componentes de los papeles desechables.

Compuesto	Resistencia a la tensión (Kg/cm ²)	
	(x)	(xx)
Polietileno/Fibra	100	75.5
Felícula de polietileno	75	----
Polietileno comercial	70-100	----

Temperatura de moldado : (ж) 180°C
(жж) 200°C

Cabe mencionar que el material compuesto se elaboró a dos temperaturas diferentes. Estas muestras de material compuesto presentan un incremento notable en la resistencia a la tensión, aún cuando la cantidad de polietileno es del orden del 60% en peso.

Lo anterior demuestra que la fibra termoplástica actúa como un agente reforzante. Sin embargo, la resistencia mecánica de los laminados preparados a 200°C es menor que la de los preparados a 180°C debido a la existencia de una degradación térmica.

Los valores de resistencia a la tensión obtenidos para los laminados, son similares a los reportados para los polietilenos comerciales.

Las muestras preparadas absorben muy poca agua (aproximadamente 1%), por lo cual pueden ser utilizados para la elaboración de láminas para techo que sustituyan a las de asbesto (como en el caso de los laminados para techo FIPLAR [15]), así como para la elaboración de juguetes y recipientes plásticos.

ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCION DEL PROCESO

Para el diseño de un proceso, es recomendable analizar diversas alternativas del proceso (o el mayor número posible), a fin de elegir la que mejor cumpla con los requerimientos pre-establecidos por el diseñador. Es por esto que se propusieron las siguientes alternativas para el proceso estudiado (mismas que se ensayaron a nivel laboratorio) :

A) Separación manual :

Experimentalmente se encontró que en promedio, una persona se para manualmente 960 gramos de desecho por hora. En este caso, la separación no es completa, ya que la capa de papel que está adherida al polietileno no se desprende totalmente; además, esto es un trabajo muy tedioso y con riesgo de que la persona encargada de eso sufra daños en las vías respiratorias.

Esta alternativa de separación se puede descartar al obtener que para procesar 70 Kg de desecho por hora, es necesario emplear a 73 personas, lo cual es un número muy elevado de personas lo que implica muchos gastos por concepto de salarios y prestaciones.

B) Separación mediante la solubilización de la celulosa :

Tomando en cuenta que la sosa (NaOH) es el solvente más común para la celulosa, sólo se hará referencia a este compuesto para analizar esta alternativa de separación. Si se supone que se van a procesar 70 Kg de desecho por hora, se requiere una cantidad elevada de sosa para disolver los 35 Kg de celulosa presentes en el desecho industrial de pañales desechables, ya que la solución deberá tener cuando menos una concentración de 18% en peso de NaOH .

Además de lo anterior, es necesario considerar un costo extra

debido al equipo y accesorios, así como de un agente precipitante para la recuperación (regeneración) de la celulosa. Así mismo, se toma en cuenta los problemas que representa el manejar NaOH (ya que es muy corrosivo), y el calentamiento necesario para que la solución de NaOH disuelva a la celulosa.

C) Separación hidromecánica utilizando agua como medio de separación

Haciendo una comparación con las dos alternativas anteriores, se llega a la conclusión de que esta es la mejor, ya que en este caso el costo mayor a realizar es por concepto de adquisición del equipo, que además no es sofisticado. Por otro lado, la celulosa se obtiene directamente y sin necesidad de regenerarla; así mismo, el agua que se utiliza como medio de separación es relativamente barata y de fácil adquisición lo que facilita el proceso, ya que es uno de los elementos principales para que este se lleve a cabo.

DISEÑO DEL PROCESO Y PREDIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

6.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso se contempla en cuatro etapas, las cuales se muestran en la figura 6.1

Etapas 1 : A un tanque provisto de un agitador, se alimenta una masa constante de desecho previamente cortado a un tamaño promedio de 16 cm^2 (tamaño óptimo) para tener una concentración constante de 1 gr/lt . La muestra se agita durante 5 minutos, tiempo suficiente para separar a la celulosa del polietileno y la fibra.

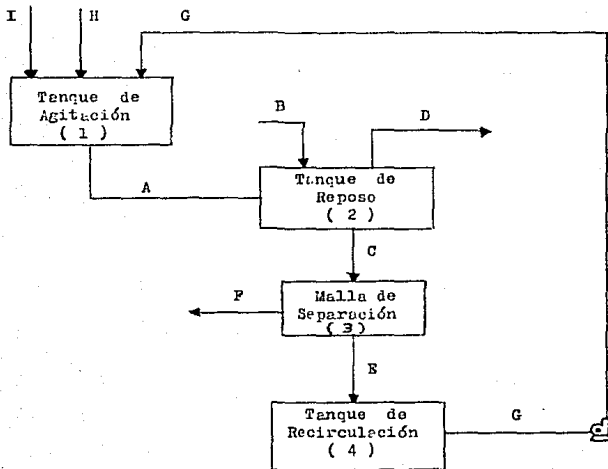
Etapas 2 : La mezcla proveniente de la etapa anterior pasa a un tanque de reposo (2) en el cual después de 5 minutos el polietileno y la fibra flotan en la superficie del agua, mientras que la celulosa precipita al fondo del tanque. En esta etapa el polietileno y la fibra se recogen de la superficie del agua.

Etapas 3 : Del tanque (2), se descarga la celulosa (en suspensión) a través de una malla en la que se separa la celulosa.

La malla transporta a la celulosa hasta un sistema de rodillos en el cual se exprime para quitarle la mayor cantidad de agua (se obtiene con una humedad promedio del 50%).

Etapas 4 : El agua que pasa a través de la malla, es descargado en un tanque (4) de donde se recircula mediante una bomba al tanque de agitación (1). En todos los tanques, los niveles de líquido permanecen constantes ya que el agua que absorben los materiales separados, se repone constantemente.

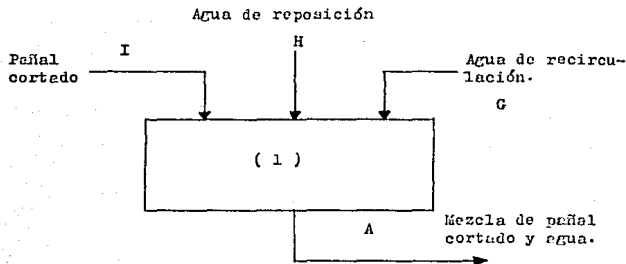
Figura 6.1 : Diagrama de bloques del proceso de separación de los componentes del desecho industrial.



6.2 BALANCE DE MATERIA

Para el balance de materia, se considera (de acuerdo a la experimentación) que tanto la celulosa como la mezcla de polietileno y fibra se obtienen con una humedad de 95 gr de agua por 5 gr de material (celulosa ó mezcla PE/F). El balance de materia se realiza de acuerdo a las secciones mostradas en la figura 6.1

1) Balance de materia para el tanque de agitación



Base de cálculo = 1 hora de proceso.

Concentración requerida en el tanque = 0.001 Kg pañal/lit de agua.

Como se van a procesar 70 Kg/hr de desecho industrial, entonces :

$$I = 70 \text{ Kg}$$

Densidad del agua (ρ) = 1 Kg/lit

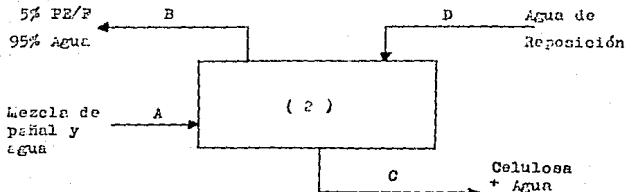
70 Kg (1 lit/0.001 Kg)(1 Kg/1 lit) = 70,000 Kg de agua.

$$G + H = 70,000 \text{ Kg de agua}$$

$$A = G + H + I = 70,000 + 70 = 70,070 \text{ Kg}$$

$$A = 70,070 \text{ Kg de mezcla}$$

2) Balance de materia para el tanque de reposo



Balance global : $B + C = A + D$

Balance de PE/P : $35 \text{ Kg} = 0.05B$

$$B = 700 \text{ Kg}$$

Como $B = D$ =====>

$$D = 700 \text{ Kg}$$

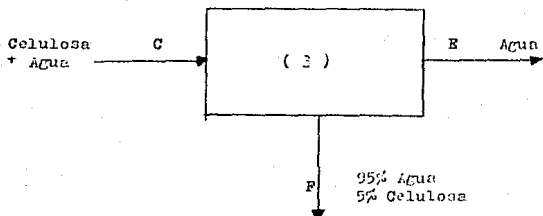
También sabemos que $C = A$ =====>

$$A = 70,070 \text{ Kg}$$

y

$$C = 70,070 \text{ Kg}$$

3) Balance de materia para la celda de absorción



Balance global : $C = E + F$

Balance de celulosa : $35 \text{ Kg} = 0.05 F$

$$F = 700 \text{ Kg}$$

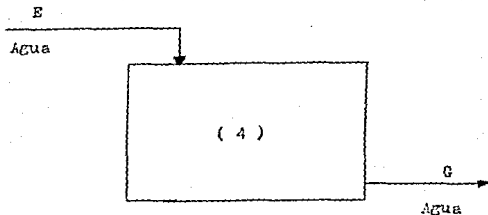
Del balance de materia para el tanque de reposo se tiene :

$$C = 70,070 \text{ Kg}$$

Entonces : $C - F = 70,070 - 70 = 60,370 \text{ Kg} = E$

$$E = 69,370 \text{ Kg}$$

4) Balance de materia para el tanque de recirculación



Del balance anterior se tiene : $E = 69,370 \text{ Kg}$

y sabiendo que : $E = G$

=====>

$$G = 69,370 \text{ Kg}$$

También se sabe que : $G + H = 70,000 \text{ Kg}$

$$H = 70,000 - 69,370 \text{ Kg}$$

$$H = 630 \text{ Kg}$$

6.3 CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

El cálculo de estos equipos está basado en los parámetros obtenidos experimentalmente, en criterios obtenidos de la literatura y en base a una producción de 35 Kg/hr de celulosa, para lo cual se requiere procesar 70 Kg/hr de desecho industrial.

Los criterios de diseño y parámetros seleccionados experimentalmente son :

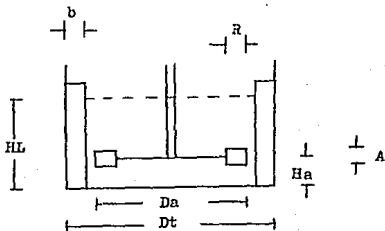
- A) Para el tanque de agitación, la altura del líquido debe ser igual al diámetro del tanque
- B) El diámetro del agitador podrá variar del 30 al 50% con respecto al diámetro del tanque de agitación
- C) El ancho del bafle es un 10% del diámetro del tanque
- D) El diámetro de la tubería de descarga podrá variar de 2 a 4"
- E) La velocidad de agitación deberá estar entre 80 y 100 RPM
- F) Los tiempos de agitación y reposo deberán ser de 5 minutos
- G) La potencia de agitación podrá variar entre 1 y 10 HP
- H) La altura de los tanques deberá ser menor a 2 metros
- I) Para el tanque de reposo, la relación altura de líquido/diámetro del tanque podrá variar entre 0.76 y 0.84
- J) El número de Reynolds de agitación deberá estar dentro de un rango de 100,000 a 1,000,000
- K) La relación : altura de líquido/diámetro del impulsor, podrá variar entre 2.7 y 3.9
- L) La relación : elevación del impulsor/diámetro del impulsor, podrá variar entre 0.75 y 1.3

El cálculo del equipo se realizó en computadora; cuyos programas se transcriben en el apéndice "B".

Diseño del tanque de agitación

El dimensionamiento de este tanque, está basado en una configuración estándar cuyas características se muestran en la figura 6.2

Figura 6.2 : Configuración estándar para el tanque de agitación.



Da = Diámetro del agitador.

b = Ancho del deflector.

Dt = Diámetro del tanque.

A = Ancho de las cuchillas.

HL = Altura del líquido.

R = Longitud de las cuchillas.

Ha = Altura del agitador.

Dimensiones del tanque de agitación

1) Un agitador de turbina de 6 hojas.

