



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



DESARROLLO DE LAMINADOS
A BASE DE
PVC - IXTLE

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

Tesis

Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

MARCOS CASTRO CERVANTES

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

PAGINA

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

CAPITULO I

Generalidades del policloruro de vinilo (PVC)	
Estructura, Morfología y métodos de obtención del PVC	1
Reología y procesabilidad del PVC	6
Propiedades del PVC	8
Compuestos del PVC	10

CAPITULO II

Generalidades de los materiales compuestos	
Materiales compuestos	11
Adhesión	12
Refuerzos	14
Fibra de ixtle	15
Arenas	20

CAPITULO III

Desarrollo experimental	
Introducción	21
Diseño experimental	22
Elaboración del laminado	26
Caracterización Mecánica	27

CAPITULO IV

Evaluación del proyecto

Análisis del efecto de la temperatura de moldeo en las propiedades mecánicas del laminado.	28
Análisis del efecto del tiempo de moldeo en las propiedades mecánicas del laminado.	33
Análisis del efecto que tiene el contenido de -ixtle en las propiedades mecánicas del laminado.	38

CAPITULO V

Conclusiones	42
Optimización de las variables estudiadas	
Análisis de la relación R/R_0 al variar la temperatura.	44
Análisis de la relación R/R_0 al variar el tiempo	47
Análisis de la relación R/R_0 al variar el porcentaje de ixtle.	50

	PAGINA	
Anexo A	Metodos de obtención del PVC	55
Anexo B	Aditivos y Lubricantes del PVC	58
Anexo C	Formulas empleadas en la caracterización mecánica de los laminados PVC-IXTLE	64

Bibliografía	65
--------------	----

LISTA DE TABLAS

1. Propiedades del pvc rígido y plastificado - a temperatura ambiente.
2. Propiedades generales del ixtle.
3. Porcentajes de incremento de las diferentes propiedades mecánicas al variar la temperatura.
4. Variables optimizadas.
5. Algunas propiedades comparativas entre el laminado pvc-ixtle y sus contratipos.

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa de la República Mexicana señalando la zona ixtlera.
2. Cromatograma por GPC del pvc extraído de botelas de desecho.
3. Gráfica del esfuerzo a la flexión v.s. temperatura
4. Gráfica del módulo de elasticidad v.s. temperatura.
5. Gráfica de resistencia al corte v.s. temperatura.

6. Gráfica del esfuerzo a la flexión v.s. -- tiempo.
7. Gráfica de resistencia al corte v.s. tiempo.
8. Gráfica del módulo de elasticidad v.s. -- tiempo.
9. Gráfica del esfuerzo a la flexión v.s. -- porcentaje de ixtle.
10. Gráfica del módulo de elasticidad v.s. -- porcentaje de ixtle.
11. Gráfica de la resistencia al corte v.s. - porcentaje de ixtle.
12. Gráfica de la relación laminado pvc ---- ixtle/asbesto al variar la temperatura.
13. Gráfica de la relación laminado pvc-ixtle/ triplay al variar la temperatura
14. Gráfica de la relación laminado pvc-ixtle/ asbesto al variar el tiempo.
15. Gráfica de la relación laminado pvc-ixtle/ triplay al variar el tiempo.
16. Gráfica de la relación laminado pvc-ixtle/ asbesto al variar el porciento de ixtle.
17. Gráfica de la relación laminado pvc-ixtle/ triplay al variar el porciento de ixtle.

18. Algunas aplicaciones del laminado desarro
llado.

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

En la sociedad actual, es común encontrarnos con botellas, juguetes, zapatos, mangueras, empaques, autopartes, y un sinúmero de artículos, todos ellos fabricados a base de resinas poliméricas.

Sin embargo, así como estos materiales han venido a revolucionar el mercado con diseños novedosos, costos de producción por debajo de las materias primas convencionales y comparables propiedades fisicomecánicas, también es cierto, que después de su utilización se han convertido en contaminantes, ya que son materiales no biodegradables y en consecuencia se acumulan día con día sin poder ser eliminados, poniendo en peligro la ecología de los lugares donde se depositan.

Una de las opciones que se han estudiado en el departamento de polímeros del Instituto de Investigaciones de Materiales, para dar solución a este problema, es la reutilización de desechos termoplásticos, en la elaboración de materiales de construcción.

Como elemento de refuerzo en la formulación de éstos materiales compuestos, se utilizan fibras naturales procedentes del desfibrado de ágaves (constituyendo magnífico-recurso natural renovable de las zonas áridas y semiáridas de México). Con el propósito de que estos materiales tengan resistencia al intemperismo y en especial a la radiación ultravioleta, se ha empleado un elemento en la formulación de éstos.

Arena sílica, arena de ríos, de pozos, de playas, de minas y otras similares.

Actualmente se han logrado desarrollar excelentes laminados a base de polietileno de desecho, fibra de hené-¹quen y diversos tipos de arenas. Estos laminados presentan excelentes propiedades fisicomecánicas y un bajo costo, lo que permite que sean competitivos en el mercado de los materiales de construcción.

-
1. A. Padilla, P. Fuentes, A. García, Laminados Polietileno Henéquen.

Memorias del VII Congreso Interamericano de Tecnología de Materiales, (México, D.F., 1981).

De aquí, la idea de aprovechar de manera similar los desechos del segundo termoplástico en importancia en la industria mexicana; el policloruro de vinilo (PVC), en especial el PVC rígido empleado en la elaboración de botellas y envases desechables.

Este trabajo pretende el aprovechamiento del PVC de desecho, así como, la utilización a nivel industrial de las fibras cortas de ixtle, que no son aprovechadas en toda su potencialidad, de esta manera, los objetivos planteados son:

Desarrollo y optimización de la formulación de este nuevo material.

Optimización de las variables de proceso que intervienen en la elaboración del laminado PVC-IXTLE, usando como elemento de evaluación, pruebas mecánicas de flexión.

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL POLI-
CLORURO DE VINILO
(PVC)

ESTRUCTURA, MORFOLOGIA Y METODOS DE OBTENCION DEL PVC.

El estudio de la estructura del PVC radica fundamentalmente en el análisis de los mecanismos del proceso de polimerización.

Existen diversos métodos de polimerización, mismos que se mencionan a continuación:

Polimerización en masa

Polimerización en emulsión

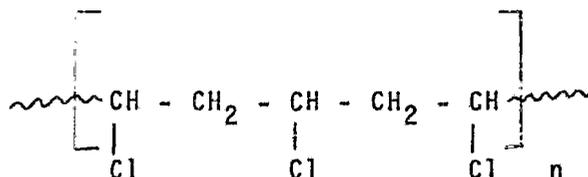
Polimerización en solución

Polimerización en suspensión

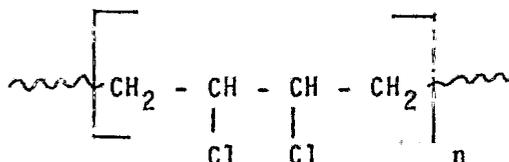
En el anexo A se hace una amplia descripción de cada uno de estos mecanismos de polimerización.

En la polimerización, la adición de unidades de monómero de cloruro de vinilo puede efectuarse mediante cualquiera de las dos siguientes formas.

La primera de ellas es cabeza con cola, resultando los átomos de cloro en posición 1, 3 como se muestra:



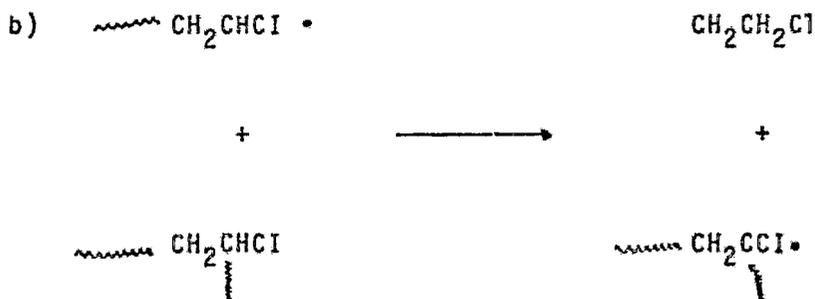
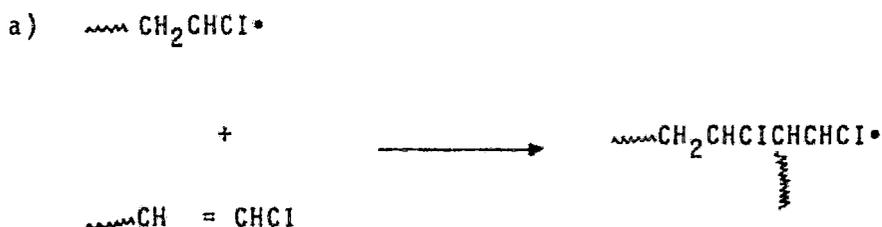
Mientras que la segunda es la unión cabeza con cabeza ó cola con cola, ubicando a los átomos de cloro en posición 1, 2.



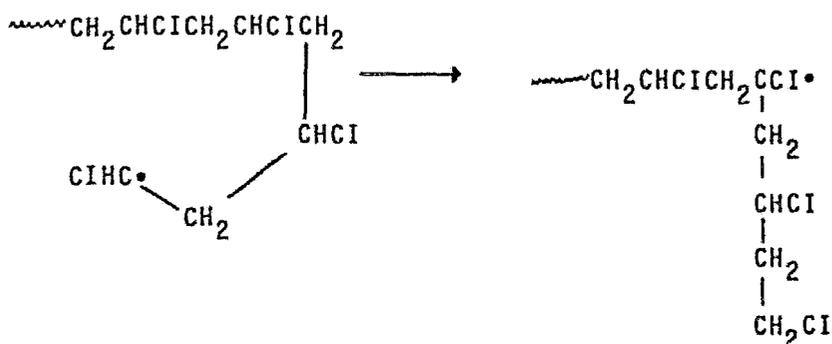
Se han desarrollado una gran cantidad de trabajos, con el propósito de dilucidar la estructura molecular del PVC, pero pese a que no se ha dicho la última palabra a este respecto, existe un concenso general de que el arreglo del polímero es esencialmente cabeza con cola².

2 - Marvel, Sample and Roy, (Journal American Chemical Society, 57, 1939) P. 79 to 81.

En la estructura del PVC, pueden existir cadenas ramificadas, esto debido a la transferencia de las cadenas del polímero o bien a la incorporación de las moléculas de dobles-enlaces a las cadenas lineales que se están formando durante la polimerización, tanto la incorporación de las moléculas de doble enlace (a) como la transferencia intermolecular (b) producen largas cadenas ramificadas, como se observa a continuación.



Por su parte la transferencia intramolecular de las cadenas dirige la formación de las cadenas ramificadas cortas, de la siguiente forma:



La proporción que existe entre las cadenas ramificadas largas y cortas no se ha definido aún pero si se sabe que, -- mientras menor es la temperatura de polimerización, la tendencia del polímero es a tener una estructura lineal, esto se explica por la menor estalpia de activación que presenta el proceso de propagación.

En relación con la morfología del polímero se presentan varios tamaños de partícula dentro de su conglomerado, los cuales se describen a continuación.

La partícula más grande tiene un diámetro de 150 a 200-micras, y es llamada "partícula primaria", a su vez está compuesta de "subpartículas" que tienen un tamaño aproximado de una micra. Por último existen las "micro partículas" que con un tamaño de 400 a 1000 Å conforman las subpartículas.

La estructura de la cadena que esta desarrollada en el interior de la partícula primaria y/o en el interior de la subpartícula juega un importante papel en la reología, proceso y propiedades finales del polímero, tal es el caso del peso molecular, la distribución de pesos moleculares y diversas propiedades más.

Así, el PVC es un polímero con características especiales, una de ellas es que presenta una estrecha distribución molecular, esto es muy significativo si comparamos el PVC -- con respecto a otros polímeros comerciales como son: Polietileno, poliestireno ó polipropileno.

REOLOGIA Y PROCESABILIDAD
DEL PVC

Dentro del universo de los polímeros, el PVC es uno de los más singulares por la reología y procesabilidad que exhibe. En principio, se tiene que al llevar a cabo ciclos térmicos repetitivos, los gránulos o partículas del PVC que se obtienen, funden cada vez a temperaturas más altas³, no es de sorprenderse entonces que, el desarrollo del proceso influya notablemente en las propiedades del material. Por supuesto el material modifica sus características al ser procesado nuevamente.

La conductividad térmica del PVC es baja y se reduce aún más con el aumento de la temperatura, esto contribuye a aumentar las dificultades del procesamiento.

3 Edward A. Collins, Principles of Melt Rheology and Polymer Processing With Application to PVC (Diamond Shamrock corporation, 1980), p 64

Se tienen antecedentes de trabajos en los que se ha estudiado la conductividad térmica del PVC. Uno de los más representativos es el siguiente⁴: Al calentar uniformemente -- una partícula de PVC. En toda la superficie externa, se pueden alcanzar temperaturas muy cercanas a la de la degradación de la resina, sin embargo en el interior de la partícula, la temperatura se mantiene relativamente baja.

Lo anterior confirma la baja conductividad térmica del PVC, lo que afecta el control de su procesamiento, ya que en muchas ocasiones se detecta tardíamente que el material está quemándose. Por esta razón se requiere que el PVC sea acompañado de aditivos y lubricantes.

4 A. Whelan & J.L. Croft, Developments In PVC Production & Processing, (Applied SCI. PUB., London, 1977)

PROPIEDADES DEL PVC

Las propiedades que presenta el PVC varían en relación directa con los aditivos en su formulación, sin embargo, un elemento importante que define las propiedades características del material es el plastificante.