5) $HL = Dt$

2) $Da = Dt/3$

6) 4 baffles simétricos

3) $Ha = Dt/5$

7) $b = Dt/10$

4) $A = Dt/5$

El tanque de agitación se diseñó con el programa " AGIT " (Véase apéndice "A") para el cual es necesario especificar las variables siguientes :

Por requerimientos de material

- A) Concentración del desecho : En base a la experimentación, la concentración del desecho (previamente cortado) deberá ser :
 $C = 1 \text{ gr/Lt.}$
- B) Cantidad de celulosa a obtener (M) : En este caso se considera la cantidad de materia prima de que se dispone; para ello se dan las cantidades de celulosa mínima, máxima, e incremento como sigue : $M1 = 20 \text{ Kg/hr, } M2 = 50 \text{ Kg/hr, y } M3 = 5 \text{ Kg/hr.}$
- C) Porcentaje de celulosa en el desecho (FO) : Mediante el muestreo realizado al desecho, la variable FO toma un valor de 50%.
($F1 = \text{fracción en peso de la celulosa} = 0.5$).

Características del tanque

- D) Diámetro de la tubería de descarga : En base a la experimentación se fijan los diámetros mínimo, máximo, e incremento como sigue : $D1 = 1.5", D2 = 3.5", \text{ y } D3 = 0.25"$
- E) Tiempos de residencia (de agitación y reposo) : Se fijan los tiempos máximo y mínimo como sigue :
 $T1(\text{mín}) = 4.5 \text{ minutos, } T2(\text{máx}) = 5.5 \text{ minutos.}$
- F) Velocidad de agitación de la mezcla (N) : Se fijan las velocidades mínimas, máxima, y el incremento como sigue :
 $N1 = 80 \text{ RPM, } N2 = 300 \text{ RPM, y } N3 = 10 \text{ RPM (con la condición de que } 100,000 \leq Re \leq 1,000,000 \text{).}$
- G) Potencia del motor (P) : Se elige dentro de un rango de 1 a 10 HP, los cuales corresponden a la potencia máxima ($P9 = 10 \text{ Hp}$) y potencia mínima ($P8 = 1 \text{ HP}$).

Propiedades físicas del fluido

- H) Densidad de la mezcla : $S_9 = 1 \text{ gr/ml} = 62.43 \text{ lb/ft}^3$
I) Viscosidad de la mezcla : $V = 1 \text{ cp} = 6.72 \times 10^{-4} \text{ lb/ft-sec.}$

La viscosidad se midió experimentalmente, mientras que la densidad se consideró igual a la del agua ya que la concentración de muestra es muy pequeña (0.001 Kg panal/lit de agua).

Componentes mecánicos del tanque

- J) Esfuerzo permisible del acero al carbón : $S_8 = 12,500 \text{ psi}$
K) Eficiencia de la unión : $E_8 = 60\%$
L) Presión de diseño (P) : Se recomienda como mínimo 10 psig pero se toma un valor de 15 psig como seguridad.

Procedimiento de cálculo

El cálculo se inicia asignando a la concentración (C) el valor de C1, y a la cantidad de celulosa a obtener (M) el valor de M1; con esto se calcula la cantidad de desecho a procesar (M \bar{C}).

$$M\bar{C} = M/F1 \quad [\text{Kg/hr}]$$

Polietileno a obtener (M4) :

$$M4 = M\bar{C} \times 0.3 \quad [\text{Kg/hr}]$$

Cantidad de fibra a obtener (M5) :

Tomando en cuenta que el desecho industrial contiene 20% de fibra, la expresión que se utiliza para este cálculo es :

$$M5 = M0 \times 0.2 \quad [\text{kg/hr}]$$

Flujo volumétrico (Q) :

Se calcula para los valores de "C" y "M" con la siguiente expresión

$$Q = M5 / (3.6 \times C) \quad [\text{lt/seg}]$$

En seguida se realiza otro cálculo (un ciclo como el anterior) en el cual para cada redefinición de "D" (desde D1 hasta D2 con incrementos de D5) se calculan las siguientes variables :

Área transversal de la tubería de descarga (S) :

El área se obtiene para cada diámetro "D" con la siguiente expresión :

$$S = (1.27 \times D)^2 \times \pi \quad [\text{m}^2]$$

Altura del líquido en el tanque (H) :

Para cada "S" y "Q", "H" se define de la siguiente manera :

$$H = (Q \times 1000)^2 / (S^2 \times 1960) \quad [\text{cm}]$$

Diámetro del tanque (D₅) :

La altura del líquido deberá ser igual al diámetro del tanque

$$D_5 = H \quad [\text{cm}]$$

Volumen de líquido en el tanque (V₅) :

Para cada "H" y "D₅", V₅ queda definido como sigue :

$$V_5 = H \times (D/2)^2 \times \pi \quad [\text{cm}^3]$$

Tiempo de agitación (T) :

Se calcula para cada "V₅" y "Q" utilizando la siguiente expresión:

$$T = V_5 / (Q \times 60000) \quad [\text{min}]$$

Para el cálculo de las variables anteriores, se tomaron en cuenta las restricciones siguientes : El tiempo de residencia (agitación y reposo) deberá encontrarse dentro de un rango comprendido entre 4.5 y 5.5 minutos (T₁ y T₂). Si esta restricción no se cumple, entonces se incrementa el diámetro de descarga del tanque (D) y se realiza nuevamente el ciclo de cálculo (donde $D = D_1 + D_5$).

Area del tanque de agitación (A) :

Después de obtener los valores de "T" dentro de los límites establecidos, se calcula la variable " A " que representa el área del tanque de agitación. Para esto se utiliza la siguiente expresión :

$$A = \pi \times (H \times D) + (D^2/2) + (0.1 \times D \times H) / 10000$$

Espesor del acero (E) :

Si $P \leq 0.385 \times E \times S$, entonces el espesor se calcula con la expresión :

$$E = (D^2/2) \times P / (S \times E - 0.6 P)$$

Peso del tanque (P) :

Se obtiene con la siguiente expresión :

$$P = A \times E \times \rho_{\text{acero}} \quad [Kg]$$

Donde la densidad del acero al carbón es : $\rho_{\text{acero}} = 7,800 \text{ Kg/m}^3$

Diámetro del agitador (D3) :

Se especificó con la siguiente expresión :

$$D3 = D\phi / 3 \quad [\text{cm}]$$

Esto es debido a que uno de los criterios de diseño dados en la bibliografía [1], indica que el diámetro del agitador deberá estar dentro de un rango de 0.3 a 0.5 del diámetro del tanque.

Posteriormente se realiza otra subrutina de cálculo en la cual la variable "N" (RPM del agitador) toma valores desde $N = N1$ hasta $N = N2$, con incrementos de $N = N3$ para calcular el número de Reynolds de agitación y el consumo de potencia.

Número de Reynolds de agitación (R) :

Se calcula con la siguiente expresión :

$$R = (D3/30.5)^2 \times N \times S9 / (D \times 60)$$

Consumo de potencia (P) :

Para el cálculo de la potencia de agitación se utiliza la siguiente expresión :

$$P = (\Phi \rho N^3 Da^5) (NFr^{10}) / gc$$

En donde :

$$\Phi = \text{Función de potencia} = Npo / NFr^m$$

$$Npo = (P \cdot gc) / N^3 \cdot Da^3 \cdot \mu \quad (\text{régimen laminar}).$$

$$Npo = (P \cdot gc) / N^3 \cdot \rho \cdot Da^5 \quad (\text{régimen turbulento}).$$

- ρ = Densidad de la mezcla que se agita.
 N = RPS del agitador.
 D_a = Diámetro del impulsor.
 NFr = Número de Froude = $(N^2 \cdot D_a / g)$
 m = Factor de forma = $(a - \log NRe) / b$
 a y b = Constantes.

Para tanques con baffles, y a números de Reynolds mayores de 10,000; la función de potencia (ϕ) es independiente del número de Reynolds, y la viscosidad no es un factor [3]. Cambios en el número de Froude no tienen efecto. Por lo tanto, el número de potencia es igual a una constante turbulenta que está dada para diferentes tipos de agitadores en tanques con baffles.

$$N_{po} = KT$$

Basado en lo anterior, se tiene la siguiente expresión para el cálculo de la potencia :

$$P = (KT \cdot N^3 \cdot \rho \cdot D_a^5) / (gc) \times 550 \quad [HP]$$

Para calcular la potencia se tomaron en cuenta las siguientes restricciones :

Si $P < 1$ HP, entonces se aumenta la velocidad de agitación (N) en un incremento de $N3$.

Si $P > 10$ HP, entonces se aumenta el diámetro de descarga de la tubería (D) en un incremento $D5$.

Las dimensiones seleccionadas mediante el programa "AGIT" son las siguientes :

Tabla 6.2 : Resultados obtenidos para el tanque de agitación.

Parámetro	Resultado
$M\dot{V}$	70 Kg/hr
C	1.0 gr/lt
Q	19.4 lt/seg
DTA	2.5 pulg.
T	4.8 min.
$V\dot{V}$	5528 lt
HL	192 cm
$D\dot{V}$	192 cm
A	15.63 m ²
D	19.2 cm
Da	64 cm

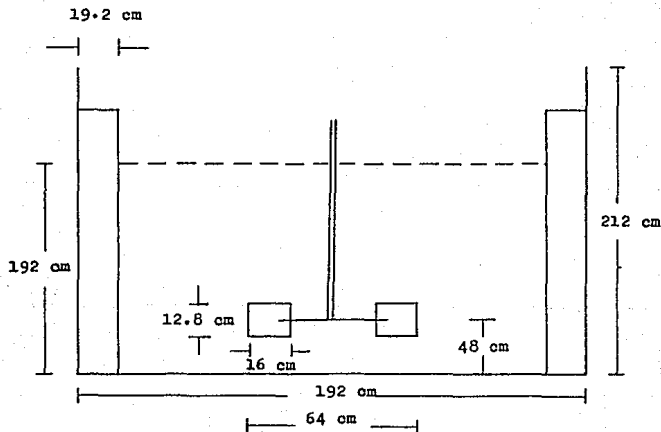
Para la operación del equipo de agitación, se seleccionaron las alternativas mostradas en la tabla 6.3

Tabla 6.3 : Alternativas para la operación del tanque de agitación.

Alternativa	NRe	ReM	Potencia (HP)
A	614,392	90	3.06
B	682,657	100	4.2
C	750,923	110	5.6
D	819,119	120	7.3
E	887,455	130	9.2
F	955,720	140	11.5

Para seleccionar una de las alternativas, se consideró a las RPM de salida que proporciona el motorreductor, y potencia de motores existentes en el mercado. En base a esto se eligió la alternativa (B), aunque de hecho se podría elegir cualquiera de ellas, ya que todas cumplen con el requisito de tener un Número de Reynolds mayor a 100,000 (manejado a nivel planta piloto).

FIG. 6.3: TANQUE DE AGITACION



Diseño del tanque de reposo

El cálculo de este tanque se realiza mediante el programa "TANQUE" (Véase apéndice "A"), en el cual se evalúa el efecto de las variables siguientes; las cuales se modifican en los intervalos señalados de acuerdo a los criterios de diseño y parámetros experimentales :

- A) Diámetro de la tubería de descarga entre 2 y 4".
- B) Tiempo de reposo para la separación, 4.5 minutos ó mayor.
- C) Relación : altura de líquido/diámetro del tanque entre 0.76 y 0.84
- D) Altura del líquido en el tanque : entre 50 y 200 cm.

Ecuaciones utilizadas

Área de descarga : $S = \pi \times ((1.27 \times D)^2)$ [cm]

Velocidad de descarga : $V = ((1960 \times H)^{0.5})$ [cm/seg]

Gasto : $Q = (S \times V) / 1000$ [lt/seg]

Volúmen de líquido : $V = \pi \times H \times ((D/2)^2) / 1000$ [lt]

Tiempo de reposo :

$$T = VL / (Q \times 60)$$

[min]

Area del tanque :

$$A = \pi \times (HxD + (D/2)^2 + (0.1 \times D \times H)) / 1000$$

[m²]

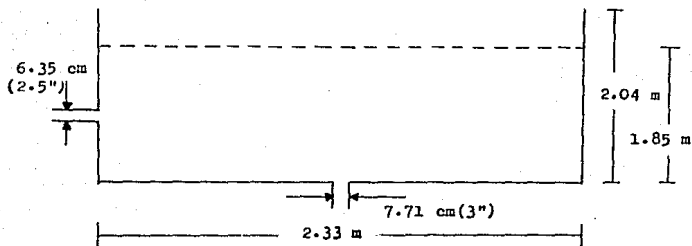
Con ayuda del programa "TANQUE", se obtienen los siguientes resultados para el dimensionamiento del tanque de reposo :

Tabla 6.4 : Alternativas obtenidas para el tanque de reposo.