De ahí que en nuestro estudio se consideran dos tipos generales de formulación: el PVC rígido y el PVC plastificado. El primero de ellos como su nombre lo indica tiene una consistencia rígida y carece de plastificante, en el caso -- del segundo, la consistencia es flexible debido a la adición de plastificante.

En la tabla N^o 1 se presentan algunas propiedades de la resina rígida y plastificada.

TABLA N° 1

PROPIEDADES DEL PVC RIGIDO Y PLASTIFICADO A TEMPERATURA AMBIENTE *

PROPIEDAD	VALORES TÍPICOS	PVC RIGIDO	P V C . PLASTIFICADO
DENSIDAD	g/cm ³	1.38-1.4	1.2-1.36
ESFUERZO DE TENSION	kg/cm ²	500-600	150-200
ELONGACION PARA RUPTURA	%	15	200-300
MODULO DE ELASTICIDAD	kg/cm ²	30,000	13,000 (25%) 500 (50%)
RESISTENCIA AL IMPACTO	cm-kg/cm ²	2	---
PUNTO DE FRAGILIDAD	°C	2	-16
DISTORCION AL CALENTARSE (VICAT)	°C	28.82	50-60
ABSORCION DE AGUA	mg/g	20	20-200

* J.A. BRYDSON, PLASTICS, MATERIALS, 2d. ed., (LONDON.: London Life Books LTD, 1969).

COMPUESTOS DEL PVC

Como anteriormente se mencionó, el PVC en su forma simple es un material rígido con una estabilidad limitada al calor y con tendencia a adherirse a las superficies metálicas cuando se calientan. Por estas razones es necesario mezclar al PVC con otros compuestos y/o aditivos para hacer de éste un material plástico útil.

De esta manera es posible producir un amplio rango de productos, que incluyen desde tuberías rígidas, hasta materiales suaves y elásticos.

Los aditivos que generalmente se mezclan con el PVC para llevar a cabo los diferentes compuestos plásticos, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- | | |
|------------------|----------------|
| 1) Plastificante | 4) Lubricantes |
| 2) Estabilizador | 5) Cargas |
| 3) Extendedores | 6) Pigmentos |

Existen otros materiales usados ocasionalmente en los compuestos de PVC, como: Retardadores de fuego, blanqueadores ópticos y algunos otros. En el anexo B se da una descripción detallada de las funciones de cada aditivo.

CAPITULO II

GENERALIDADES DE
LOS MATERIALES
COMPUESTOS

MATERIALES COMPUESTOS

Al hablar sobre materiales compuestos es imprescindible mencionar los conceptos de matriz refuerzo, interfase y adhesión.

En este caso el elaborar un material compuesto implica que exista una matriz polimérica con una interfase que aglutine los refuerzos previamente seleccionados, lo que redundará en mejores propiedades físicas, químicas y mecánicas del material.

En el tema que nos ocupa, nos interesan los llamados refuerzos fibrosos que interactúan físicamente con matrices poliméricas, para obtener propiedades mecánicas mejores que -- los materiales comerciales, constituyendo los llamados plásticos reforzados.

ADHESION

La adhesión es el factor primordial que nos limita en un alto grado, el obtener un material que posea propiedades fisicomecánicas satisfactorias.

El grado de adhesión depende no solo del área real de contacto que se logra, sino también de la magnitud de las fuerzas de adhesión que actúen convencionalmente las fuerzas de adhesión han sido divididas en dos grandes grupos⁵.

A) Fuerzas primarias (de unión química ó valencias):

Son fuerzas de gran magnitud y son las responsables de la unión directa de los átomos, tienen energías de unión que van de 20 a 250 Kcal/Mol y actúan a distancias de 1 a 2 Å.

Por estas fuerzas existen tres tipos de uniones: Unión-covalente, ionica y metálica.

B) Fuerzas secundarias (Van Der Walls):

Son fuerzas residuales de la molécula (Polares, de dispersión ó de hidrógeno) que actúan a distancias de 4 a 10 Å y sus energías de unión son bajas (2 a 12 Kcal/Mol). Este tipo de fuerzas son las responsables de la adhesión, vista como un fenómeno físico y puramente interfacial.

5 A.W. Adamson, Physical Chemistry Of Surfaces. 2d. ed.,---
(New York.: Interscience Publisher, 1962)

Para el sistema resina-fibra el fenómeno de adhesión se puede explicar a través de la teoría de adsorción. En esta teoría el proceso es puramente interfacial (distancia de contacto intermolecular de aproximadamente 5 \AA) independientemente de la naturaleza química de las fases en contacto.

En consecuencia las fuerzas secundarias (de Van Der Wa-lls.) son las responsables de la resistencia de la unión.

REFUERZOS

Los refuerzos fibrosos como su nombre lo indica son aquellos materiales en forma de fibra o filamento que se caracterizan por incrementar la rigidez, tenacidad, resistencia al impacto, temperatura de deflexión, dureza y estabilidad dimensional de las matrices en que se incluyen.

En el caso de matrices poliméricas, el refuerzo más ampliamente usado ha sido la fibra de vidrio sin embargo, el alto costo de este material y los recubrimientos ó promotores de adhesión que deben emplearse para cada tipo de matriz polimérica han obligado a buscar sustitutos. En nuestro caso, se ha sustituido la fibra de vidrio por fibras naturales de ixtle, las cuales tienen la ventaja sobre la fibra de vidrio de no requerir de promotores de adhesión, dado que ambas fases (matriz y refuerzo) son químicamente compatibles, es decir desde el punto de vista de uniones químicas, lográndose una mayor adhesión con las matrices poliméricas.

FIBRA DE IXTLE

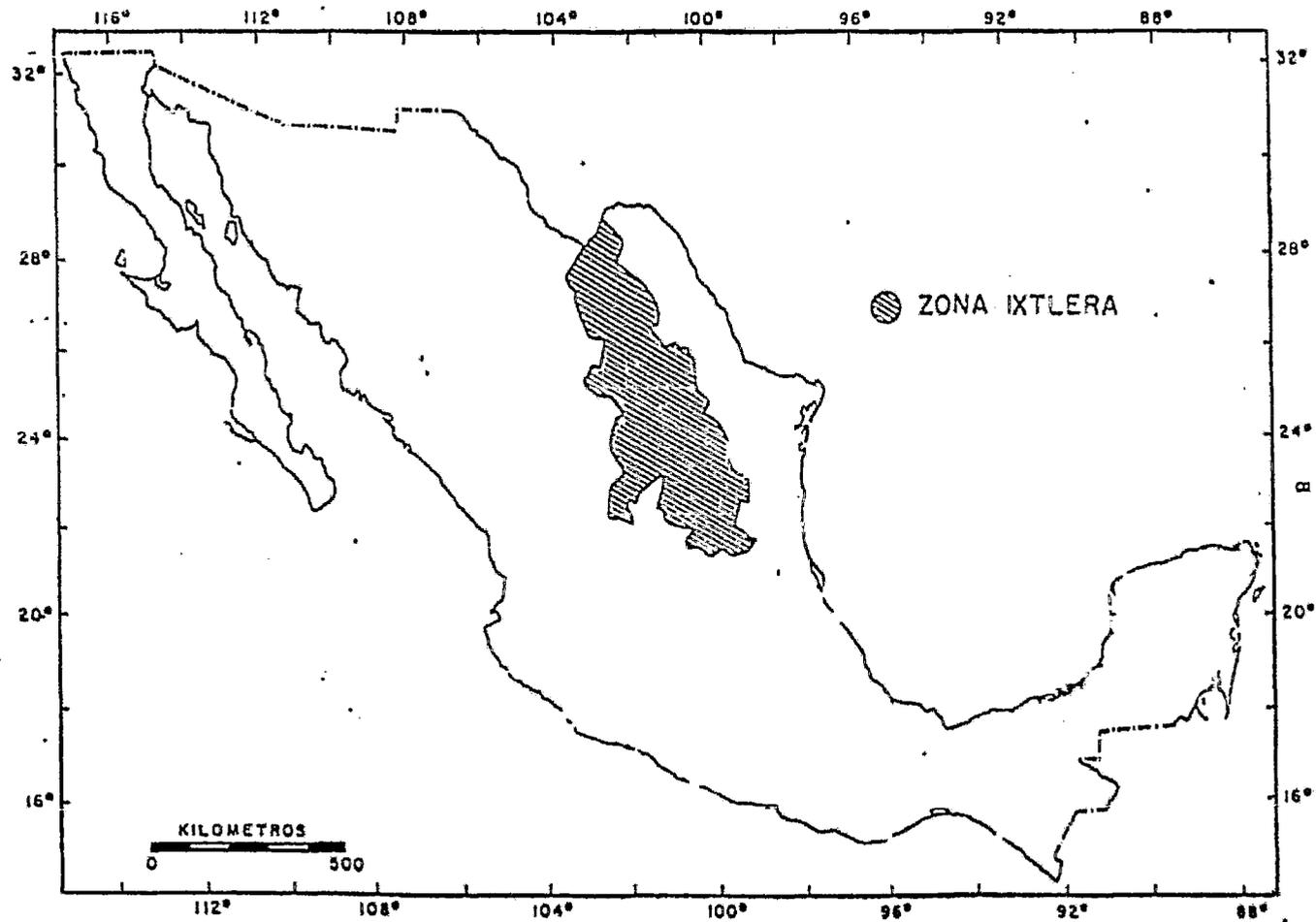
Con este nombre se conoce a la fibra que se obtiene del ágave lechuguilla, planta silvestre que crece en el noreste de la República Mexicana, como apreciamos en la figura número uno.

Se conocen tres variedades comerciales de ixtle:

- 1) Agave Lophanthu Poselgeri
Ixtle Tula
- 2) Agave Funhiana
Ixtle Jaumave
- 3) Samuela Carnerosana
Ixtle Palma

El ágave de ixtle es semejante a las pequeñas plantas - del ágave de sisal, con hojas que van de 30 cm. a 1 mt. de - ancho, la planta de ixtle palma se asemeja a un pequeño ár--bol de palma y en sus hojas se produce la fibra, que surge - de lo alto de la planta, sin embargo, las hojas del ixtle -- palma son muy pegajosas, por lo que se deben lavar por evapo--ración antes del proceso de desfibrado. El rendimiento de fi--bra es aproximadamente 15 por ciento en peso del total de ho--jas verdes.

FIG. Nº 1



El ixtle Tula es casi de color blanco y la longitud de la fibra varía de 20 a 50 cm., es la más gruesa y dura de las fibras comerciales, derivadas del ágave.

Su principal uso esta en cepillos, y en la industria mueblera como base de aglomerados.

El ixtle jaumave es más fino en textura que el ixtle Tula, y casi tan resistente y flexible como el sisal, su rango de longitud va de 30 a 75 cm. la aplicación de ésta es la fabricación de cepillos, muy semejantes a los fabricados de fibra animal.

El ixtle palma es tan fino como el ixtle Tula las fibras de éste varían en longitud de 30 a 70 cm., pero es de menor calidad, por su color amarillo y su naturaleza quebradiza.

En la tabla número dos se presentan algunas propiedades generales del ixtle.

TABLA N° 2

PROPIEDADES GENERALES DEL IXTLE*

Cantidad en toneladas por año	1,766
Valor en ¢ por lb	9
Lugar de origen	México

ANALISIS QUIMICOS DE LA FIBRA

Material	Porcentaje
Celulosa	73.48
Humedad	5.60
Ceniza	1.65
Lignita y Pectinas	17.37
Extractos	<u>1.90</u>
T o t a l	100.00

PROPIEDADES MECANICAS

Fineza -----	360 DEN
Resistencia a la tensión -----	2.5 g/DEN ³
o bien	46 PSIXIO ³
Peso relativo por esfuerzo comparable -----	200
Elongación al punto de rompimiento -----	5%
Fineza 1000 ft/lb -----	37
Esfuerzo a la tensión ^a -----	74,000
Ruptura en la tensión -----	4.5%
Rango de color normal -----	De color cer cano al blan co hasta amā rillo rojizō

- a El esfuerzo a la tensión está reportado en base a la longitud fracturada; el producto del esfuerzo a la fractura y el número de pies a las libras de hilo probado.

- * Kirk. Othmer Encyclopedia Of Chemical Technology, Fiber Vegetable, 2d. ed., (New York, : Interscience Publishers Copy Right 1968 By John Wiley and Sons, INC). p. 172

ARENAS

Se caracterizan por estar compuestas casi exclusivamente por fragmentos de rocas y cada fragmento está constituido por un solo mineral.

Si observamos una roca cualquiera veremos que esta constituida por minusculos cristalillos dispuestos el uno en contacto con el otro; mientras un guijarro de grava está constituido por un agregado de muchos cristalillos, un grano de arena está formado por un solo cristal o directamente por un fragmento de cristal. Por eso es muy difícil deducir de que clase de roca ha sido formado un grano de arena; además los granitos de arena han sido arrastrados con frecuencia a grandes distancias desde el lugar en el que se halla la roca que los origino; el arrastre tuvo lugar las más de las veces por obra de las aguas, las cuales disolvieron los compuestos más solubles de los materiales integrantes.

Así por ejemplo, las arenas del curso alto de algunos ríos contienen una alta proporción de fragmentos calcáreos - mientras que en las arenas más cercanas a la desembocadura, - los fragmentos calcáreos (las calizas están constituidas --- principalmente por carbonato de calcio, soluble en el agua) - están casi ausentes, prevaleciendo en cambio los fragmentos silicéos constituidos por cuarzo, que es bioxido de silicio - practicamente insoluble.

INTRODUCCION

En este proyecto se desarrollo un material compuesto - que denominamos PVC-IXTLE, a partir de PVC de desecho fibra-de ixtle y arena de mar.

Se efectuaron variaciones en la formulación y en las - condiciones de operación, seguidas de una evaluación mecánica , con objeto de encontrar un material con las propiedades fisicomecánicas, superiores a las que presentan los contratipos existentes en el mercado como son asbesto cemento,- triplay, etc.

CAPITULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

DISEÑO EXPERIMENTAL

Las etapas seguidas en este trabajo fuerón:

- a) Obtención y caracterización de los materiales empleados:-
PVC de desecho, fibra de ixtle y arena de mar.
- b) Determinación del procedimiento en la elaboración de los laminados PVC-IXTLE.
- c) Variación de las condiciones de operación:
Temperaturas de: 165^o C, 175^o C, 185^o C, 195^o C y 205^o C
Tiempos de: 6 min., 8 min., 10 min., 12 min., 14 min.,
- d) Contenido de fibra de ixtle: 4.5%, 6.8%, 9.5%, 12.5% y 16%
- e) Caracterización mecánica de los diferentes laminados.
- f) Análisis de los resultados obtenidos
- g) Optimización de las variables.

A continuación se detallan los métodos de caracterización de los materiales empleados, elaboración del laminado y caracterización mecánica.

Caracterización de materiales empleados.

PVC de desecho.- Se efectuó recolección de botellas de desecho de PVC. A continuación se caracterizó la resina, efectuando una extracción con tetrahidrofurano como solvente, seguida de una precipitación con metanol. Posteriormente se purificó y secó la resina para determinar la distribución de pesos moleculares, por cromatografía de permeación en gel, se utilizó en esta determinación un equipo Waters, modelo 6000 A, con un banco de columnas de M Styrangel (10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , Å). En la figura N° 2 se presenta el cromatograma obtenido.

Como se observa los valores obtenidos son. El número molecular promedio es 55,755, el peso molecular promedio es 157,423 y una dispersidad M_w/M_n de 2.82.

Fibra de ixtle.- Se trabajo con fibra proveniente -- del Valle de Mezquital, de color amarillo claro y buena -- consistencia, presentó una densidad de 0.620 g/cm^3 (picnometría) una absorción de 60% de agua, humedad de 7.6 g. de agua, por 10 g. de muestra, índice de finura de 360 Den y una longitud media de 5 cm.

FIG. Nº 2

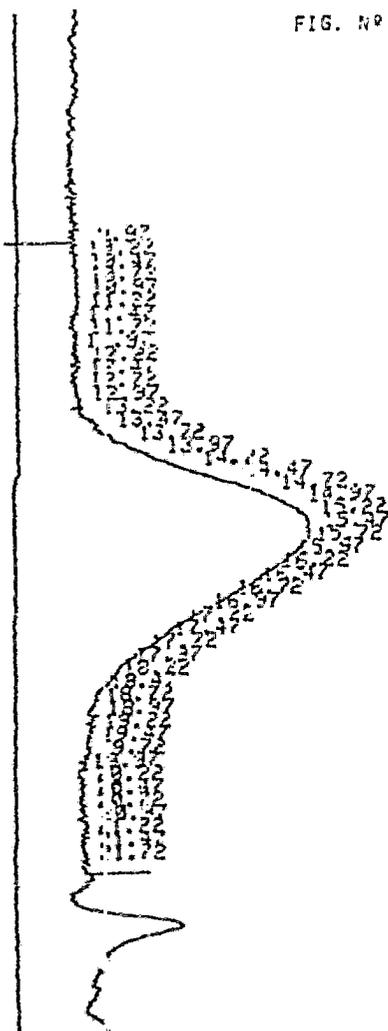
CROMATOGRÀFIA POR GPC DEL
PVC EXTRAIDO DE BOTELLAS
DE ACEITE COMESTIBLE.

$$M_N = 55755$$

$$M_W = 157423$$

DISPERSIDAD

$$(M_W/M_N) = 2.82$$



MAY. 19, 1982 12:02 04
PRESSURE 1200.0
SAMPLE #3
COLUMN

CHART 1.00 CM/MIN
DETECTOR 401/008
RUN #2
SOLVENT

FLOW 2.00 ML/MIN
CALC #1
WPR ID: 5

ARENAS.- Las cargas minerales que se emplearon fueron - arenas de mar procedentes del litoral norte de la península - de Yucatán.

Se eligieron los gránulos menores a 10^3 \AA , para lo cual se utilizó una malla selectiva del número 60.

CAPITULO IV

EVALUACION DEL PROYECTO

ELABORACION DEL LAMINADO

El proceso de elaboración del laminado se puede resumir en las siguientes etapas.

- a) Pesada de las cantidades preestablecidas de los materiales involucrados en la formulación.
- b) Preparación del molde con un recubrimiento a base de papel maylar.
- c) Distribución en el molde de una primera capa de mezcla PVC-ARENA, procurando tener un espesor uniforme.
- d) Distribución sobre ésta capa de las fibras de ixtle en forma aleatoria.
- e) Distribución de una segunda capa de mezcla PVC-ARENA evitando dejar huecos en ésta.
- f) Una vez cerrado el molde, se efectuaron ciclos de moldeo en la prensa hidráulica a las condiciones de operación previamente establecidas.

CARACTERIZACION MECANICA

Para evaluar la resistencia mecánica de los laminados-obtenidos, se efectuaron pruebas de flexión en una máquina-universal Instron modelo 1,125. Las condiciones de ensayo - se establecieron según la norma D 1037 del código ASTM (American Society For Testing Materials).

Estas condiciones de ensayo se enuncian a continuación:

Longitud del claro entre soportes	80	m.m.
Velocidad de deformación	2.8	m.m./min.
Espesor promedio	5	m.m.
Ancho promedio	13	m.m.
Longitud total de la probeta	130	m.m.
Número mínimo de muestras	6	m.m.

Las fórmulas utilizadas para determinar la resistencia a la flexión, el módulo de elasticidad y la resistencia al-corte se encuentran reportadas en el anexo C.

ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA
DE MOLDEO, EN LAS PROPIEDADES MECANI-
CAS DEL LAMINADO PVC-IXTLE.

En la figura N° 3 se muestra la gráfica de los valores obtenidos de resistencia a la flexión con respecto a la temperatura. Como se aprecia en esta gráfica, a temperaturas -- cercanas a 200°C, la resistencia mecánica del material se -- abate considerablemente, debido a que empieza a degradarse .

Es interesante observar como se incrementan, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad figura N° 4, con respecto a la temperatura, ya que al incrementarse ésta última mejora la fusión de la resina, lo que le permite una mayor adhesión con las fibras y la carga mineral.

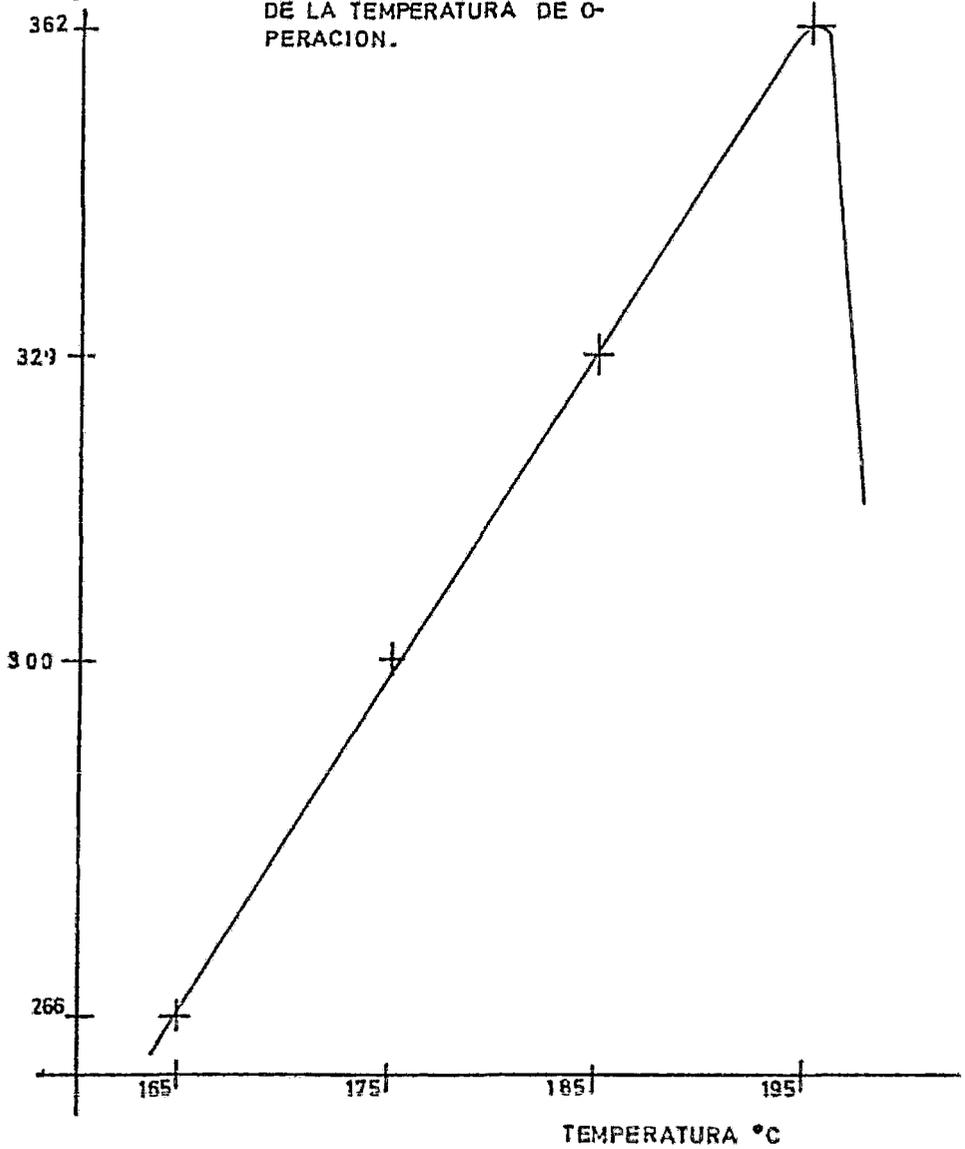
En la figura N° 5 se presenta también la gráfica de la resistencia al corte. El comportamiento, que encontramos es similar a los dos parámetros interiores ya que se incrementa desde un valor de 0.171 Kg/mm² hasta 0.25 Kg/mm², para 195°C lo cual representa un incremento del orden de 46 por ciento.

Como complemento al análisis de la variación de temperatura con respecto a las propiedades mecánicas, en la tabla número tres se reportan en por ciento los incrementos obtenidos de: resistencia a la flexión, módulo elástico y esfuerzo al corte con respecto a cada uno de los incrementos de temperatura.

FIG. Nº 3

ESFUERZO
A LA FLEXION
Kg/cm²

GRAFICO COMPARATIVO DEL
ESFUERZO DE FLEXION CON
RESPECTO A LA VARIACION -
DE LA TEMPERATURA DE O-
PERACION.



F. G. N° 4

GRAFICO COMPARATIVO DE
EL MODULO DE ELASTICIDAD
CON RESPECTO A LA VARIA-
CION DE LA TEMPERATURA
DE OPERACION.