Parámetro	Alternativa	
	A	B
H (cm)	185	180
Q (lt/seg)	19.4	19.4
D ϕ (cm)	233	234
VL (lt)	7894	7740
T (min)	6.76	6.63
H/D ϕ	0.7936	0.7692
D _{tub} (in)	3.0	3.0
A (m ²)	19.16	18.86

La elección de la mejor alternativa se hizo considerando el parámetro de mayor influencia en la separación; en este caso notamos que los resultados no varían mucho para las dos alternativas, pero al observar la figura 3.7 (relación HL/Dt), se obtiene que para el valor de 0.7936 las eficiencias de separación son mayores que para el valor de (HL/Dt) = 0.7692; se elige alternativa (A).

FIG. 64: TANQUE DE REPOSO



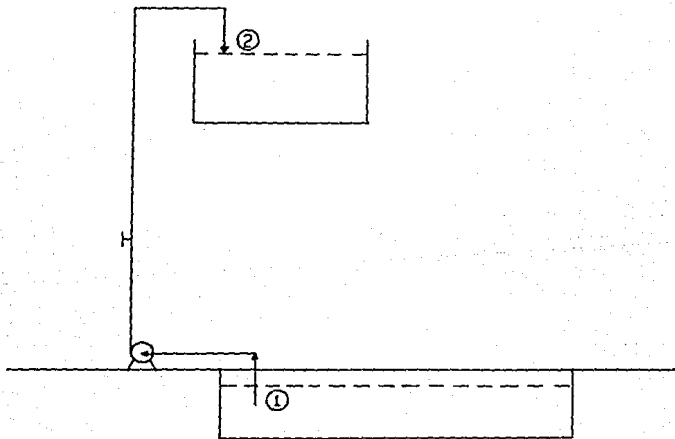
Tanque de recirculación de agua

Tomando en cuenta que este tanque deberá manejar el mismo volumen de agua que el tanque de reposo, podría tener las mismas dimensiones que este; pero considerando que los tanques se encontrarán a desnivel, es necesario reducir la altura de este tanque para que de este modo se reduzca la altura de los demás, y al mismo tiempo se reduzcan los gastos por soportes de tanques y la potencia de la bomba que recirculará el agua. Después de un pequeño análisis sobre la importancia de este tanque, se llegó a la conclusión de que podría estar enterrado (como una cisterna) y en forma de un cubo de 2.1 metros por lado. Las dimensiones de este tanque se obtuvieron al optimizar el área de construcción del mismo (área mínima).

6.4 BALANCE DE ENERGÍA

Para este balance se tomó como puntos de referencia a la superficie del líquido en el tanque de recirculación (4) que corresponde al punto "1", y la superficie del líquido en el tanque de agitación (1) que corresponde al punto "2", como se muestra en la figura siguiente :

Figura 6.5 : Puntos de referencia para el balance de energía.



El diámetro de la tubería es de 3" (calculado en el punto 6.3).

Metodología de cálculo

Para el balance de energía se utiliza la siguiente expresión :

$$\Delta E_i + \Delta E_c + \Delta E_p = Q - w'f - \Sigma P$$

Donde (ΔE_i) es el cambio de energía interna dentro de los límites de referencia, y está en función de la temperatura $E_i = f(T)$
En este caso, la temperatura permanece constante por lo cual no - existe variación en la energía interna.

$$\Delta E = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT, \quad \text{como } T_1 = T_2 \implies \Delta E_i = 0$$

(ΔE_c) es el cambio de energía cinética del sistema; y está en función de la velocidad del fluido, En este caso la velocidad es constante ya que los tanques conservan su nivel de líquido y el diámetro de la tubería es constante en el intervalo donde se realiza el balance de energía. Por lo tanto $V_1 = V_2$ y la expresión para la energía cinética es :

$$\Delta E_c = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2\alpha gc} = 0$$

(ΔE_{PR}) es el cambio de energía de presión. En este caso el proceso es a presión atmosférica por lo que este término es cero.

$$\Delta E_{PR} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = 0$$

(Q) es la pérdida o ganancia de calor en el sistema. Este término es cero ya que el proceso es a temperatura constante y no hay calentamiento ni enfriamiento en el sistema (Q = 0).

(ΔE_p) es el cambio de energía potencial debida a las posiciones de los puntos de referencia, y está en función de sus alturas. La expresión para calcularla es :

$$\Delta E_p = (z_2 - z_1) (g/gc)$$

Donde z_2 y z_1 son las alturas de los puntos de referencia, y (g/gc) es un factor utilizado para obtener consistencia dimensional.

(ΣF) es la sumatoria de las pérdidas de energía por fricción, y está en función de la longitud equivalente, la velocidad del fluido, el diámetro de la tubería, y del factor de fricción. La expresión para calcular este término es :

$$\Sigma F = f \frac{L_{eq}}{D} \frac{v^2}{2gc}$$

($-w'f$) es el trabajo que se necesita proporcionar al sistema para llevar el fluido del tanque de recirculación (4), al tanque de agitación(1). El valor numérico de ($w'f$) se utiliza para especificar la bomba que requiere el proceso. En este caso ($w'f$) tiene signo negativo ya que el trabajo se le proporciona al sistema.

En base a lo anterior, el balance de energía queda reducido a la expresión :

$$-w'f = \Delta E_p + \Sigma F$$

Datos para el balance de energía

Tubería de 3", cédula 40 de acero al carbón.

$$D = 3.058" = 0.2557 \text{ ft.}$$

$$A = 7.3931 \text{ in}^2 = 0.05130 \text{ ft}^2$$

$$Q = 19.4 \text{ lt/seg} = 307.53 \text{ GPM}$$

$$SG_{(\text{agua})} = 1.0$$

$$\rho_{(\text{agua})} = 62.3 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Temp.} = 68^\circ\text{F} = 20^\circ\text{C}$$

Resultados

$$\Delta E_p = Z(g/gc) = (13.45 \text{ ft})(32.2 \text{ ft/seg}^2)/(32.2 \text{ lbm}\cdot\text{ft/lbf}\cdot\text{seg}^2) =$$

$$\Delta E_p = 13.45 \text{ ft}\cdot\text{lbf/lbm}$$

Long. equivalente (Le) = Long. recta + Long. accesorios

$$\text{Accesorios} : L/D = 198 \text{ =====>} L_{\text{accs.}} = (L/D)(D)$$

$$\text{Long. accs.} = 198(0.2557) = 50.62 \text{ ft}$$

Longitud recta = 17 ft

$$\text{Long. equivalente} = 17 + 50.62 = 67.62 \text{ ft}$$

$$\text{Para } D = 0.2557 \text{ ft =====>} (E/D) = 0.0006 \text{ =====>} f = 0.01678$$

$$\text{Gasto (Q)} = 307.53 \text{ Gal/min} \implies V = 13.36 \text{ ft/seg}$$

$$V^2 = 178.45 \text{ ft}^2/\text{seg}^2$$

Sumatoria de fricciones (ΣF) :

$$\Sigma F = f \frac{L_{eq}}{D} \frac{V^2}{2gc} = \frac{(0.01678)(67.62 \text{ ft})(178.45 \text{ ft}^2/\text{seg}^2)}{(0.2557)(2)(64.4 \text{ lbm}\cdot\text{ft}/\text{lb}\cdot\text{seg}^2)}$$

$$\Sigma F = 12.30 \text{ ft}\cdot\text{lb}\cdot\text{f}/\text{lbm}$$

Trabajo suministrado ($-w'f$) :

$$-w'f = \Sigma E_p + \Sigma F = 13.45 \text{ ft}\cdot\text{lb}\cdot\text{f}/\text{lbm} + 12.30 \text{ ft}\cdot\text{lb}\cdot\text{f}/\text{lbm}$$

$$-w'f = 25.75 \text{ ft}\cdot\text{lb}\cdot\text{f}/\text{lbm}$$

Este valor corresponde a la cabeza de la bomba : $-w'f = H$

Potencia de la bomba (BHP) :

$$\text{BHP} = \frac{Q \cdot H \cdot \text{sgL}}{3960} = \frac{(307.53 \text{ GPM})(25.75 \text{ ft}\cdot\text{lb}\cdot\text{f}/\text{lbm})(1)}{3960} = 1.998 \text{ HP}$$

Por lo que la potencia de la bomba considerando una eficiencia del 60% es :

$$\text{BHP}_{60\%} = \text{BHP}/0.6$$

$$\text{BHP}_{60\%} = 3.33 \text{ HP}$$

Cabeza neta positiva de succión (NPSH) :

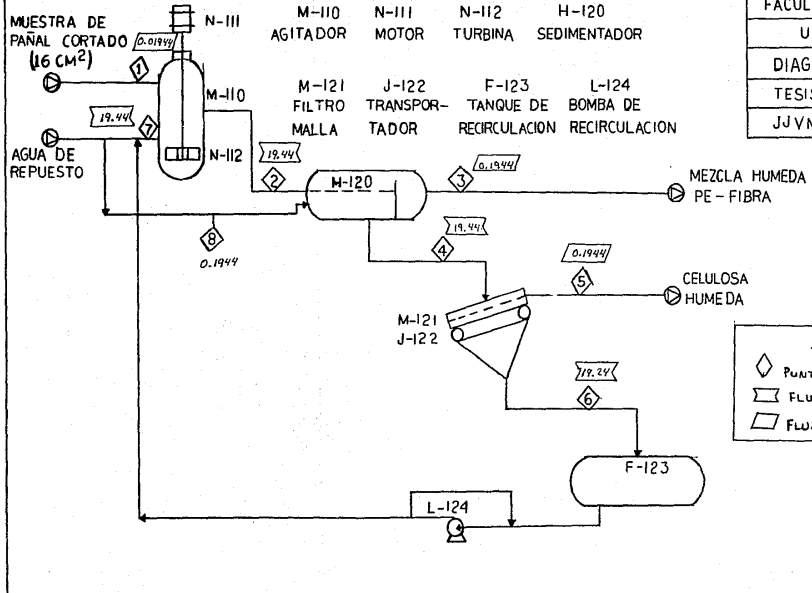
NPSH (disponible) : Se evalúa calculando la diferencia entre la presión absoluta a la succión de la bomba, y la presión de vapor de el líquido a la temperatura de flujo.

$$NPSH_D = \left[S + (P_s - P_v) \frac{2.31}{SGL} \right] - \Sigma F$$

$$NPSH_D = \left[(1.431 \text{ ft}) + (11.428 \text{ lbf/in}^2) - 0.339 \text{ lbf/in}^2(2.31/1) \right] \\ - 12.30 \text{ lbf/lbm}$$

$$NPSH_D = 14.75 \text{ ft.lbf/lbm}$$

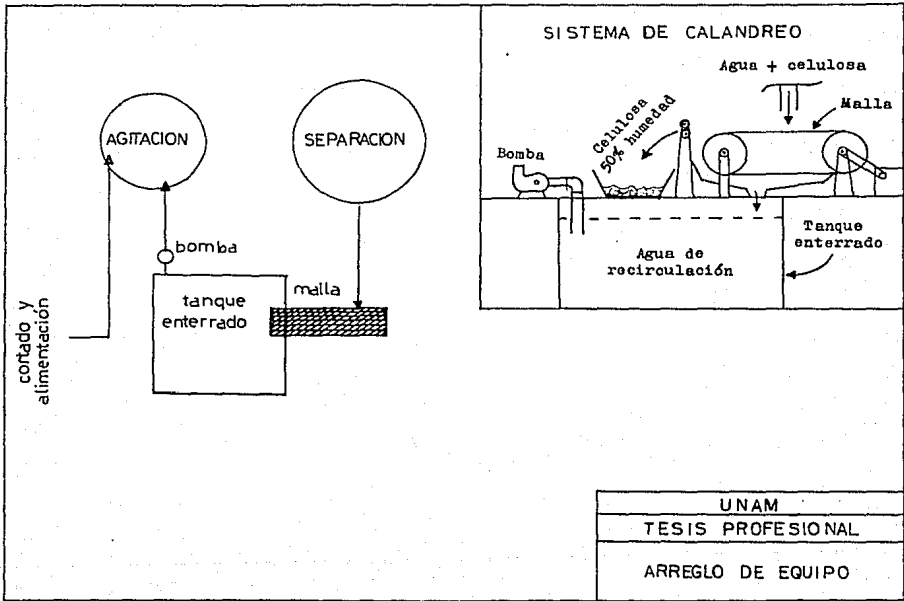
El $NPSH_{(Disponible)}$ siempre deberá ser positivo y mayor en 3 ó 5 ft del $NPSH_{(Requerido)}$ por la bomba.