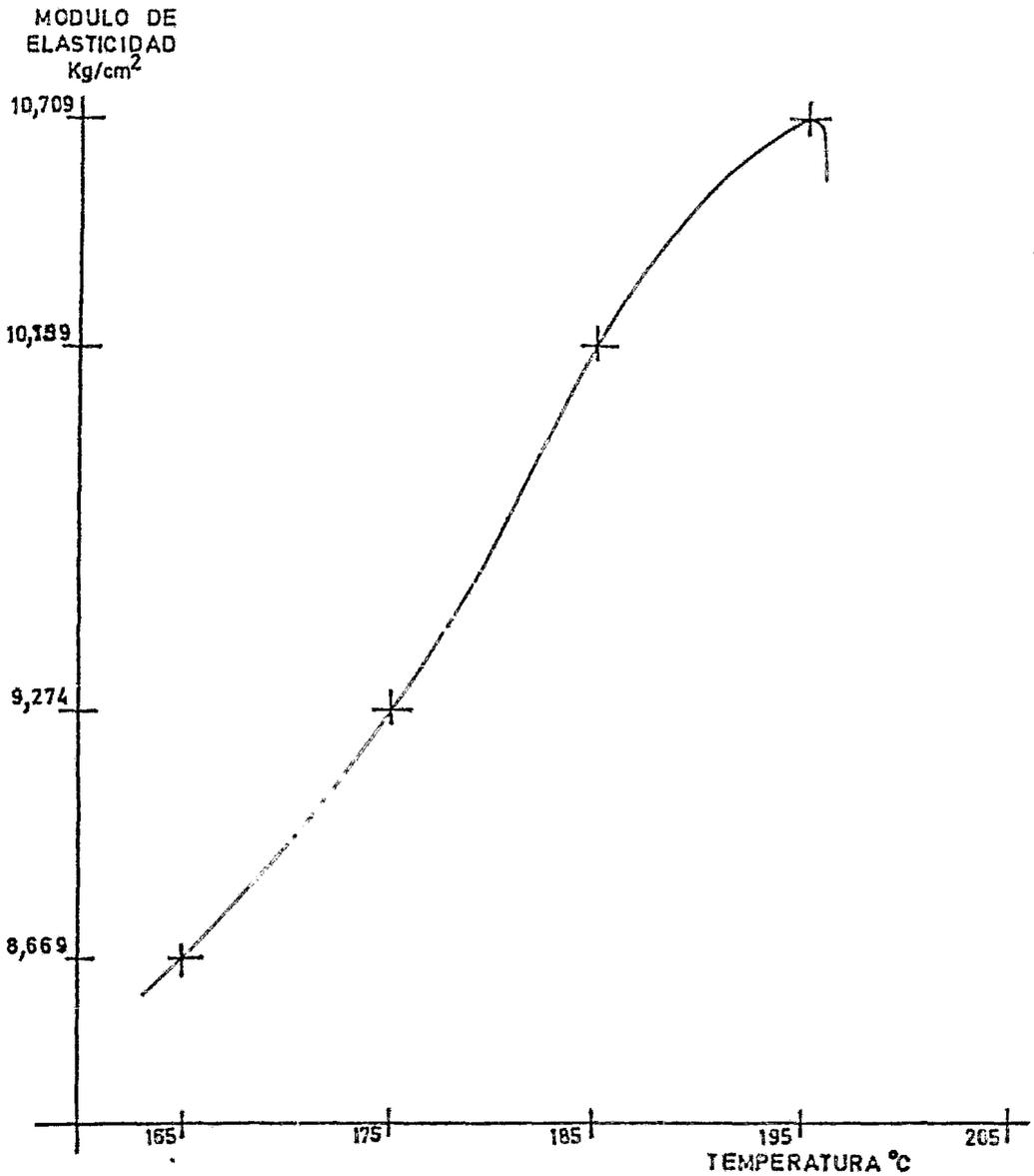
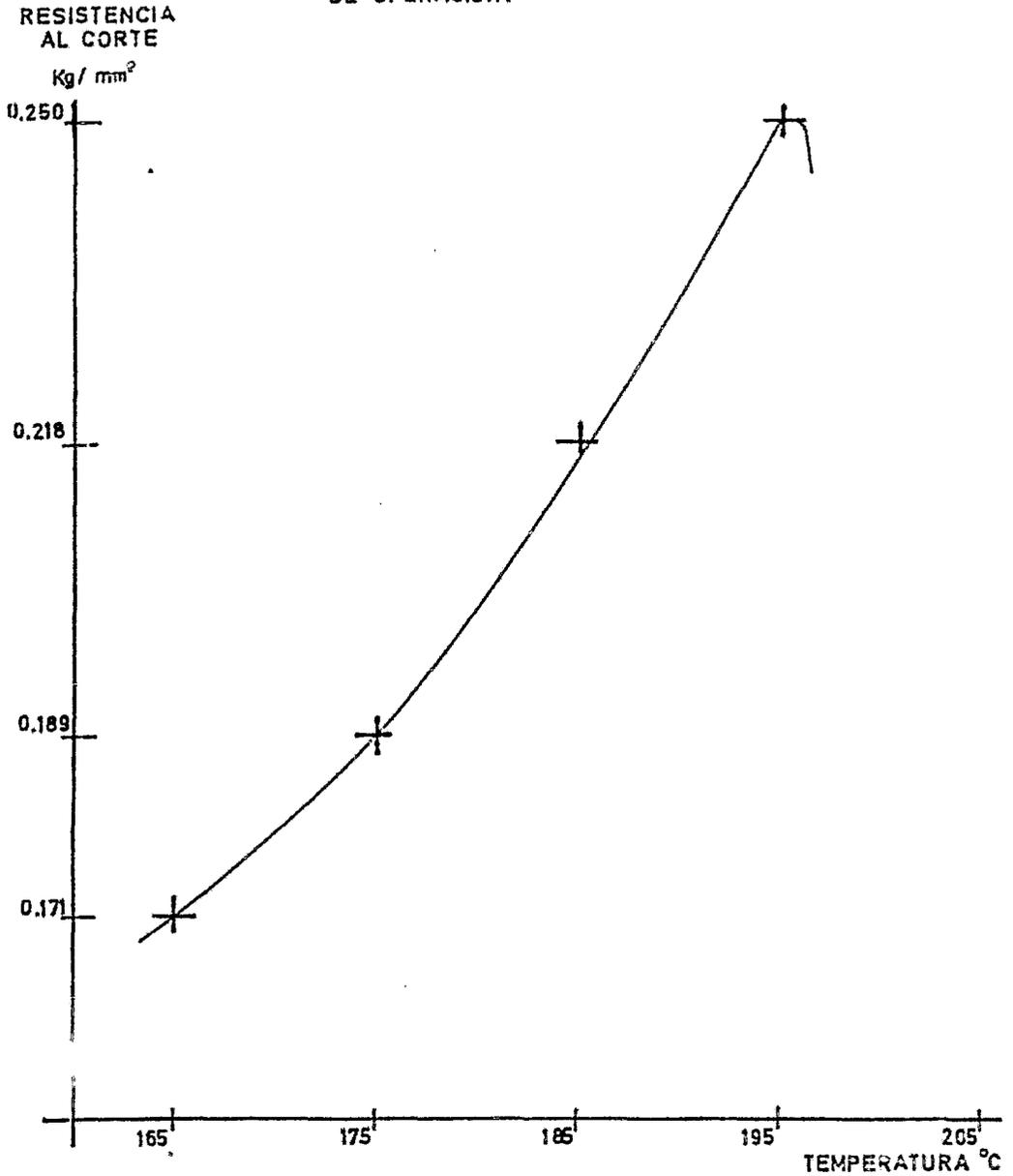


FIG. Nº 5

GRAFICO COMPARATIVO DE
LA RESISTENCIA AL CORTE
CON RESPECTO A LA VARIA-
CION DE LA TEMPERATURA
DE OPERACION.



T A B L A N U M E R O 3

Porcentajes de incremento--
en el módulo de elasticidad
resistencia a la flexión y-
esfuerzo al corte al variar
la temperatura.

TEMPERATURA	MODULO ELASTICO	RESISTENCIA A LA FLEXION.	ESFUERZO AL CORTE
165 ^o C	-----	-----	-----
175 ^o C	6.9%	12.7%	10.5%
185 ^o C	9.5%	9.6%	15.3%
195 ^o C	5.4%	10.0%	14.6%

Análisis del efecto del tiempo de moldeo en las propiedades mecánicas del laminado PVC-IXTLE.

Para esta prueba se seleccionaron como constantes una temperatura de 175°C, y un porcentaje de IXTLE de 9.5, por presentar el mayor incremento en la resistencia a la flexión, con un valor de 12.7% según la tabla No. 3.

Los tiempos de moldeo ensayados fueron 6, 8, 10, 12, y 14 minutos. Los resultados de resistencia a la flexión, se presentan en la gráfica de la figura N° 6, en esta gráfica se observa un incremento en la resistencia a la flexión al aumentar el tiempo de moldeo, llegando a un valor máximo de 366 Kg/cm² para un tiempo de 8 minutos. Al continuar aumentando el tiempo la resistencia mecánica se abate hasta alcanzar niveles muy por debajo del valor máximo obtenido.

Ahora analizando los resultados gráficos de la resistencia al corte y del módulo de elasticidad figura N° 7 y N° 8 respectivamente, encontramos un comportamiento similar al de la resistencia a la flexión, ya que en la primera de éstas existe un valor máximo para los 8 min., mientras que en la segunda éste valor máximo se presenta a los 8.6 min., lo que viene a comprobar el resultado obtenido en la gráfica de resistencia a la flexión, con respecto a la variación del tiempo de moldeo.

FIG. Nº 6

GRAFICO COMPARATIVO DEL
ESFUERZO DE FLEXION CON
RESPECTO A LA VARIACION-
DEL TIEMPO DE RESIDENCIA.

ESFUERZO
A LA FLEXION
Kg/cm²

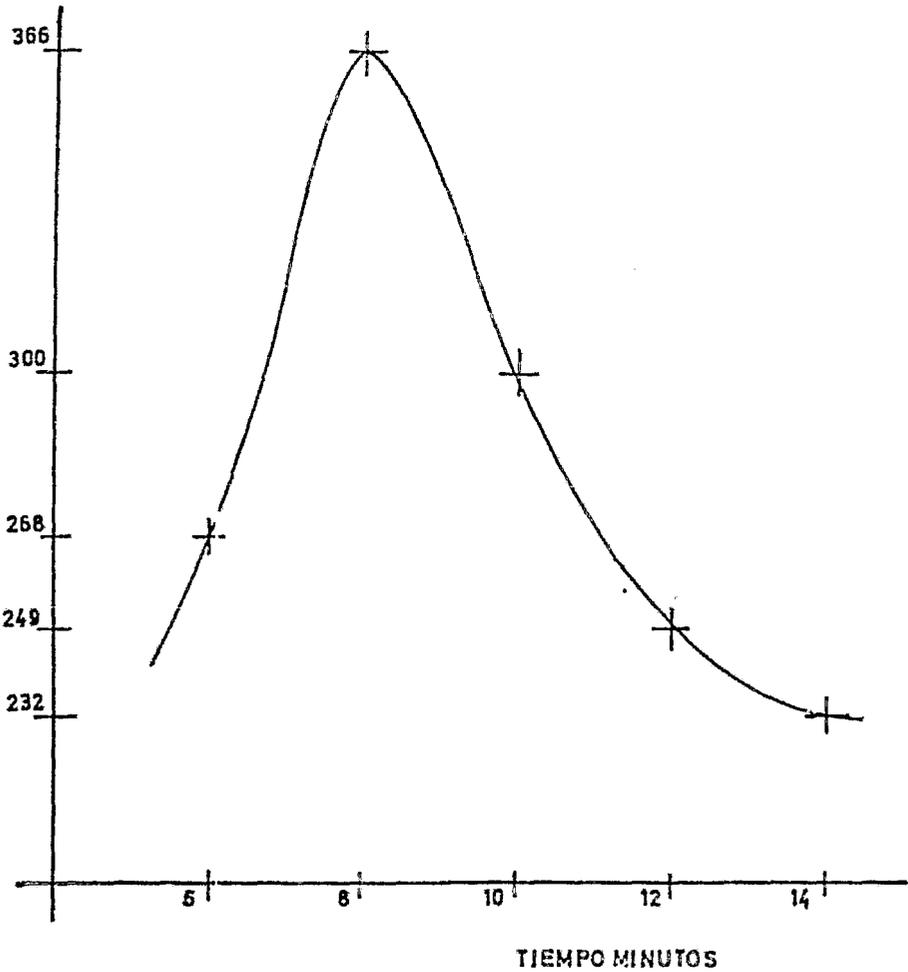


FIG. Nº 7

GRAFICO COMPARATIVO DE
LA RESISTENCIA AL CORTE
CON RESPECTO A LA VARIA-
CION DEL TIEMPO DE RE-
SIDENCIA.

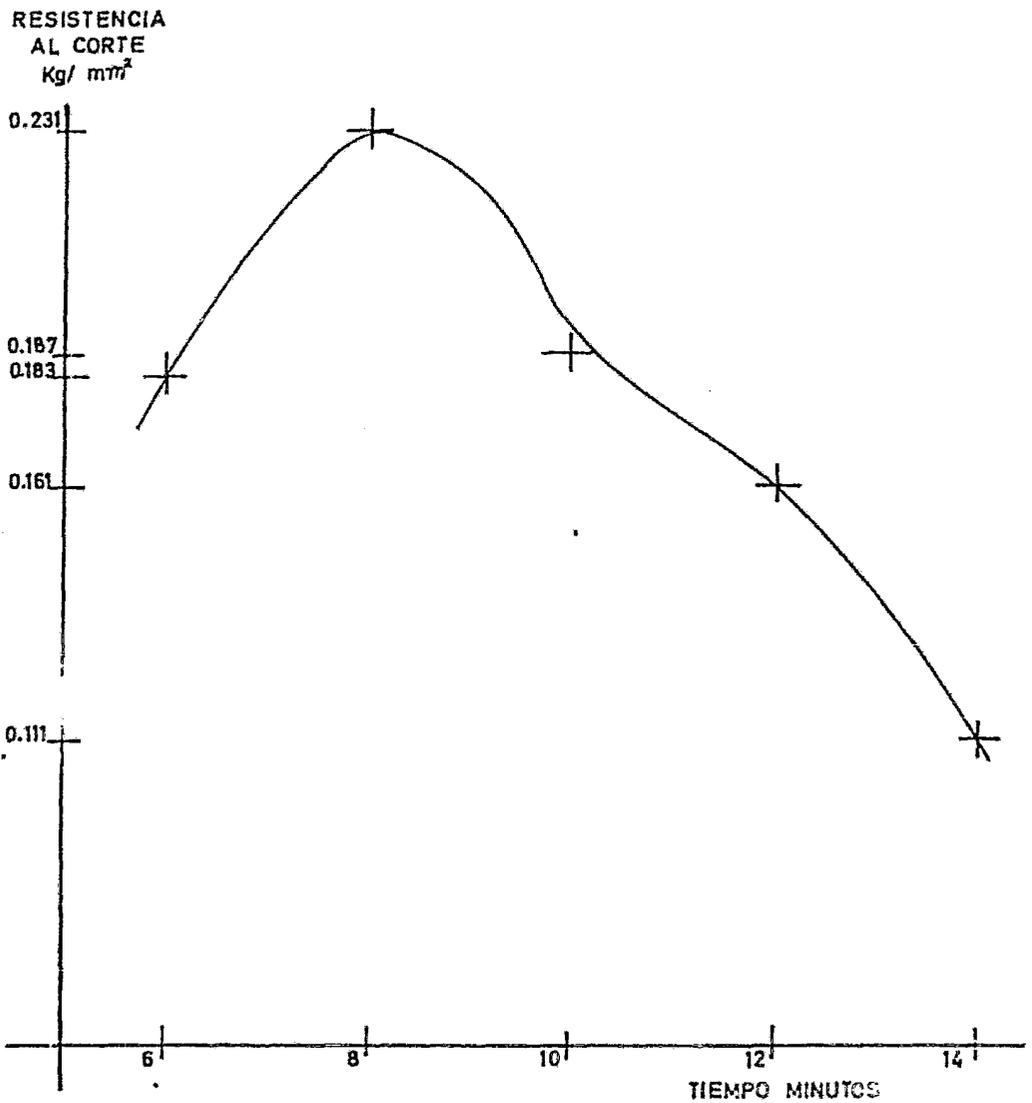
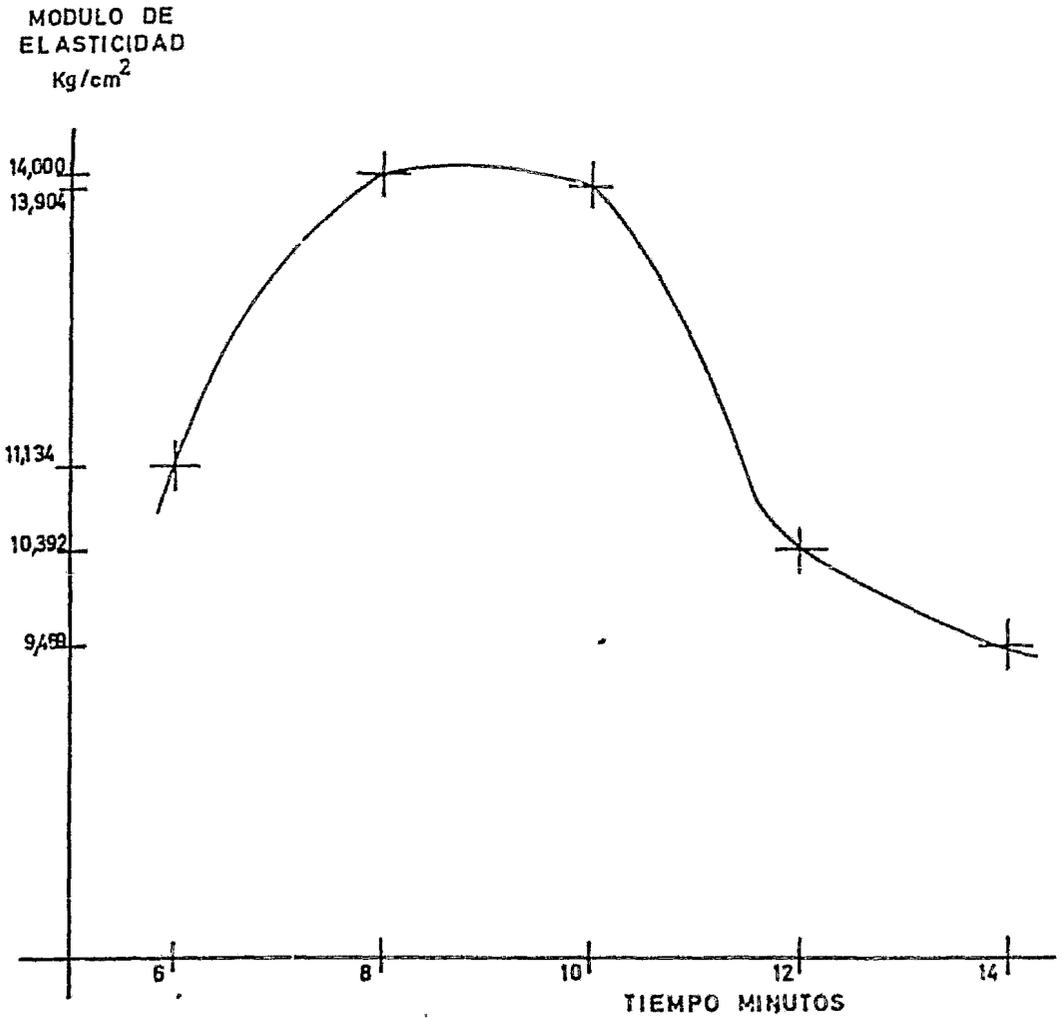


FIG. Nº 8

GRAFICO COMPARATIVO DE
EL MODULO DE ELASTICIDAD
CON RESPECTO A LA VARIA-
CION DEL TIEMPO DE RESI-
DENCIA.



Un comentario adicional se desprende de este análisis y es que en términos generales la resistencia mecánica del laminado tiende a disminuir su magnitud al incrementarse - el tiempo de moldeo, lo que probablemente se debe a la degradación paulatina de la resina.

ANALISIS DEL EFECTO QUE TIENE EL
CONTENIDO DE IXTLE EN LAS PROPIE
DADES MECANICAS DEL LAMINADO - 7
PVC-IXTLE.

En este caso se aprecia en la gráfica de resistencia a la flexión contra la variación del porcentaje de ixtle, figura N° 9, que al incrementarse el contenido de fibra, se incrementa la resistencia a la flexión hasta llegar a un valor máximo para 9.5 por ciento de fibra. A partir de éste valor - la resistencia a la flexión decae significativamente, este comportamiento también se aprecia en las gráficas del módulo de elasticidad y de resistencia al corte, figura N° 10 y N°-11 respectivamente.

El abatimiento de la resistencia mecánica al continuar aumentando el contenido de fibra se debe a la incapacidad de la matriz (PVC) a aglutinar el exceso de fibras, generando - microhuecos que funcionan como concentradores de esfuerzos, - lo que disminuye notablemente las propiedades mecánicas del laminado. Incluso para una composición del 16 por ciento de - fibra, el laminado obtenido resulta muy fácil de separar por su parte media.

FIG. Nº 9

GRAFICO COMPARATIVO DEL
ESFUERZO DE FLEXION CON
RESPECTO A LA VARIACION—
DE PORCIENTO DE IXTLE EN
LA FORMULACION

RESISTENCIA
A LA FLEXION
Kg/cm²

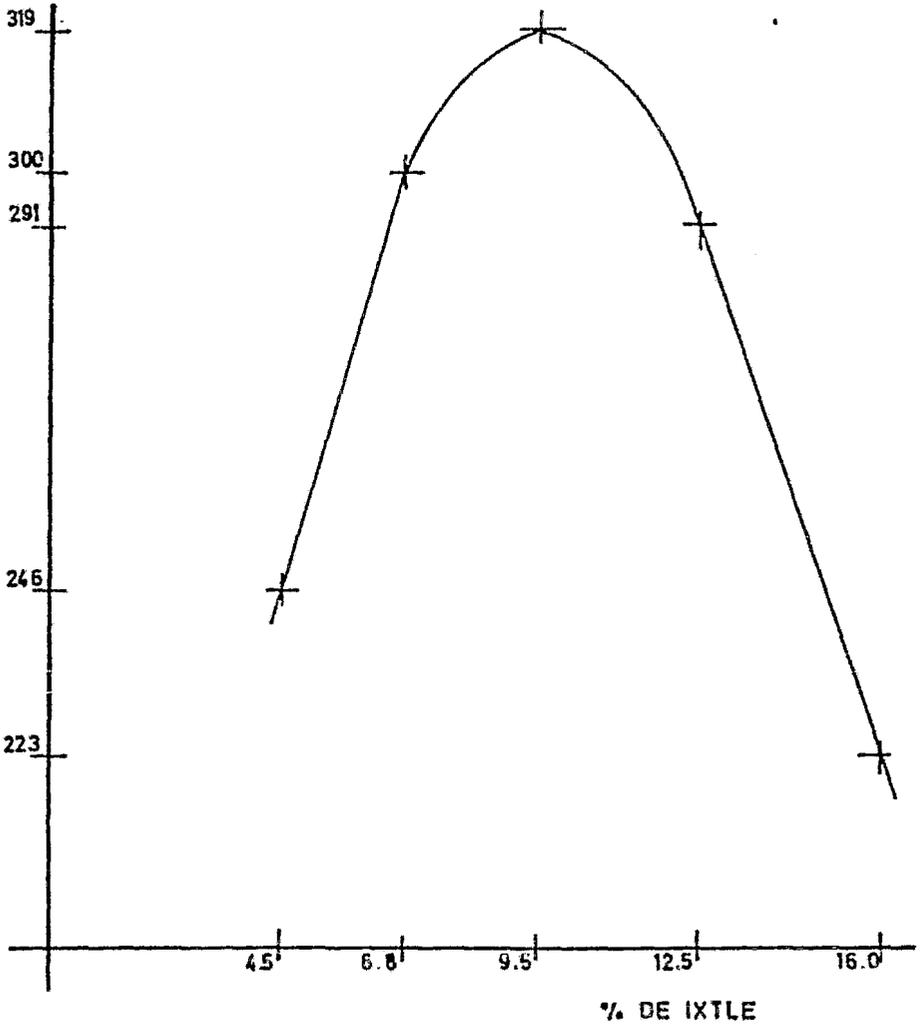


FIG. Nº 10

GRAFICO COMPARATIVO DE
EL MODULO DE ELASTICIDAD
CON RESPECTO A LA VARIA-
CION DEL PORCIENTO DE IX-
TLE EN LA FORMULACION

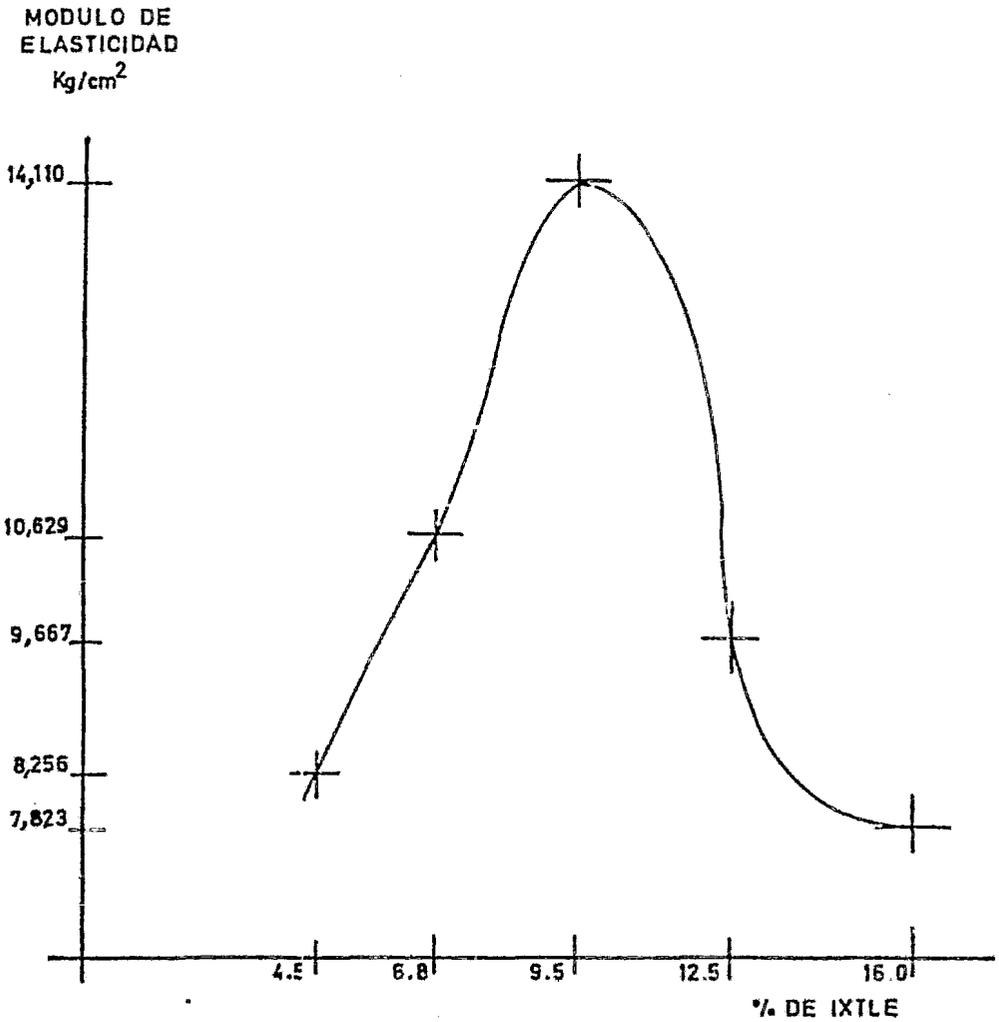
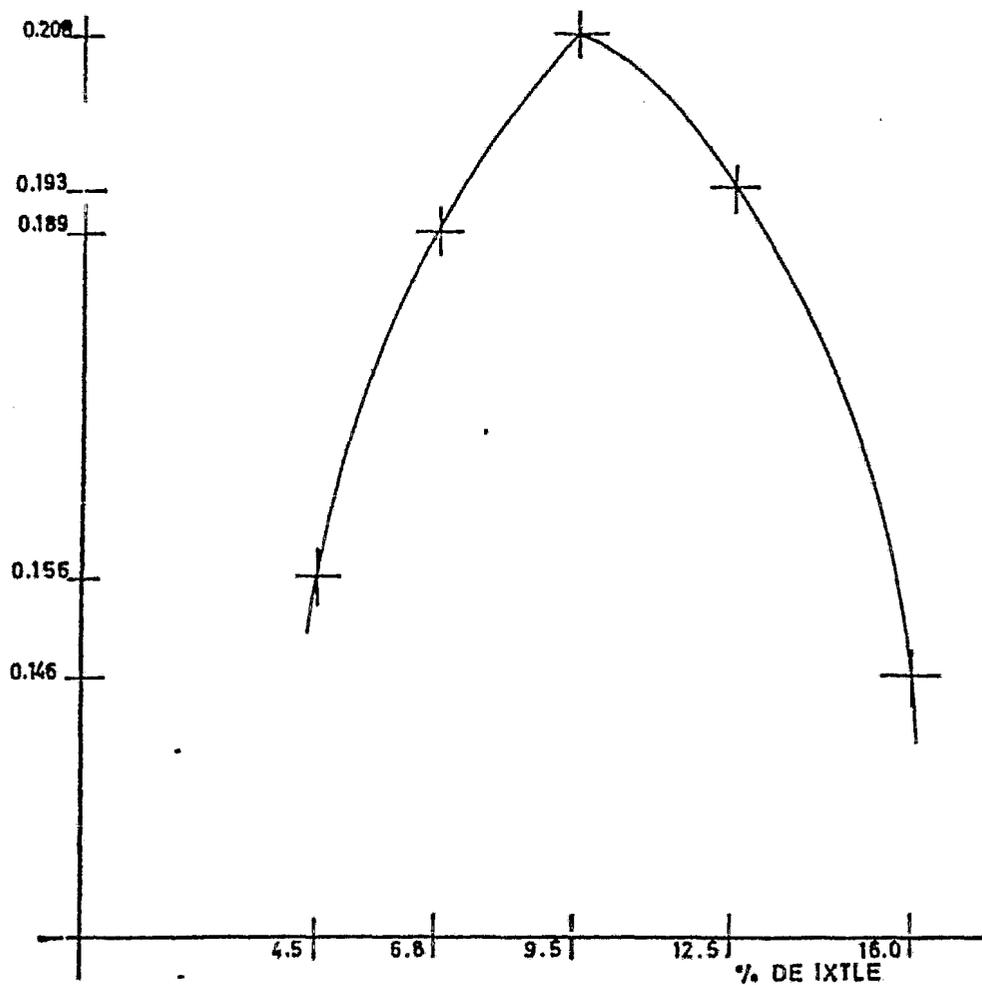