CLAVE

- ◇ PUNTO DE BALANCE DE MATERIA
- ▤ FLUJO DE LIQUIDO (LT/SEG)
- ▥ FLUJO EN MASA (KG/SEG)

COMPONENTES	MUESTRA ALIMENTADA ◇	MEZCLA MUESTRA-AGUA ◇	MEZCLA HUMEDA PE-FIBRA ◇	MEZCLA CEL. AGUA ◇	CELULOSA HUMEDA ◇	AGUA DE RECIRCULACION ◇	AGUA DE ALIMENTACION ◇	AGUA DE REPOSICION ◇
POLIETILENO	0.0583	0.0583						
CELULOSA	0.00972	0.00972		0.00972	0.00972			
FIBRA	0.00388	0.00388						
AGUA		19.425	0.184722	19.43028	0.18468	19.24	19.425	0.1944
TOTAL	0.01944	19.44	0.1944	19.44	0.1944	19.24	19.425	0.1944



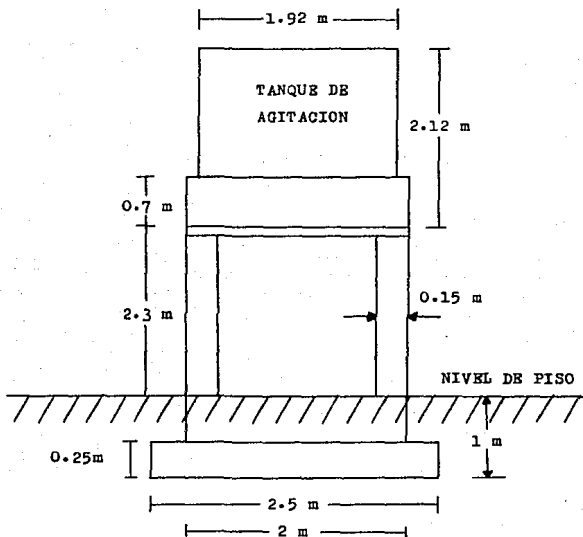
UNAM
TESIS PROFESIONAL
ARREGLO DE EQUIPO

CIMENTACION PARA TANQUE DE AGITACION

En esta tesis no se incluye la memoria de cálculo de las cimentaciones, solo se muestran los resultados.

Peso total del tanque = 6563 Kg.

Se diseñó una cimentación de concreto para soportar un peso de 7,000 Kg.

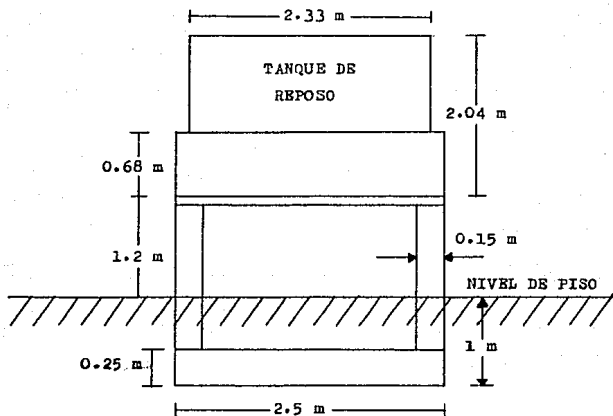


CIMENTACION PARA TANQUE DE REPOSO

Peso total del tanque = Peso del tanque de acero + peso de líquido (mezcla) + peso de accesorios

El acero al carbón es de 1/4" de espesor y $\rho = 7800 \text{ Kg/m}^3$.
Peso total del tanque = 8843 Kg.

Se diseñó una cimentación de concreto para soportar un peso de 10,000 Kg.



ESTUDIO DE PREINVERSION

7.1 INTRODUCCION

El estudio se integra con base en la Tecnología desarrollada en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, y en la Facultad de Química, para el posible aprovechamiento de desperdicios industriales plasticelulósicos mediante un proceso continuo.

La capacidad de producción considerada para este proceso es de 67,200 Kg/año de celulosa, así como la misma cantidad de una mezcla polietileno-fibra (60:40) que se considera como un material compuesto.

En lo que respecta a la localización de la planta, en este estudio se recomienda atender a factores de materia prima y productos obtenidos. Se sugieren a nivel de macrolocalización, los parques industriales de los Estados donde se encuentran las plantas elaboradoras de papeles desechables, fábricas de plásticos a base de materiales compuestos (FIPLAR), y papel.

En el aspecto de inversiones, costos, y gastos; se fundamentó la estimación a precios corrientes del mes de marzo de 1989, con una inversión total de \$ 199,867,000 M.N., considerando para inversión fija \$ 170,467,000 M.N., y para gastos previos a la producción \$ 29,400,000 M.N. Se estimó el gasto anual de operación de la planta en \$ 151,153,000 M.N., correspondiendo \$ 98,618,000 M.N. a costos directos de producción, y \$ 52,535,000 M.N. a costos administrativos y de ventas.

El análisis financiero cubrió un horizonte de 10 años de operación simulada en la que se considera un precio de venta igual a \$ 4,000/Kg de celulosa, y \$ 1,000/Kg de mezcla polietileno-fibra.

La Tasa Interna de Retorno para este proceso es de 38.5%, con un período de amortización igual a 2.5 años.

7.2 CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA

Capacidad de la planta : Dentro del marco indicado, y atendiendo a consideraciones técnicas de escala en la producción, se fundamentó el desarrollo del estudio con una capacidad teórica de 134,400 Kg por año, de los cuales serán 67,200 Kg de celulosa y 67,200 Kg de una mezcla polietileno-fibra termoplástica.

Al considerar los factores de eficiencia propios de cada una de las etapas del proceso, se llega a una capacidad real de 127680 Kg/año de producto (50% de celulosa y 50% de polietileno-fibra) operando la planta un turno/día, y con una eficiencia del 95%.

Para este estudio, se hace la consideración de que la planta operará en el primer año al 80% de su capacidad, en el segundo año operará al 90%, y a partir del tercer año operará al 100%.

Localización de la planta : En atención al nivel de detalle que corresponde al estudio y a la fundamentación modular que se le ha dado, el análisis de alternativas de localización de la planta se estima satisfecho con las siguientes consideraciones básicas :

- A) El destino de la producción implica distribución a nivel nacional principalmente; debido a esto la planta deberá localizarse en un centro industrial bien comunicado con plantas de fabricación de papel y laminados plásticos.
- B) El proceso no presenta requerimientos especiales en cuanto a servicios, por lo que este factor no es significativo para la localización de la planta.
- C) La disponibilidad del desecho industrial de pañales desechables si es un factor determinante en la localización de la planta , (preferentemente cerca de las industrias que fabrican pañales desechables).

Basado en los factores indicados anteriormente para la descentralización de la industria, a nivel de prelocalización se proponen parques industriales que oferten los diferentes Estados de la República, y que satisfacen los requerimientos de comunicación, servicios, y disponibilidad de mano de obra básica.

Para los efectos cuantitativos del estudio, se han tomado como promedio tanto de terreno como de metro cuadrado de construcción en los parques industriales de Querétaro y Tlalnepantla Estado de México.

La disponibilidad del desecho industrial de paales desechables es del orden de 240,000 Kg anuales, a un precio de \$300/Kg.

7.3 INVERSION FIJA

La inversión fija corresponde a los gastos por concepto de terreno, construcción, maquinaria, equipo auxiliar, y obras complementarias.

Terreno : Se hace la consideración de que la planta se establecerá en alguno de los parques industriales productores de papales de secables, papel, y plásticos. El costo promedio del terreno es \$60,000/m², y considerando adquirir 500 m², el costo por concepto de terreno es :

\$ 30,000,000 M.N.

Construcciones : Se divide en las tres secciones siguientes :

- Áreas de trabajo y bodegas

Se considera una nave de 200 m² a un costo de \$ 250,000/m² que incluye piso industrial, estructura para techo de arco de flecha, cubierta y paredes con puerta de acceso e iluminación.

Costo (miles)

\$ 50,000

- Áreas de servicio y oficinas

El área considerada es de 100 m², con un costo promedio de \$ 250,000/m².

\$ 25,000

- Obras exteriores

Incluye : estacionamiento, área de maniobras para camiones, áreas pa-

ra recepción de materia prima y
retiro de producto. Se conside-
ran 200 m² a un costo de
\$ 60,000/m²

Costo (miles)

\$ 10,000

TOTAL POR CONSTRUCCIONES = \$ 85,000

Maquinaria : Se compone básicamente por el equipo de proceso, que es el siguiente :

- Tanque de agitación con capacidad para 6,200 litros, con cuatro baffles simétricos.
- Agitador de tipo turbina con 6 hojas planas, motor de 5 HP (1750 RPM) y motorreductor con relación de reducción 18:1
- Tanque de reposo con capacidad de 8,000 litros.
- Equipo de calendreo que incluye malla, engranes, motor y motorreductor.
- Tanque de recirculación (de concreto) con capacidad de 8,000 lt.
- Bomba centrífuga con motor de 4 HP.
- Molino de cuchillas con motor de 7.5 HP y una capacidad de producción igual a 120 Kg/hr.

En el apéndice "B" se presentan las cotizaciones de estos equipos. La cotización de los tanques (agitación, reposo, y recirculación) incluye material, mano de obra (20% del costo de material) , e ingeniería (15% del costo de material).

TOTAL POR COSTO DE = \$ 39,970,288 MAQUINARIA

Resumen de la inversión fija

Concepto	Cantidad (miles \$)
Terreno	30,000
Construcciones	85,000
Maquinaria	39,970
Subtotal	154,970
Imprevistos (10%).....	15,497
TOTAL	170,467

7.4 GASTOS PREVIOS A LA PRODUCCION

Datos en miles

- Estudio de preinversión : Se estima como 2% del costo de inversión fija. \$ 4,000
- Inversiones preparatorias : Se considera la limpieza y preparación del terreno. \$ 4,000
- Ingeniería básica y de detalle : Se estima como el 15% del costo del equipo. \$ 6,000
- Manejo del proyecto : Se estima como el 1% de la inversión fija. \$ 2,000
- Instalación y arranque : Se estima como el 20% del costo de maquinaria. También se toman en cuenta costos por insumos durante el arranque. \$ 8,000
- Capacitación de personal : Se estima como el 1% del costo de maquinaria. \$ 400
- Organización de abastecimiento : Son los gastos necesarios para organizar la empresa y establecer el abastecimiento de materia prima (desecho industrial). \$ 1,000
- Establecimiento de conexiones : Son los gastos necesarios para contratos de luz, agua, teléfono, etc. \$ 2,000

- Gastos legales y otros :

Se consideran honorarios de abogados y escrituraciones. \$ 2,000

Resumen de los gastos previos a la producción

Concepto	Cantidad (miles de \$)
Estudio de preinversión	4,000
Inversiones preparatorias	4,000
Ing. básica y de detalle	6,000
Manejo del proyecto	2,000
Instalación y arranque	8,000
Capacitación de personal	400
Org. de abastecimiento	1,000
Establecimiento de conexiones	2,000
Gastos legales y otros	2,000
TOTAL por gastos previos a la producción = \$ 27,400	

7.5 COSTOS DE OPERACION

- COSTOS POR INSUMOS : Se consideran los gastos por materia prima, la cual tiene un costo de \$ 300/Kg; y debido a que se procesan 70 Kg/hr, se requieren 134,400 Kg para trabajar un turno por día y 20 días por mes. \$ 40,320,000

- COSTOS DE TRABAJO :

a) Mano de obra directa : Se consideran los sueldos del personal técnico y auxiliares de la planta. Se excluyen los del personal administrativo. Los costos anuales por concepto de salarios y prestaciones incluyen 11% de seguro social, 5% de INFONAVIT, 1% sobre educación, 10 días de aguinaldo, y 10 días de vacaciones.