FIG. Nº 11

GRAFICO COMPARATIVO DE
LA RESISTENCIA AL CORTE
CON RESPECTO A LA VARIA-
CION DEL PORCIENTO DE -
IXTLE EN LA FORMULACION

RESISTENCIA
AL CORTE
Kg / mm²



C A P I T U L O V

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

OPTIMIZACION

De acuerdo con los valores que se obtuvieron de las diferentes propiedades mecánicas del laminado PVC-IXTLE y como uno de los objetivos planteados, se dan en la tabla número 4 los valores de procesamiento y concentración más satisfactorios.

T A B L A N U M E R O 4

Variables optimizadas de: Condiciones de operación y de formulación para el laminado PVC-IXTLE.

FORMULACION

ELEMENTO	PORCENTAJE
ARENA-----	49.2%
PVC -----	41.3%
IXTLE -----	<u>9.5%</u>
T O T A L -----	100.0

CONDICIONES DE OPERACION

VARIABLE	VALOR OPTIMO
TEMPERATURA DE MOLDEO -----	195°C
TIEMPO DE - MOLDEO -----	8 min.

Aplicando estas condiciones de moldeo y de formulación se elaboro un laminado con los siguientes resultados:

Resistencia a la flexión -----	375	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad -----	14,000	Kg/cm ²
Resistencia al corte -----	0.26	Kg/mm ²

El laminado obtenido fué comparado con algunos materiales conocidos que se pueden considerar como contratipos, estos son; el asbesto cemento y el triplay. En las figuras que se presentan más adelante se grafican las variaciones que -- tiene el laminado de PVC-IXTLE con respecto a los valores -- constantes de resistencia máxima de flexión del asbesto cemento y triplay.

Se tiene la expresión R/R_0 que representa la relación -- de la resistencia mecánica del laminado PVC-IXTLE (R) y la -- resistencia mecánica del contratipo en estudio (R_0).

ANALISIS DE LA RELACION
R/R₀ AL VARIAR LA TEMPERATURA

En las figuras N^o 12 y N^o 13, se ilustra la variación -- con respecto a la temperatura que tiene la relación R/R₀ para el asbesto cemento y el triplay respectivamente.

En ambos casos se puede apreciar que al incrementarse la temperatura, esta relación aumenta hasta alcanzar valores superiores a la unidad, lo que significa que la resistencia mecánica del laminado PVC-IXTLE ha superado a las de los contra tipos ensayados.

FIG. Nº 12

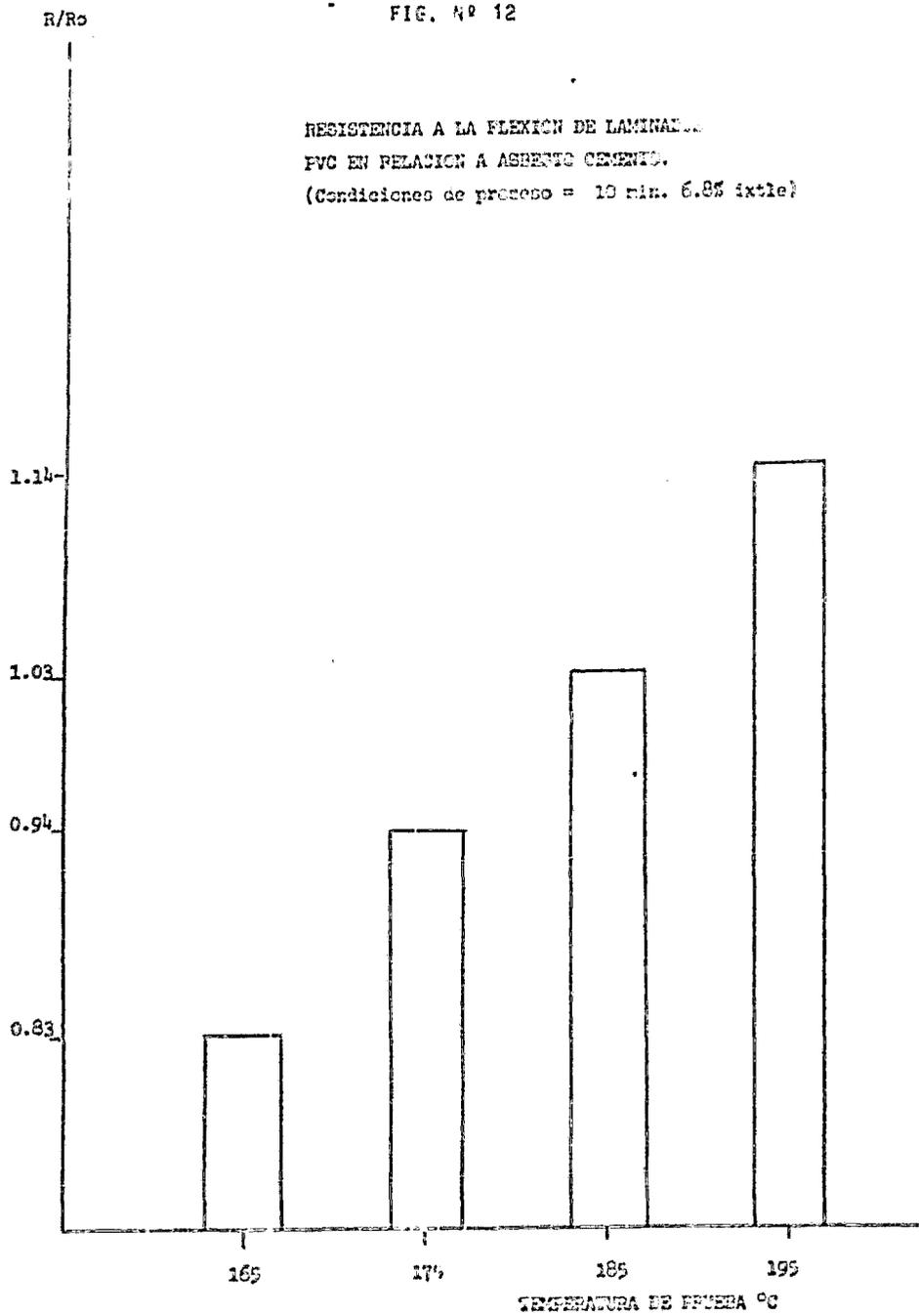
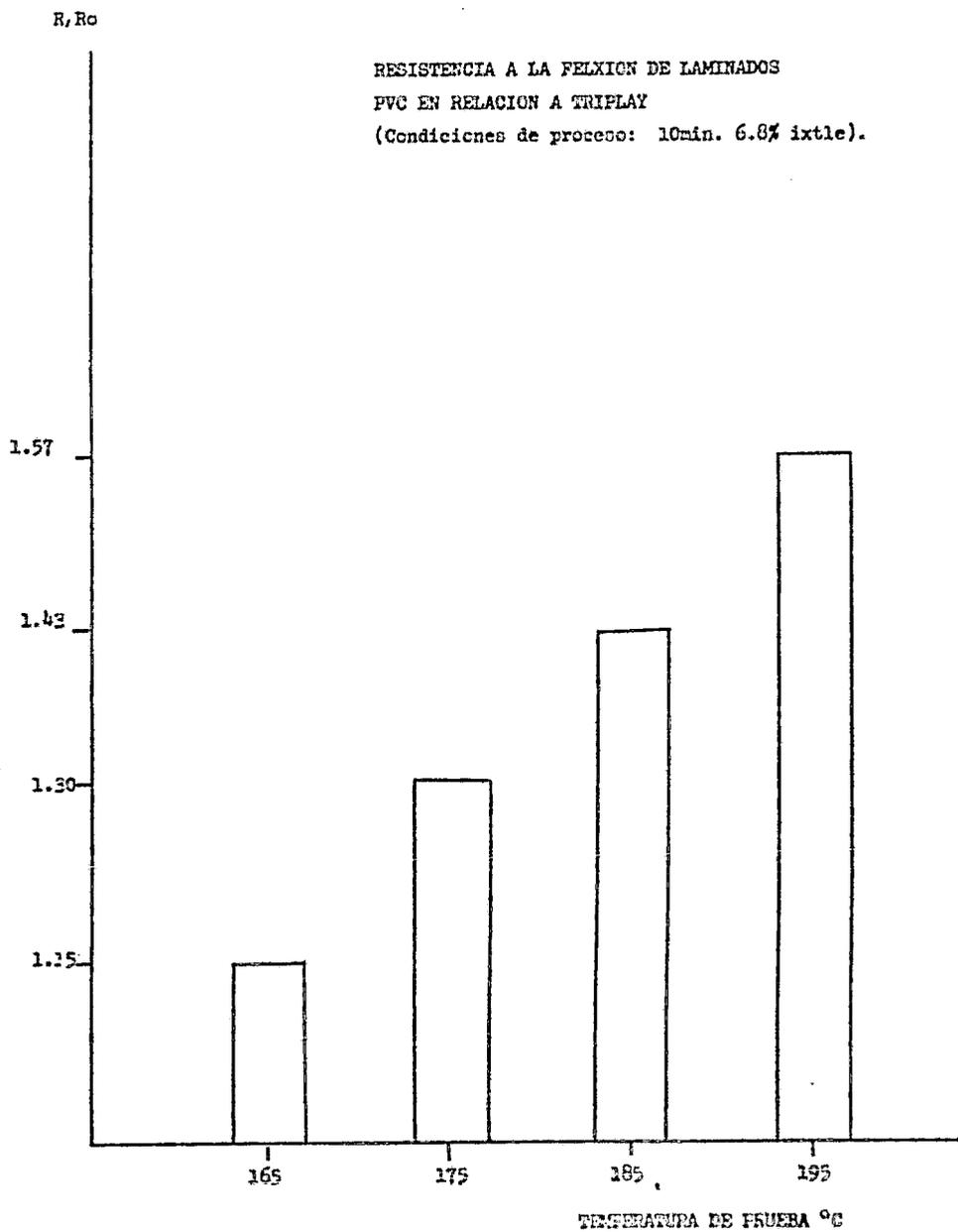


FIG. N° 13



ANALISIS DE LA RELACION R/Ro
AL VARIAR EL TIEMPO.

Continuando con la relación R en Ro, al comparar la resistencia del laminado PVC-IXTLE con la del asbesto cemento, tenemos que, para un tiempo de 8 minutos se presenta un máximo de 1.15, lo que significa que la resistencia mecánica del PVC-IXTLE es superior en un 15 por ciento, vease figura número 14, siguiendo con este razonamiento en el caso del triplay, tenemos un máximo en el que la ventaja en resistencia mecánica del laminado PVC-IXTLE tiene un valor del 59 por ciento, también para un tiempo de 8 minutos esto se aprecia en la figura número 15.

FIG. N° 14

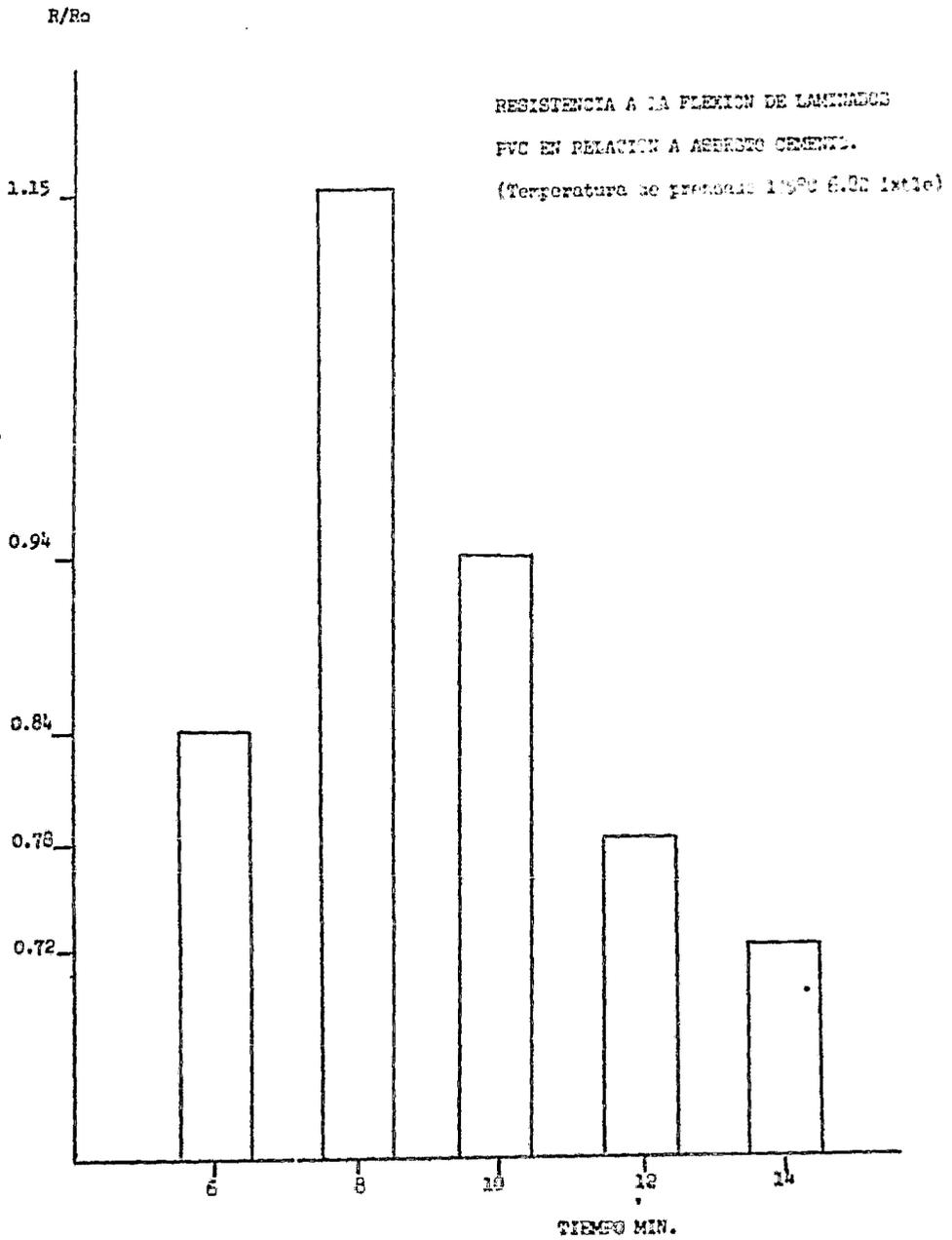
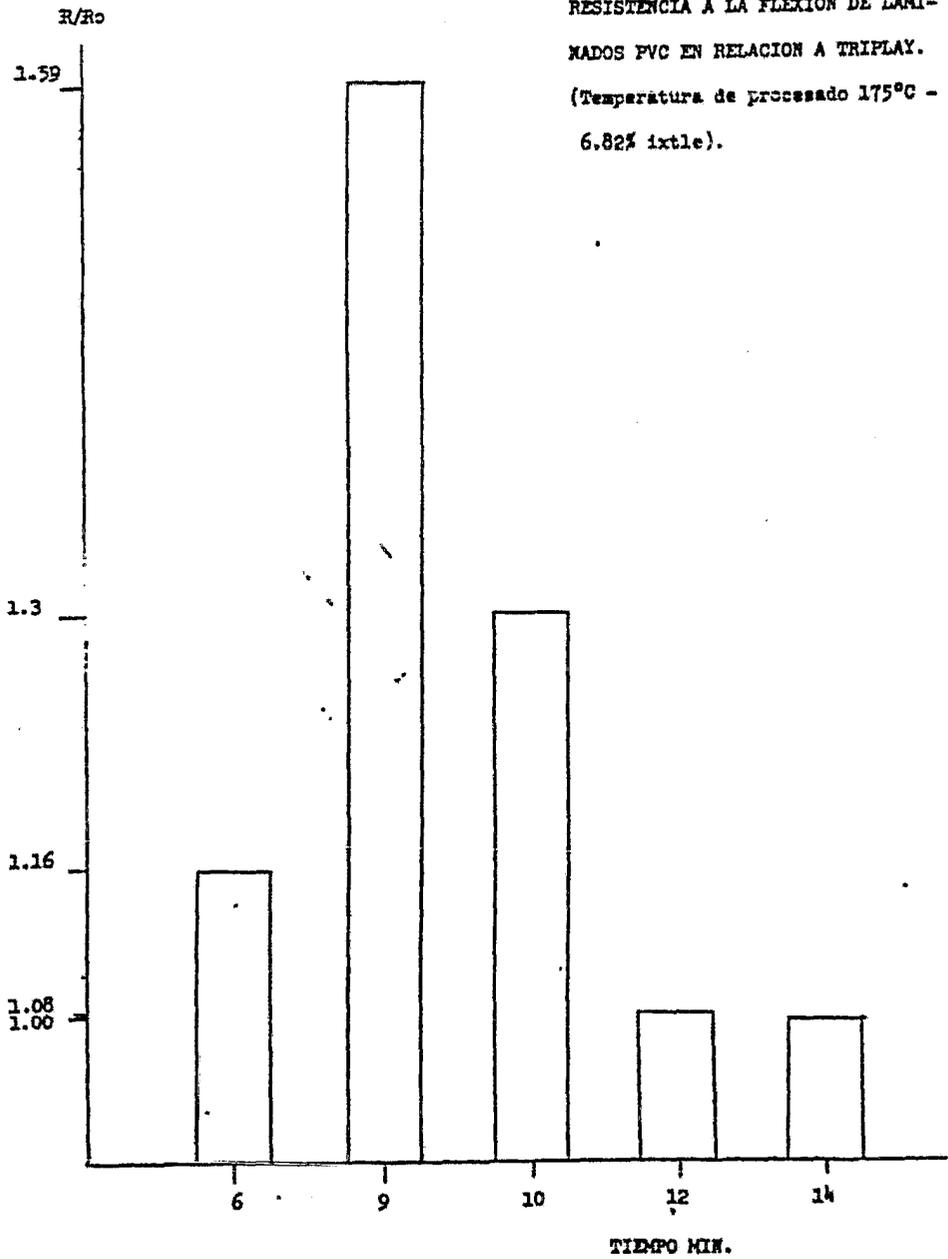


FIG. N° 15



ANÁLISIS DE LA RELACION R/Ro
AL VARIAR EL PORCENTAJE DE IXTLE

Al igual que en los casos anteriores existen valores ite rados para los cuales la relación R/Ro se hace igual a la uni dad e incluso la sobrepasa lo que justifica el desarrollo de este nuevo material. En este caso particular los valores ópti mos se presentan a un porcentaje de ixtle de 9.5 para el que se obtiene un valor de 1.0 en el caso comparativo del asbesto y de 1.38 para el triplay, vease las gráficas en las figuras- N° 16 y N° 17 respectivamente.

Por otra parte el material desarrollado presenta propie dades que le dan otras ventajas sobre los contratipos ensaya dos tal es el caso de la absorción de agua y el peso especí fico, estos datos se dan en la tabla comparativa número 5

T A B L A N U M E R O 5

PROPIEDADES COMPARATIVAS ENTRE EL LAMINA
DO IXTLE-PVC Y SUS CONTRATIPOS MAS COMU-
NES.

MATERIAL	ESPEJOR	RESISTENCIA A LA FLEXION	PORCIENTO ABSORCION DE AGUA.	PESO ESPECIFICO
TRIPLAY	6.0	230	2	0.8
ASBESTO CEMENTO	6.5	318	20-30	1.92
LAMINADO PVC-IXTLE	5.0	375	15	1.54

FIG. N° 16

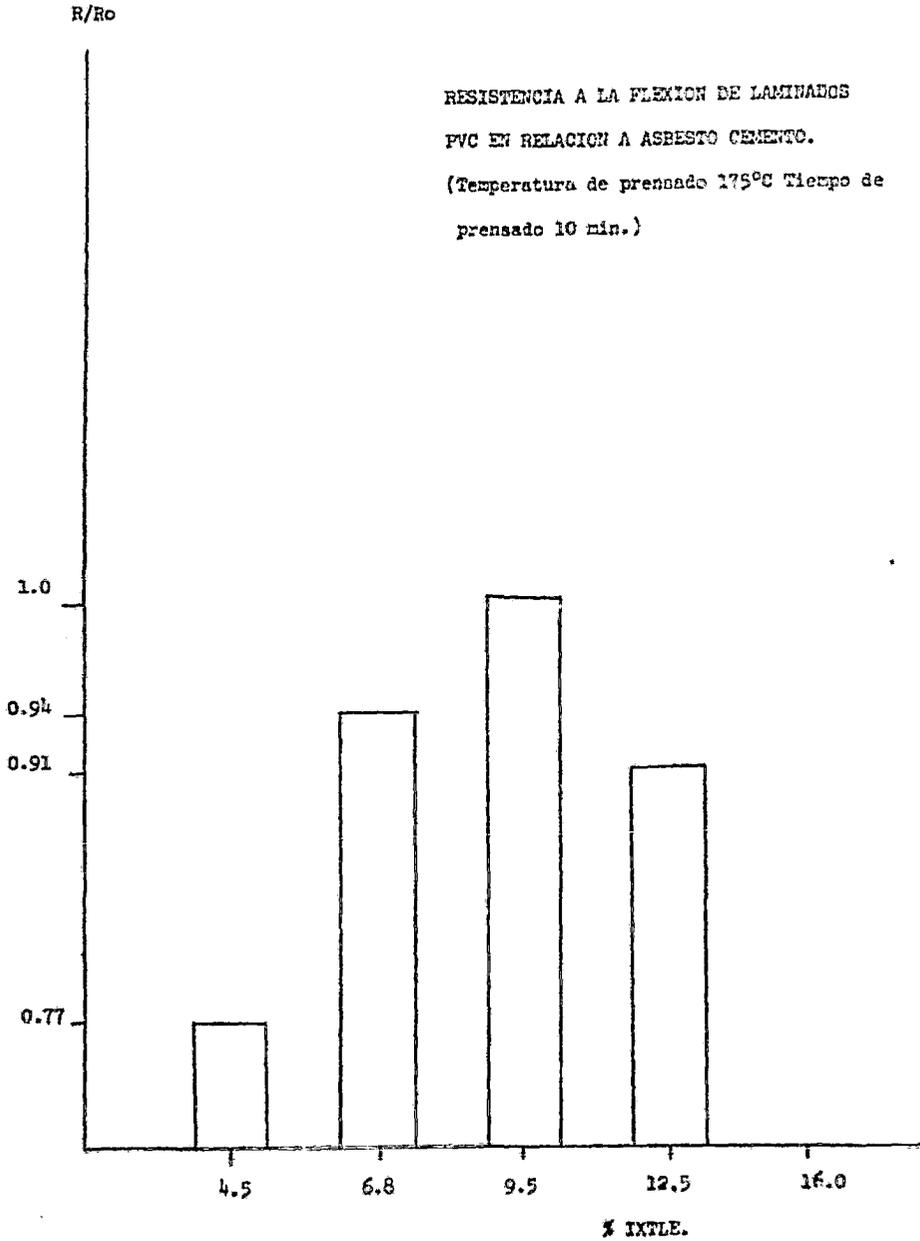
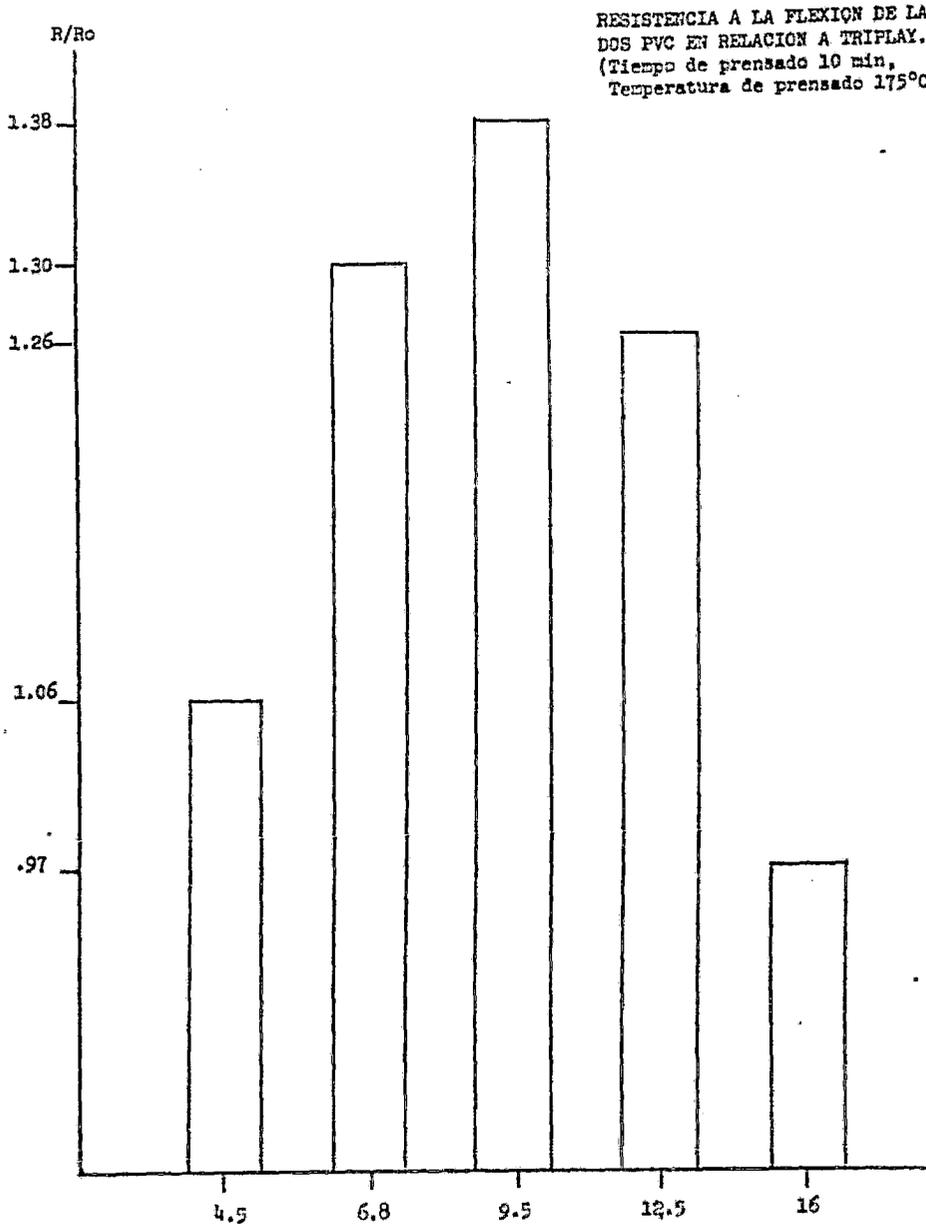