Personal considerado

Concepto	Sueldo mensual	# personas por turno.	Sueldo y prestaciones anuales.
Obrero	400,000	5	29,413,000
Ingeniero	1,200,000	1	10,295,000

TOTAL por mano de obra directa. = \$ 47,061,000

Se hace la consideración de que sólo se trabajará un turno al día.

b) Servicios : Se consideran gastos por consumo de agua y energía eléctrica.

CONSUMO DE AGUA : En la Cd. de México el metro cúbico de agua cuesta en promedio \$ 700. En este caso se utilizarán 10 m³/día por lo que :

\$ 560,040/año

ENERGIA ELECTRICA : Se toma en cuenta que el costo del KW-hr es de \$ 62, y que un HP consume 0.7457 KW.

Concepto	Consumo (KW)	Costo(\$ /año)
Motor de 5 HP	3.73	444,019
Motor de 4 HP	3.00	357,120
Motor de 1 HP	0.75	89,180
Motor de 7.5 HP	5.00	600,624
Iluminación	1.00	119,040
TOTAL por concepto de energía eléctrica. = \$ 1,676,063		

c) Refacciones : Para el equipo utilizado, se estima un costo por año de \$ 2,000,000

TOTAL POR COSTO DE TRABAJO = \$ 51,298,000

- COSTOS DE FABRICA :

a) Mantenimiento : Los gastos anuales por mantenimiento y obras complementarias de maquinaria, equipos auxiliares, y construcciones se calculan de acuerdo a los porcentajes señalados a continuación :

Concepto	Porcentaje sobre costo	Costo (\$ /año)
Maquinaria y equipos	6%	2,500,000
Construcciones	5%	4,250,000
Obras complementarias	10%	-----
TOTAL por concepto de mantenimiento =		\$ 6,750,000

b) Suministros de fábrica y herramientas : Se considera como el 0.5% del costo de maquinaria y equipo.

\$ 250,000

TOTAL por costos de fábrica = \$ 7,000,000
--

- COSTOS ADMINISTRATIVOS

a) Salarios del personal administrativo : En los costos anuales por pago de salarios y prestaciones, se incluye el 11% sobre sueldo mensual por concepto de seguro social, 5% por INFONAVIT, 1% por concepto de educación, 10 días de aguinaldo, y 10 días de vacaciones.

Personal considerado

Concepto	Sueldo mensual (\$)	# personas por turno	Número de turnos	Sueldo y prestaciones anuales.
Contador	1,000,000	1	1	14,707,000
Compras	600,000	1	1	8,824,000
Secretaria	600,000	1	1	8,824,000
TOTAL de salarios del personal administrativo =				\$ 32,355,000

b) Material de oficina : Para la plantilla considerada, se estima un costo anual de \$ 1,200,000 (\$ 100,000/mes).

c) Gastos legales, impuestos prediales y otros :

Se estiman costos anuales de \$ 5,000,000

Resumen de costos administrativos

Concepto	Costo (\$ / año)
Salarios del personal admino.	32,355,000
Material de oficina	1,200,000
Gastos legales, imp. predial, otros	5,000,000
TOTAL de costos administrativos =	\$ 38,555,000

COSTOS DE VENTA : Son los gastos debidos a salarios de vendedores, prestaciones a vendedores, comisiones, propaganda, y comunicaciones en ventas.

- Salarios de vendedores : Se considera un vendedor con un sueldo base de \$ 250,000 por mes.

TOTAL anual = \$ 3,000,000

- Prestaciones : Como prestaciones especiales a vendedores se consideran viáticos, gastos de automóvil, gastos medianos, y 60% de el sueldo base.

TOTAL anual = \$ 1,800,000

- Comisiones a vendedores : Se estima en un 2.5% sobre ventas, con base en 127,680 Kg de producto anual(63,480 Kg de celulosa y una cantidad igual de mezcla polietileno-fibra) con comisión de \$ 62.5/Kg vendido.

TOTAL anual = \$ 7,980,000

- Comunicación en ventas : Se estima un costo anual de \$ 1,200,000

Resúmen de costos de venta

Concepto	Costo anual (\$ '1.00)
Salarios a vendedores	3,000,000
Prestaciones " "	1,800,000
Comisiones " "	7,980,000
Comunicaciones en ventas	1,200,000
TOTAL de costos de venta	== \$ 13,980,000

Resumen de los costos de operación

Concepto	Costo anual (\$ /año).
Costos de insumos	40,320,000
Costos de trabajo	51,298,000
Costos de fábrica	7,000,000
SUBTOTAL: costos directos de producción	98,618,000
Costos administrativos	38,555,000
Costos de venta	13,980,000
TOTAL : costos de operación	== \$ 151,153,000

DEPRECIACIONES

Los gastos por depreciaciones se consideran sobre los valores de la inversión fija, en construcciones, maquinaria y equipos auxiliares.

Concepto	Inversión	% Deprec. anual	Costo anual
Construcciones	55,000,000	5.0	4,250,000
maquinaria y equipo	39,970,000	10.0	3,997,000
		TOTAL =	\$ 8,247,000

CONSIDERACION DE COSTOS ANUALES DE OPERACION (miles de pesos)
EN EL HORIZONTE DEL PROYECTO

PERIODO	I N I C I O			P L E N A P R O D U C C I O N								
	A Ñ O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE PRODUCCION (M)		102,144	114,912	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680
COSTOS POR INSUMOS		32,256	36,288	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320
COSTOS DE TRABAJO		51,296	51,298	51,298	51,298	51,298	51,298	51,298	51,298	51,298	51,298	51,298
COSTOS DE FABRICA		7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
COSTOS ADMVOS.		30,555	30,555	30,555	30,555	30,555	30,555	30,555	30,555	30,555	30,555	30,555
COSTOS DE VENTA		13,980	13,980	13,980	13,980	13,980	13,980	13,980	13,980	13,980	13,980	13,980
COSTOS OPERACIONALES TOTALES		143,069	147,121	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153

(M) Kg/año

Se hace la consideración de que en el año (1) se trabaja al 80% de la capacidad de producción, en el año (2) al 90%, y a partir del año (3) al 100%.

COSTOS DE PRODUCCION (miles de pesos)

PERIODO	I N I C I O			P L E N A P R O D U C C I O N								
	A N O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE PRODUCCION (M)	102,144	114,912	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680
COSTOS OPERACIONALES	143,089	147,121	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153	151,153
GASTOS FINANCIEROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEFRECIACION	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247
COSTOS TOTALES DE PRODUCCION	151,336	155,368	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	151,336	151,336
COSTO DE PRODUCCION (MM)	1.481	1.352	1.248	1.248	1.248	1.248	1.248	1.248	1.248	1.248	1.248	1.248

(M) Kg/año

(MM) \$/año

7-7 CAPITAL DE EXPLORACION

El capital de trabajo o de explotación es técnicamente el dinero que la empresa debe proporcionar a la producción antes de que pueda recuperar este dinero a través de los ingresos logrados por la venta de esta misma producción. Se calcula considerando los siguientes puntos :

- Cantidad promedio de materia prima y otros en el almacén (refacciones) y los plazos en los cuales se pagarán estos.
- Duración de la fabricación de artículos y número de artículos fabricados durante este lapso.
- En el costo de producción no se considera la parte correspondiente a la depreciación, ya que esta no constituye egreso.
- Existencia promedio de artículos terminados en el almacén. Aquí se consideran las existencias promedio de artículos terminados en almacén e costos de fabricación menos depreciación.
- Cuentas por cobrar : en función de la duración promedio de la cobranza y del volumen de ventas esperado se calculan las necesidades de capital de trabajo. Se toma como base el costo de producción menos las depreciaciones correspondientes mas el costo de ventas.

Se consideran las necesidades mínimas de activos y pasivos con las siguientes coberturas :

- | | |
|-----------------------|--|
| a) Cuentas por cobrar | 30 días a costo de producción menos depreciación y gastos financieros. |
| b) Existencias | |
| Materias primas | 30 días |
| Refacciones | 180 días |
| Prod. en fábrica | 15 días a costos generales de producción (*) mas gastos administrativos. |

Efectivo en caja	15 días calculados con costo total de producción menos materias primas servicios y depreciaciones.
Cuentas por pagar	30 días pagados de materias primas y servicios.

c) El coeficiente de renovación "R" se define como :

$$R = 360/C$$

Donde "C" es el número de días de cobertura mínima.

(*) Los gastos generales de producción incluyen costos de insumos, los costos de trabajo, y los costos de fábrica.

SALDO EFECTIVO REQUERIDO EN CAJA (miles de pesos)

AÑO	C	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS DE PRODUC.			151,336	155,368	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400
MATERIAS PRIMAS			32,296	36,288	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320	40,320
SERVICIOS			2,237	2,237	2,237	2,237	2,237	2,237	2,237	2,237	2,237	2,237
DEPRECIACION			8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247	8,247
EFECTIVO EN CAJA	15	24	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525

"C" días de cobertura mínima : 15

"R" Coeficiente de renovación: 24

CAPITAL DE EXPLOTACION

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CUENTAS POR COBRAR	30	12	11,924	12,280	12,596	12,596	12,596	12,596	12,596	12,596	12,596	12,596
MATERIAS PRIMAS(1)	30	12	2,688	3,024	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360
REFACCIONES (1)	120	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
PROD. EN FABRICA(1)	9	40	2,264	2,365	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465	2,465
PROD. ACABADOS(1)	15	24	5,379	5,547	5,715	5,715	5,715	5,715	5,715	5,715	5,715	5,715
EFFECTIVO EN CAJA	15	24	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525	4,525
ACTIVOS CORRIENTES			27,780	28,721	29,661	29,661	29,661	29,661	29,661	29,661	29,661	29,661
PASIVOS CORR. (2)	30	12	2,874	3,210	3,546	3,546	3,546	3,546	3,546	3,546	3,546	3,546
CAPITAL DE EXPLOTACION			24,906	25,511	26,115	26,115	26,115	26,115	26,115	26,115	26,115	26,115
AUMENTOS DE CAP. DE EXPLOTACION			24,906	605	604	0	0	0	0	0	0	0

CORRESPONDE EN EXISTENCIAS = 1
 INCLUYE CUENTAS POR PAGAR = 2

ESTADO DE INGRESOS NETOS (miles de pesos).

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE PROD(1)	102,144	114,912	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680	127,680
VENTAS (2)	255,360	287,280	319,200	319,200	319,200	319,200	319,200	319,200	319,200	319,200	319,200
COSTOS DE PROMUC.	151,336	155,368	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400	159,400
UTILIDAD BRUTA	104,024	131,912	159,800	159,800	159,800	159,800	159,800	159,800	159,800	159,800	159,800
IMPUESTOS (42%)	43,696	55,403	67,116	67,116	67,116	67,116	67,116	67,116	67,116	67,116	67,116
UTILIDAD NETA	60,328	76,509	92,684	92,684	92,684	92,684	92,684	92,684	92,684	92,684	92,684
UTILIDAD BRUTA/VENTAS	40.74	45.92	50.06	50.06	50.06	50.06	50.06	50.06	50.06	50.06	50.06
UTILIDAD NETA/VENTAS	23.63	26.63	29.04	29.04	29.04	29.04	29.04	29.04	29.04	29.04	29.04
UTILIDAD NETA/CAP. SOC.	26.84	34.64	41.23	41.23	41.23	41.23	41.23	41.23	41.23	41.23	41.23

(1) Kg/año (2) Calculado a precio de venta promedio \$ 2,500/Kg.

CAPITAL SOCIAL = Inv. fija + Gastos previos a la producción Capital de explotación

CAPITAL SOCIAL = \$ 224,773 (miles de pesos).

7.8 TASA INTERNA DE RETORNO

Se obtiene mediante la ecuación :
$$P = \sum_{t=0}^T \frac{(fc)_t}{(1+i)^t} = 0$$
 donde "i" es la TIR.

El valor obtenido es 38.5%, el cual es bastante bueno considerando que la evaluación se hizo a pesos constantes de 1989, y que la tasa de interés bancaria (a 365 días) estuvo oscilando entre 40 y 45%. También se debe considerar, que debido a la situación económica del país, la tasa bancaria tiende a la baja.

El flujo de efectivo a la Tasa Interna de Retorno obtenida, es el que se muestra a continuación :

ANO	FLUJO DE EFECTIVO NORMAL (*)	FLUJO DE EFECTIVO (*) AL 38.5%
0	-199,867	-199,867
1	60,334	43,562
2	76,509	39,885
3	92,684	34,886
4	92,684	25,188
5	92,684	18,187
6	92,684	13,131
7	92,684	9,481
8	92,684	6,845
9	92,684	4,943
10	92,684	3,589

(*) Cifras en miles de pesos.

7.9 TIEMPO DE RECUPERACION

El tiempo de recuperación obtenido es de 2.5 años, el cual se considera aceptable. Esto se puede observar en la tabla siguiente:

<u>AÑO</u>	<u>FLUJO DE EFECTIVO (*)</u>	
	<u>ANUAL</u>	<u>ACUMULADO</u>
0	-199,867	-199,867
1	60,334	-139,533
2	76,509	-63,024
3	92,684	29,660
4	92,684	122,344
5	92,684	215,028
6	92,684	307,712
7	92,684	400,396
8	92,684	493,080
9	92,684	585,764
10	92,684	678,448

(*) Cifras en miles de pesos.

CONCLUSIONES

1.- El desecho industrial no funciona como material compuesto, ya que la celulosa (algodón y papel) le reduce notablemente sus propiedades mecánicas; por lo tanto es necesario separar a los componentes de este desecho.

2.- El proceso de separación hidrodinámico desarrollado para lograr la separación de los componentes del desecho, permite alcanzar eficiencias mayores al 95%.

3.- Los productos separados son : por un lado celulosa, y por el otro una mezcla de polietileno-fibra; que para las aplicaciones de los mismos se considera que la celulosa puede utilizarse directamente para la elaboración de papel, o para productos derivados de la misma.

La mezcla de polietileno-fibra puede utilizarse para la elaboración de materiales compuestos (como los laminados para techo FIPLAR).

4.- Debido a que las fábricas elaboradoras de pañales desechables tienen producción continua, puede decirse que la disponibilidad del desecho está garantizada.

5.- Los equipos necesarios para este proceso son sencillos y de fabricación nacional, por tal motivo no existe problema adquirirlos.

6.- En base a la evaluación financiera del proyecto, se observa lo siguiente :

- La tasa interna de retorno es bastante buena si se considera que la evaluación se realizó a pesos constantes, aunado a la tendencia decreciente de las tasas de interés bancario.

- El período de amortización se puede considerar aceptable. Cuando se examina una propuesta de proyecto única se le puede aceptar solo si el período de amortización es menor o igual que un período aceptable; este período se suele derivar de la experiencia pasada con proyectos similares. El mayor mérito del período de amortización como criterio para seleccionar proyectos es la facilidad con que se calcula.

- 7.- Si el proceso se llevara a cabo en la misma fábrica elaboradora de pañales; es decir, que se pusiera una pequeña planta dentro de la fábrica, se ahorrarían muchos gastos y la evaluación financiera arrojaría mejores resultados.
- 8.- Actualmente este desecho no se aprovecha, siendo su destino formar parte de la basura (contribuyendo a la contaminación ambiental) por lo que el proceso desarrollado, aparte de ser rentable por su beneficio económico, ayuda a combatir la contaminación por desechos plásticos con lo cual se obtiene un beneficio ecológico. Además, la elaboración de materiales compuestos a partir de los desechos plásticos, presenta un amplio desarrollo en el futuro.

APENDICES Y BIBLIOGRAFIA

APENDICE "A"

LISTADO DEL PROGRAMA AGIT PARA EL CALCULO DEL TANQUE DE AGITACION

```
10  REM "AGIT"
20  REM "CALCULO DEL TANQUE DE AGITACION PARA
    LA SEPARACION"
30  REM " DE CELULOSA DE PABALES "
40  DISP "CALCULO EN BASE A LA CELULOSA RECUPERADA"
50  DISP "CONC. DEL PABAL EN AGUA (GR/LT) :
    MIN. MAX. INCREM "
60  INPUT C1, C2, C3
70  DISP "KG/HR DE CELULOSA A OBTENER :
    MIN. MAX. INCREM "
80  INPUT M1, M2, M3
90  DISP "PORC. EN PESO DE CELULOSA EN EL PABAL"
100 INPUT F0
110 F1 = F0/100
120 DISP "DIAM. DE TUBO DE DESCARGA(INCH):
    MIN. MAX. INCREM "
130 INPUT D1, D2, D3
140 DISP "TIEMPO DE RESIDENCIA O AGITACION (MIN) :
    MIN. Y MAX: "
150 INPUT T1, T2
160 DISP ":" ESFUERZO MAX. PERMISIBLE (PSI)
    DEL ACERO "
170 INPUT S0
180 S1 = S0 * 0.07031
190 DISP "EFICIENCIA DE LA UNION EN PORCIENTO "
200 INPUT E
210 E1 = E/100
220 DISP "PRESION DE DISEÑO EN PSI"
230 DISP "SE RECOMIENDA UN MIN. DE 10 PSI"
240 INPUT P
250 DISP "VISCOSIDAD (CP) Y DENSIDAD (GR/CM3) DE
```

```

    LA SOLUCION "
260 INPUT V, S9
270 V = V * 0.000672
280 S9 = S9 * 62.43
290 DISP "RPM DEL AGITADOR : MIN, MAX, INCREM "
300 DISP "SE RECOMIENDA DE 80 A 300 RPM"
310 INPUT N1, N2, N3
320 DISP "POTENCIA DEL MOTOR MIN Y MAXIMA "
330 DISP "SE RECOMIENDA ENTRE 1 Y 10 HP"
340 INPUT P8, P9
350 PRINT "CALCULO DEL TANQUE AGITADO"
360 PRINT
370 PRINT "E ACERO CONSIDERANDO "
380 PRINT "UN ESF. MAX. DE "; S0; "PS"
390 PRINT "Y UNA EFICIENCIA DE UNION DE"; E; "%"
400 PRINT "Y PRESION DE DISEÑO DE"; P; "PSI"
410 P = P * 0.07031
420 PRINT
430 PRINT "CONC. PANAL CANTIDAD OBTENIDA"
440 PRINT "PANAL PROC. CELUL PE FIBRA"
450 PRINT "GR/LT KG/HR KG/HR KG/HR KG/HR"
460 N = 1
470 GOSUB 670
480 PRINT "FLUJO DIAM "
490 PRINT "VOLUM TUBE TIEMP ESPECIFI-"
500 PRINT "REQUE DESC RESID VOL ALTU"
510 PRINT "LT/SEG INCH MIN LT CM"
520 W = 2
530 GOSUB 670
540 PRINT "--FICACIONES DEL TINACO ANCHO"
550 PRINT "DIAM AREA PARED PESO BAFLE "
560 PRINT "CM M2 MM KG CM"
570 W = 3
580 GOSUB 670
590 PRINT "DIAM RALAC"

```

```

600 PRINT "DEL D.AGIT VEL No.POTEN"
610 PRINT "AGIT ENTRE AGIT Re AGIT"
620 PRINT "CM D.TIN RPM E-4 HP"
630 W = 4
640 GOSUB 670
650 DISP "-----TERMINADO-----"
660 END
670 REM "SUBRUT DE CALCULO"
680 PRINT "-----"
690 FOR C=C1 TO C2 STEP C3
700 FOR M=M1 TO M2 STEP M3
710 M0=M/F1
720 M4= M0 * 0.3
730 M5 = 0.2 * M0
740 Q = M0/(3.6 * C)
750 FOR D = D1 TO D2 STEP D5
760 S = (1.27 * D)^2 * PI
770 H = (Q * 1000)^2/(S^2 * 1960)
780 D0 = F
790 V0 = H * (D0/2)^2 * PI
800 T = V0/(Q * 60000)
810 IF T < T1 THEN 1050
820 IF T < T2 THEN 1050
830 A = PI * I (H*D0) + (D0/2)^2 + (0.1*D0*H) 2/1000
840 IF P > 0.38S*S1*E1 THEN 870
850 E0 = D0 * P/2 / (S1 * E1 - 0.6 * P) * 10
890 P0 = A * E0 * 7.8
900 D3 = D0/3
910 FOR N = N1 TO N2 STEP N3
920 R = (D3/30.5)^2 * N * S9/(V * 60)
930 IF R < 20000 THEN 1040
940 IF R > 1000000 THEN 1050
970 K = 6.3
980 P3 = K * S9 * (N/60)^3 + (D3/30.5)^5/(32.17)
990 P3 = P3/550

```

```

1000 IF P3 < P8 THEN 1040
1010 IF P3 > P9 THEN 1050
1020 C5 = P3/M
1030 GOSUB 1100
1040 NEXT N
1050 NEXT D
1060 NEXT M
1070 NEXT C
1080 PRINT
1090 RETURN
1100 REM "IMPRESOS"
1100 IF W > 1 THEN 1140
1120 PRINT USING 1270; C, M0, M, N4, N5
1130 GOTO 1260
1140 IF W > 2 THEN 1170
1150 PRINT USING 1280; Q, D, T, V0/1000,H
1160 GOTO 1260
1170 IF W > 3 THEN 1260
1180 PRINT USING 1290;D0, A, E0, P0, 0.1*D0
1190 GOTO 1260
1200 IF W > 4 THEN 1230
1210 PRINT USING 1300; D3, D3/D0, N, 0.0001*R, D3
1220 GOTO 1260
1230 IF W > 5 THEN 1260
1240 PRINT USING 1310; I, I2, C5
1250 GOTO 1260
1260 RETURN
1270 IMAGE X; D.D,2X,2D.D,3X,2D.D,3X,2D.D,2X,2D.D
1280 IMAGE X,2D.D,2X,D.2D,3X,D.D,3X,5D,3X,3D
1290 IMAGE 3D,3X,2D.2D,3X,D.2D,3X.X,3D,3X,2D.D
1300 IMAGE 3D,3X,D.2D,4X,4D,4X,2D
1310 IMAGE 3D,3X,3D,5X,D.3D

```

LISTADO DEL PROGRAMA "TANQUE" PARA EL CALCULO DEL TANQUE DE REPOSO

```

10 REM "TANQUE"
20 P = 15
30 S1 = 892.9
40 E1 = 0.6
50 FOR D = 2 TO 4 STEP 0.25
60 S = PI * ((1.27 * D)^2)
70 FOR M = 50 TO 200 STEP 5
80 U = ((1960 * H)^0.5)
90 Q = (S * U)/1000
100 FOR D0 = (1.19 * H) TO (1.32 * H) STEP (H/25)
110 V0 = PI * H * ((D0/2)^2)/1000
120 T = V0/(Q * 60)
130 IF T > 4.5 GOTO 200
140 IF T < 5.5 GOTO 200
150 A = PI * (H*D) + (D/2)^2 + (0.1*D*H)^2/1000
160 E0 = D0 * (P/2)/(S1 * E1 - 0.6 * P) * 10
170 P0 = A * E0 * 7.8
180 IF (H/D0) < 0.76 THEN 200
190 IF (H/D0) > 0.84 THEN 200
195 PRINT "D= "; D, "H = "; H, "Q="; Q, "D0="; D0,
      "V0="; V0, "T="; T, "A="; A, "E0="; E
      "P0="; P0, " (H/D0)="; (H/D0)
200 NEXT D0
210 NEXT H
220 NEXT D

```


APENDICE "B"

Tablas de los datos experimentales obtenidos a nivel
planta piloto

A) Efecto del tamaño de muestra

CONDICIONES : Volumen de agua = 100 lt
 Tiempo de agitación = 5 minutos
 Tiempo de reposo = 5 minutos
 Concentración = 1 gr/lt

Muestras de forma cuadrada.

Tamaño (cm ²)	Flota (gr)		Precipita (gr)		Eficiencia(%)	
	PE/F	Celulosa	PE/F	Celulosa	PE/F	Celulosa
4	36	1	8	55	82	98
9	41	2	1.5	55.5	96	96
16	48	2.6	0.0	49.5	~100	95
25	49	1.7	1.5	40.0	97	97
36	45	1.0	9.0	45.0	83	98
49	21	0.5	26	52.0	44	99

Se utiliza un agitador de turbina de 2 hojas, a 380 RPM.

PE/F : Polietileno-Fibra

La eficiencia de separación se calcula en base a que el desecho industrial contiene en promedio : 50% de celulosa y 50% de la mezcla polietileno-fibra, por lo que al utilizar 100 gramos de desecho la eficiencia se define como :

$$\eta\% \text{ Celulosa} = \frac{\text{Cel. (precipita)} - \text{Cel. (flota)}}{50 \text{ gr. de celulosa}} \times 100$$

$$\eta\% \text{ PE/F} = \frac{\text{PE/F (flota)} - \text{PE/F (precipita)}}{50 \text{ gr, PE/F}} \times 100$$

B) Efecto de la concentración

CONDICIONES : Volumen de agua = 100 lt
 Tiempo de agitación = 5 minutos
 Tiempo de reposo = 5 minutos
 Tamaño de muestra = 16 cm²

Conc. (gr/100 lt)	Flota (gr)		Precipita (gr)		Eficiencia(%)	
	PE/F	Celulosa	PE/F	Celulosa	PE/F	Gel.
50	23.0	0.0	0.0	27.0	~100	~100
100	53.0	1.5	0.0	45.5	~100	97
150	59.0	3.5	13.0	74.5	82	95.5
200	70.5	11.5	31.5	86.5	69	82
250	57.0	20.0	72.0	101	44	83.5

C) Efecto del tiempo de agitación

CONDICIONES : Volumen de agua = 100 lt
 Tiempo de reposo = 5 minutos
 Tamaño de muestra = 16 cm²
 Concentración = 1 gr/lt

Tiempo Agit. (min)	Flota (gr)		Precipita (gr)		Eficiencia(%)	
	PE/F	Celulosa	PE/F	Celulosa	PE/F	Celulosa
1	30	3.0	19	48.0	61	94.0
2	32	2.5	12	53.5	73	95.5
3	39	2.0	6	53.0	82	96.5
5	50	1.0	0.1	49.0	~100	96.0
7	38	1.8	0.9	59.0	97	99.7
9	51	1.5	1.0	46.5	98	97.0

D) Efecto del tiempo de reposo

CONDICIONES : Volúmen de agua = 100 lt
 Tiempo de agitación = 5 minutos
 Tamaño de muestra = 16 cm²
 Concentración = 1 gr/lt

Tiempo Reposo (min)	Flota (gr)		Precipita (gr)		Eficiencia (%)	
	PE/F	Celulosa	PE/F	Celulosa	PE/F	Celulosa
1	35	15.6	13	36.4	73	70
2	45	9.4	8	37.6	85	80
3	47	7.0	4	42.0	92	86
5	50	1.0	0.1	49.0	99.7	98
7	48	0.5	0.0	51.5	~100	99
9	53	0.5	0.0	46.5	~100	99

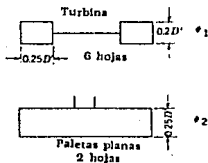
E) Efecto de la relación : (HL/Dt)

CONDICIONES : Tiempo de agitación = 5 minutos
 Tiempo de reposo = 5 minutos
 Tamaño de muestra = 16 cm²
 Concentración = 1 gr/lt

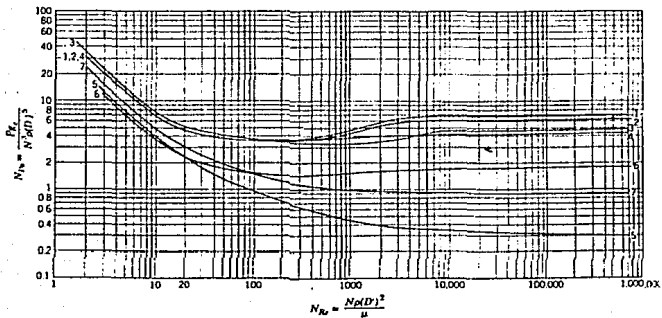
HL = Altura de líquido ; Dt = Diámetro del tanque

Altura (HL) (cm)	Volúmen (lt)	HL/Dt	Flota (gr)		Precipita (gr)		Eficiencia (%)	
			PE/F	Cel.	PE/F	Cel.	PE/F	Cel.
17.0	40	0.3113	21.7	3.0	~0.0	15.0	~100	83.0
25.6	60	0.4688	32.7	4.0	~0.0	23.5	~100	85.5
34.1	80	0.6249	41.5	4.6	~0.0	34.0	~100	88.0
42.7	~100	0.7811	47.0	2.0	~0.0	51.0	~100	99.0
51.2	120	0.9377	46.5	3.4	13.0	57.2	78	94.5

Curvas de N_{po} como función del N_{Re} para varios sistemas Tanque-Agitadores, con deflectores.



Tipo de impulsor	$\frac{D_i}{D}$	$\frac{s}{D}$	$\frac{e}{D}$	Desviadores		
				No.	$\frac{w}{D}$	h_0
Ver No. 1	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.17	1
Ver No. 1	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	2
Ver No. 1	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.04	4
La misma No. 1, curvado 2 hojas	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	3
Hélice marina, 3 hojas, paso = D'	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	5
Ver No. 2	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	6
La misma 5 pero con paso = $2D'$	3	2.7-3.9	0.75-1.3	4	0.10	7



D' = Diámetro del impulsor
 D_i = Diámetro del tanque.
 w = Ancho del desviador
 s = Elevación del impulsor.
 h_0 = Altura del líquido.

Paso = la distancia axial a la cual se podrá mover un impulsor a través de un líquido que no es blando o dúctil, durante una revolución.

5) Principios de Operaciones Unitarias,
 Alan S. Foust, et. al,
 CECSA, Méx. 1979, pag. 528

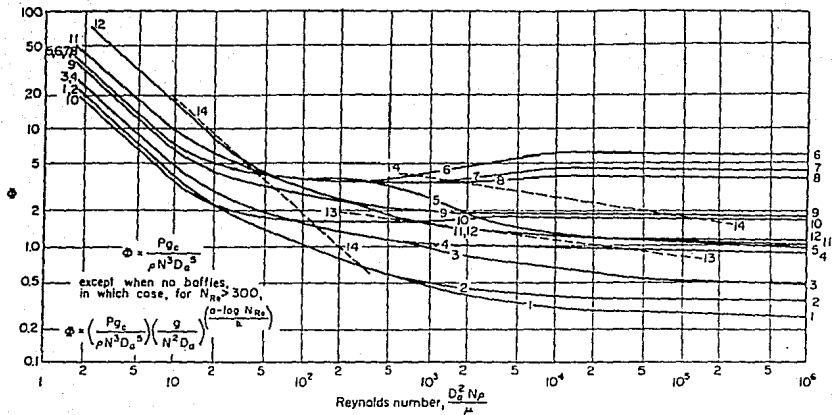


FIG. 19-29. Power characteristics of various mixing impellers: Curve 1, propeller, pitch equal to diameter, no baffles; Curve 2, propeller, pitch equal to diameter, four baffles, each $0.1 D$; Curve 3, propeller, pitch twice the diameter, no baffles; Curve 4, propeller, pitch twice the diameter, four baffles, each $0.1 D$ —also same propeller, no baffles, but off-centered position; Curve 5, flat six-blade turbine, no baffles; Curve 6, flat six-blade turbine, four baffles, each $0.1 D$; Curve 7, curved six-blade turbine, four baffles each, $0.1 D$; Curve 8, arrowhead six-blade turbine, four baffles each, $0.1 D$; Curve 9, eight-blade fan turbine, four baffles, each $0.1 D$; Curve 10, two-blade flat paddle, four baffles, each $0.1 D$; Curve 11, shrouded six-blade turbine, four baffles, each $0.1 D$; Curve 12, shrouded six-blade turbine, stator ring with 20 blades; Curves 13 and 14, paddle, no baffles. [From Rushton, Costich, and Everett, *Power Characteristics of Mixing Impellers*, *Chem. Eng. Progress*, 46, 470 (1950), by permission.]

Table 4. The Specific Gravity, Melting Point, and Moisture Regain of Some Textile Fibers^a

Fiber	Specific gravity	Melting point, °C	Regain, %
acetate (secondary)	1.31-1.33*	260 ± 0.5*	0.5*
Acrilan	1.14*	indeterminate	1.5*
Acrilan 10	1.17*	indeterminate	1.5*
Acril (triacetate)	1.30*	288*	4*
acetic (or chlorinated) wool	2.10-2.50*	indeterminate	13.0*
cotton	1.51	indeterminate	11.0*
Creslan	1.15*	indeterminate	1.5*
cuprammonium rayon	1.52-1.63*	indeterminate	11.0*
Daernu	1.38-1.40*	250 ± 1*	0.4*
Dynel	1.28-1.31*	185 ± 5.0*	0.4*
Fibrayl	1.38-1.40*	180 ± 5.0*	indeterminate
flax (hemp, jute, ramie)			12.0*
glass	2.47-2.57*		
Kodel	1.21-1.24*	283 ± 0.5*	0.4*
Lycra	1.0*	250 ± 1.0*	1.3*
nylon-6	1.12-1.15*	215 ± 0.5*	4.5*
nylon-6,6	1.12-1.15*	254 ± 0.5*	1.5*
Orlon	1.12-1.13*	indeterminate	1.5*
Orlon 21	1.17*	indeterminate	1.5*
polyethylene	0.93*	135 ± 1.0*	0.0*
polypropylene		170*	
protein	1.31		13.6*
rayon	1.48-1.53*		11.0*
Ribovyl	1.38-1.40*	180 ± 0.5*	0.0*
satun	1.62-1.75*	164 ± 0.5*	0.0*
silk (tussah silk)	1.34-1.37*	indeterminate	11.0*
Verel	1.37*	indeterminate	0.4*
Vycron	1.36*	233 ± 1.0*	
Zefran	1.19*	indeterminate	1.5*

* From 1964 ASTM Book of Standards, D 276.

* From 1964 ASTM Book of Standards, D 1909.

^a Identification of Fibers in Textile Materials, Bulletin X-156, E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc.

* Without experimental error, the data given will fit any protein fiber, ex. wool, alpaca, mohair.

- 17) S. M. Ibrahim and A. J. Ultee,
E. I. du Pont de Nemours and Co. Inc.,
Fiber Identification

Table 6. Solubility of Some Textile Fibers in Different Solvents (100:1 solvent: fiber ratio)

Fiber	Nitric acid ^a	Acetic acid ^b	Hydrochloric acid ^c	Sulfuric acid ^c	Sol. in 50% H ₂ SO ₄ ^c	Formic acid ^c	Acetic acid ^c	Sodium hydroxide ^d	Ammonium hydroxide ^e	Formic acid ^f (100°C)	Sulfuric acid ^g	Hydrochloric acid ^g	Acetic acid ^g
acetate ^h (secondary)	sol	sol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	sol	sol	sol	sol	sol
Acilan	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	partial	sol	insol	insol	insol	insol
Acilan 16	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	insol	insol	sol
Ariel ⁱ	sol	sol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	sol	insol	insol	insol	insol
acetate chlorinated wool	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Crylan	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	insol	insol	insol
cuprammonium rayon	insol	insol	insol	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Dacron	insol	insol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Dyrel	insol	sol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Fibrawool	insol	sol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	sol	insol	insol	insol	insol
glass	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Kodol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
lyons	partial	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
lyons ^k	sol	insol	sol	sol	insol	insol	insol	insol	partial	insol	insol	insol	insol
nylon-6 ^l	sol	insol	sol	sol	insol	insol	insol	insol	partial	insol	insol	insol	insol
Orlon ^m	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Orlon 21	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
polyethylene	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
rayon	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Reynol	insol	sol	insol	insol	insol	insol	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Ribban	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
satan	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
silk	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Terylene	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
tussah silk	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Varel	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol
Zelran	sol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol	insol

^a Room temp for 30 minutes.^b Room temp for 20 minutes.^c Room temp for 5 minutes.^d 30°C for 15 minutes.^e Use 3% available chlorine, 100:1 ratio at room temp for 30 minutes.^f Room temp for 10 minutes.^g Boiling for 30 minutes under reflux.^h Treat with benzyl alcohol at 50°C for 1 hour. Secondary acetate is soluble, Ariel is not.ⁱ 50% acetone is sufficient.^j Solubility only apparent; fiber actually breaks into small particles.^k Nylon types 6 and 6,6 may be separated by boiling 1:1 formic acid; nylon-6,6 is insoluble.^l To differentiate, apply ther statin.

17) H. M. Ibrahim and A. J. Ultee,
 S. I. du Pont de Nemours and Co. Inc.,
 Fiber Identification

COTIZACIONES DE EQUIPO

Concepto	Cantidad	Precio (\$) unitario	Total (\$)
Tanque de agitación	1	5,242,050	5,242,050
Baffle	4	142,413	569,652
Agitador de 6 hojas con motor de 5 HP.	1	5,220,000	5,220,000
Motorreductor (18:1)	1	1,834,000	1,834,000
Tubería de 2.5"	1 tramo	120,653	120,653
Válvula de comp. 2.5"	2	127,424	254,848
Codo de 90° de 2.5"	1	12,097	12,097
Tanque de reposo	1	6,448,896	6,448,896
Tanque de recirculación	1	2,000,000	2,000,000
Malla con engranes, motor y motorreductor	1	3,047,680	3,047,680
Bomba centrífuga con motor de 4 HP.	1	2,453,000	2,453,000
Tubería de 3"	1 tramo	158,050	158,050
Válvula de compuerta 3"	2	252,941	505,882
Válvula check de 3"	1	98,300	98,300
Codo 90° de 3"	2	17,413	34,826
Molino de cuchillas	1	12,000,000	12,000,000

Cotizaciones al mes de marzo de 1989

APENDICE "C"

Identificación de los componentes del desecho

Para la identificación de los componentes del desecho industrial de pañales desechables (polietileno, fibra termoplástica, y celulosa), se utilizaron los siguientes métodos :

- I.-- Microscópico : a) Apariencia longitudinal
- II.-- Químico : a) Solubilidad
b) Prueba a la flama
- III.-- Físico : a) Punto de fusión
b) Espectroscopía infrarroja

Esta investigación se centró más hacia la identificación de la fibra, ya que tanto el polietileno como la celulosa pueden ser identificados por su apariencia física; es por ello que sólo fué necesario realizarles algunas pruebas para comprobar que corresponden a estos materiales.

Identificación del Polietileno

Para identificar al polietileno se utilizó espectroscopía infrarroja. Al comparar el espectro infrarrojo de la muestra (Fig. 1) con el de la literatura (Fig. 2), se comprueba que efectivamente corresponden al mismo compuesto (polietileno).

FIG. 1 : ESPECTRO INFRARROJO DE LA MUESTRA

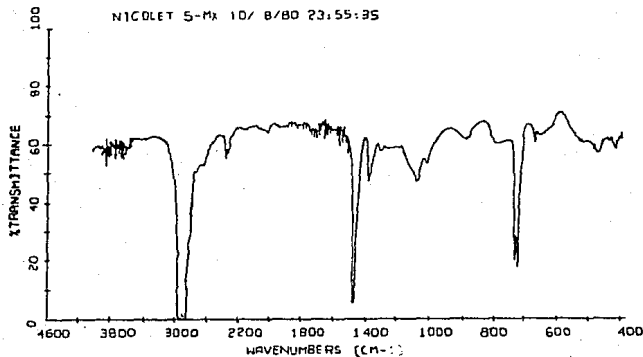
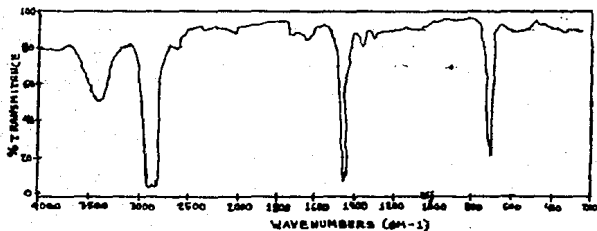


FIG. 2 : ESPECTRO INFRARROJO DEL POLIETILENO



Identificación de la celulosa

Para identificar este componente, se tomaron microfotografías para observar la apariencia longitudinal de las fibras (Figura 1) y compararlas con las que se muestran en la literatura (Figura 2).

Se puede observar que la muestra corresponde a la fibra de algodón (celulosa). Así mismo, se puede identificar por la apariencia física que presenta.

FIG. 1 : MICROFOTOGRAFIA DE
LA MUESTRA



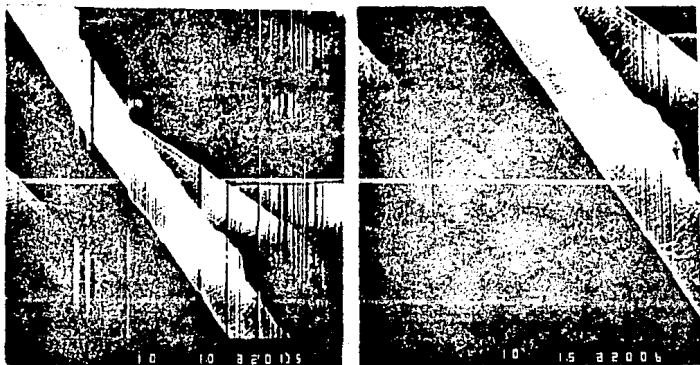
FIG. 2 : MICROFOTOGRAFIA
DEL ALGODON



Identificación de la fibra

A) Método microscópico : Inicialmente se tomaron algunas microfotografías de la fibra, las cuales presentan una apariencia longitudinal en forma de vare lisa como se reporta en la literatura para las fibras olefinicas.

MICROFOTOGRAFÍAS DE LA FIBRA



B) Métodos químicos

-Solubilidad : Se utilizaron algunos de los solventes marcados en la tabla 6 [17] con las condiciones establecidas. Los resultados se muestran a continuación :

Solvente	Observaciones
Acido Nítrico	Insoluble
Acetona	"
Ac. Clorhídrico	"
Ac. Sulfúrico (70%)	"
Hipoclorito de sodio	"
α -Dimetil formamida	"
m-Cresol	"

Comparando los resultados obtenidos (tabla anterior) con los de la tabla 6 [17], se observa que la muestra no corresponde a ninguna de las fibras que ahí se muestran, por lo cual la fibra no se identificó mediante este método.

-Prueba a la flama : Este método consiste en observar el comportamiento de la muestra (fibra) al colocarla en la flama, al retirarla de ella, y las características que presentan las cenizas. Los resultados se muestran a continuación :

Comportamiento en la flama	Comportamiento al retirarlo de la flama	Características de las cenizas
Flama color amarilla con centro azul. Fundes	Continúa ardiendo y gotea. al apagarse desprende olor a hule quemado.	Queda un plástico color gris.

C) Métodos físicos : Se obtuvo el punto de fusión de la fibra, el cual está dentro del rango 175-180°C. Al buscar en la Tabla 4 [17] se encontró que la muestra podía ser alguna de las siguientes :

Fibravil, lolielileno, ó Rhovil, ya que el punto de fusión de estas fibras está dentro del rango de punto de fusión de la muestra.

Espectroscopia infrarroja : Como consecuencia de no haber podido identificar la fibra con los métodos antes mencionados, se procedió a obtener su espectro infrarrojo (Fig. 1), que al compararlo con el espectro del polipropileno (Fig. 2) se observa que los picos si corresponden para los 2 espectros, por lo cual se llegó a la conclusión de que la fibra puede ser una poliolefina modificada.

FIG. 1 : ESPECTRO INFRARROJO DE LA MUESTRA

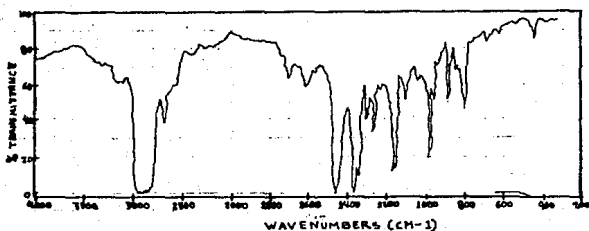
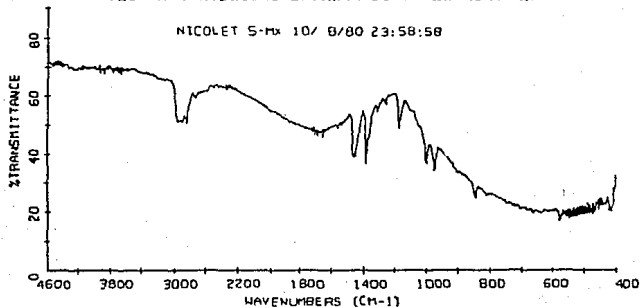


FIG. 2 : POLIPROPILENO

BIBLIOGRAFIA

- 1) Chemical Engineers Handbook, 5a. ed.,
Perry, Robert H. and Cecil H. Chilton,
New Jersey, Mc. Graw Hill, 1973
- 2) Flow of Fluides Thorough Valves, Fittings and pipe,
USA, CRANE, Engineering Division,
- 3) Unit Operations of Chemical Engineering,
Mc. Cabe, Warren L. and Julian C. Smith,
Mc. Graw Hill, 1976, cap. 9
- 4) Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants,
Ernest R. Ludwig, 1980, cap. 5
- 5) Principios de Operaciones Unitarias,
Alan S. Foust, et. al
CECOSA, Méx. 1979
- 6) Problemas de Balances de Energia,
Antonio Valiente, Rudi Primo Stivalet,
Alhambra UNAM, Méx. 1982
- 7) Diseño de equipo II, número 22,
Depto. de Posgrado Fac. de Química UNAM, 1986
- 8) Manual de cálculos de Ingeniería Química,
Nicholas P. Chokey, Tyler G. Hicks,
Mc. Graw Hill, Méx. 1988
- 9) Manual para la preparación de estudios de
viabilidad industrial,
- 10) Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química,
Gael D. Ulrich,
Ed. Interamericana, Méx. 1988
- 11) J. H. Rushton, and J. Y. Oldshue,
Mixing- Present Theory and Practice,
Chemical Engineering Progress, (Mayo 1953), Vol. 49,
No. 5, pp. 267-275

- 12) J. P. Sachs and J. H. Rushton,
Discharge flow from turbine-type mixing impellers,
Chemical Engineering Progress, (Dic. 1954), Vol. 50,
No. 12, pp. 597-603
- 13) Fred S. Hirsekorn and Shelby A. Miller,
Agitation of Viscous solid-liquid suspensions,
Chemical Engineering Progress, (Sept. 1953), Vol. 49,
No. 9, pp. 459-466
- 14) Amando Fadilla y Antonio Sanchez,
Development of a new composite material from waste polymers
natural fibers and mineral fillers,
J. Appl. Polym. Sci., Vol. 29, No. 10, pp. 2412-2505 (1984)
- 15) Amando Fadilla Ramirez,
El proyecto de los laminados para techo FIPLAR.
- 16) Paul L. Slee Smith,
Recycling Waste,
Scientific Publication, 1976 (England).
- 17) S. M. Ibrahim and A. J. Ultee,
E. I. du Pont de Nemours and Co. Inc. ,
Fiber Identification
- 18) ASTM, D 276 - 80
Standard Methods for Identification of fiber in Textiles.