FIG. N° 17



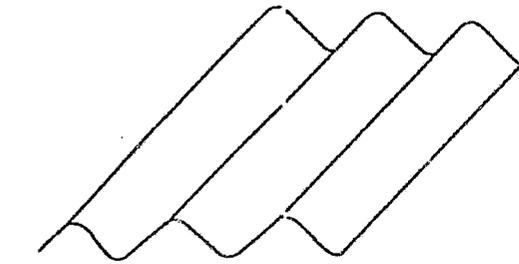
% INTEL.

Con respecto al costo del material tenemos que, se parte de desperdicios plásticos de desechos de fibras y de arena, - por lo que es potencialmente económico. Estudios realizados⁶, estiman que es de un cuarenta a un cincuenta porciento más - económico que el asbesto cemento. En la figura número 18 se - muestran algunas aplicaciones de este nuevo material. Como se observa algunos de estos productos son fabricados actualmente de asbesto cemento, de ahí el reiterado interés en compararlo con el laminado PVC-IXTLE.

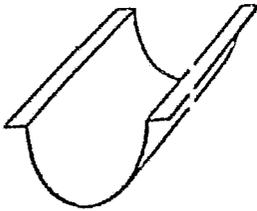
En cuanto a los resultados obtenidos se puede concluir - que en términos de resistencia mecánica se tiene un material- competitivo con los convencionales, con la ventaja del aprove- chamiento de recursos naturales y de desperdicios plásticos.- Este trabajo pretende abrir la posibilidad de un beneficio -- aún mayor, el reciclado de todos los termoplásticos y de esta manera contribuir a mantener el equilibrio ecológico.

5 A. Padilla, P. Fuentes, Desarrollo de tinacos de PE y PVC de Alta Resistencia a la Radiación Solar, (México, en Prensa, 1981.)

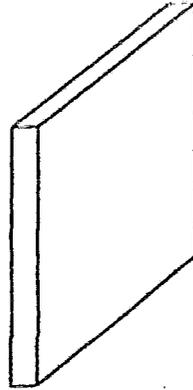
FIG. Nº 18



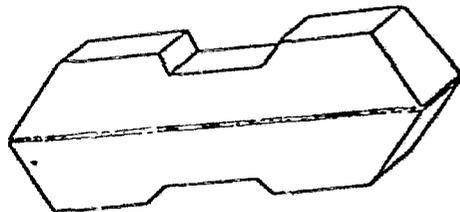
LAMINAS ACANALADAS



CANALES DE RIEGO



LAMINAS PLANAS



INCUBADORAS PARA HUEVOS DE TORTUGA

A N E X O A

METODOS DE OBTENCION DEL PVC

A) POLIMERIZACION EN MASA:

En esta técnica, el monómero de cloruro de vinilo es polimerizado en presencia de un iniciador de radicales libres, puede ser peróxido de benzoilo, por ejemplo. Esto, es un cilindro rotatorio conteniendo esferas de acero inoxidable, a temperatura de 58°C y por espacio de 17 horas (British Patent 842, 690). El polímero obtenido es insoluble en el monómero remanente, por lo que se induce una reacción heterogénea, la velocidad de polimerización aumenta con el incremento de conversión. Esto significa que la reacción es autocatalizada por la presencia del polímero sólido, mientras que la concentración del catalizador tiene un pequeño efecto en la velocidad de polimerización. Como en todas las polimerizaciones del cloruro de vinilo, el oxígeno inhibe la polimerización.

B) POLIMERIZACION EN EMULSION:

Debido a su baja solubilidad en agua (0.09% a 20°C) el cloruro de vinilo es emulsionado en agua por medio de agentes tensoactivos, (sulfonatos alquílicos secundarios o sales de sulfonatos alquílicos, esto en ausencia de oxígeno.

La reacción de polimerización comienza en el interior de las gotitas de monómero bajo la acción de catalizadores disueltos en el agua las cadenas de polímero formadas salen de la gota para reaccionar con moléculas de monómero disueltas.

-en el agua ó bien con pesos moleculares medios elevados.

Para controlar el peso molecular se pueden adicionar mo
dificadores. El tiempo de la reacción es comúnmente de 1 a 2
hrs., y después de la polimerización, las partículas obteni-
das mediante emulsión contienen siempre impurezas muy dffici
les de separar, que abaten las propiedades y el poder aislan
te de estos productos.

C) POLIMERIZACION EN SOLUCION

Este tipo de polimerización se efectúa operando el monó
mero disuelto en solventes adecuados. La técnica presenta --
desventajas, tales como; menor vel. de reacción, necesidad -
de grandes cantidades de solventes de precio elevado y diffi-
cil recuperación de éstos; además, del riesgo de que el sol-
vente interfiera en la reacción, pero tiene una gran ventaja
y es que la reacción se efectúa a temperaturas moderadas en-
fusión del punto de ebullición del solvente, además que se -
pueden lograr polímeros de peso molecular homogéneos.

Claro que esta polimerización es generalmente posible,-
sólo para concentraciones de monómero con un valor caracte--
rístico, y sólo para ciertos grados de conversión, dicho sis
tema se vuelve heterogéneo, debido a la formación de una fa-
se de polímero concentrado.

D) POLIMERIZACION EN SUSPENSION:

En esta técnica el monómero es finamente dispersado en agua por agitación vigorosa y la polimerización es iniciada en las "gotitas" por medio de un iniciador soluble en el monómetro. Se adiciona también un estabilizador en suspensión que reduzca la coalescencia del crecimiento de las partículas por la formación de una monocapa protectora alrededor de éstas.

La viscosidad de la fase acuosa, no cambia significativamente la tensión superficial, en consecuencia, el estabilizador es soluble en agua e insoluble en el cloruro de vinilo. En este caso el peso molecular del polímero obtenido es prácticamente independiente de la conc. del iniciador y del grado de conversión.

Este tipo de polimerización difiere esencialmente de la emulsión en que la dispersión del monómero se produce sin la ayuda de ningún agente tensoactivo.

Para eliminar impurezas, el producto se lava y queda listo para ser utilizado en las sucesivas fases de elaboración.

A N E X O B
ADITIVOS Y LUBRICANTES DEL PVC

1) ESTABILIZADORES

Es un hecho observando que calentando el PVC a una temperatura de alrededor de 70⁰C se presentan efectos adversos en las propiedades del polímero.

Así mismo a la temperatura usual de procesamiento (150-200⁰C), se presenta una degradación en el PVC, de tal magnitud, que el producto obtenido es un material de desperdicio, ya que esta completamente degradado.

Ante este problema se han desarrollado ciertos materiales conocidos como estabilizadores, que incorporados a la resina, le confieren estabilidad térmica, retardando ó moderando la reacción de degradación.

Una de las primeras manifestaciones físicas ampliamente conocidas de la degradación del PVC es el cambio de color. - inicialmente tiene un color transparente y sucesivamente --- cambia a amarillo paja, naranja, café y negro. Además, la degradación causa efectos negativos en las propiedades eléctricas y mecánicas del polímero, de ahí la importancia de los estabilizadores en la elección de el ó los estabilizadores -

-apropiados, según las condiciones de temperatura a que se someterá la resina, se requiere tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- El grado del polímero usado.
- 2.- La naturaleza de otros ingredientes presentes.
- 3.- El costo del estabilizador requerido para dar una estabilización adecuada según el procesamiento y tiempo de vida útil de los compuestos.
- 4.- La claridad requerida de los compuestos.
- 5.- La toxicidad
- 6.- Los efectos sobre la lubricación, tinte, etc.

Los estabilizadores más importantes son los compuestos de plomo, que pese a que presentan algunos inconvenientes; como toxicidad, opacidad en los compuestos, etc., son muy buenos estabilizadores a altas temperaturas.

Otros estabilizadores comunmente usados son las sales metálicas de calcio y de zinc, sulfatos tribásicos de plomo, sulfitos dibásicos de plomo, silicatos de plomo y ftalato dibásico de plomo, etc.

2) PLASTIFICANTES.

Los plastificantes tienen gran importancia en la industria de los plásticos, pero en especial en el PVC, ya que -- mezclándolos con la resina se pueden lograr materiales de diversos grados de flexibilidad.

De esta manera se ha desarrollado un gran mercado para el PVC flexible, como tuberías flexibles, telas plásticas, - suelas para tenis, mangueras, etc.

El plastificante más ampliamente usado en el D.O.P., -- Dioctil Ftálato, por su bajo costo en relación con el resto de los plastificantes, pero para compuestos específicos existen una gran variedad de ellos como: Di-n-Butil Ftalato, dinonil ftalato, trixilil ftalato, etc.

3) EXTENDEDORES

Existen unos compuestos que no son plastificantes, por sí mismos, además que tienen poca compatibilidad con la resina, pero mezclados con un verdadero plastificante tienen una excelente compatibilidad con la resina y el objeto de esto - es que estos materiales pueden substituir en una parte a los plastificantes, con la ventaja de ser mucho más baratos y -- substituyendo hasta en una tercera parte el plastificante, - las propiedades de la resina no se afectan seriamente.

Existen tres tipos comunes de extendedores:

- 1) Ceras de parafinas cloradas
- 2) Fracciones Líquidas de parafinas cloradas
- 3) Extractos de aceites

Dado que la solubilidad de estos expansores es generalmente más baja que la de la resina, el contenido de éstos en la formulación de los compuestos esta limitada, por la solubilidad del plastificante que se esta utilizando.

4) LUBRICANTES

En el PVC plastificado, la principal función de un lubricante es prevenir el que la resina se adhiera a las paredes del equipo de procesamiento.

Este lubricante es un material seleccionado previamente que opera de la siguiente manera, Se pretende que tenga una compatibilidad limitada con la resina, así durante el proceso la resina exsuda el lubricante, formándose una película divisoria entre la mezcla de resina y la superficie metálica del equipo de operación.

Los lubricantes comunmente usados son: estearato de calcio; ácido esteárico, estearatos de aluminio, magnesio y plomo, etc.

5) CARGAS

Las cargas son comunmente usadas en compuestos de pvc - opacos, con el fin de reducir el costo.

También pueden ser usados por razones técnicas, tales - como incrementar la dureza de compuestos para pisos, para me- jorar las propiedades de aislantes de los compuestos utiliza- dos para conducir corriente eléctrica, etc.

Como ejemplo de cargas usadas estan:
Arcilla China (aislamiento eléctrico),
Carbonatos de calcio (Propósitos generales),
Talco, Carbonato de magnesio ligero, sufato de bario, etc.

6) PIGMENTOS

Existen una gran variedad de pigmentos comerciales dis- ponibles, los cuales son recomendados para ser usados con - PVC.

Sin embargo, es conveniente seleccionar cuidadosamente- el ó los pigmentos que se van a utilizar en el procesamiento de la resina.

- 1.- Seleccionar un pigmento que resista las condiciones de operación a las que estará sujeta la resina.

- 2.- Evitar un pigmento que actúe negativamente contra el lubricante ó el estabilizador.
- 3.- Considerar si el pigmento no afectará las propiedades finales del compuesto.
- 4.- Seleccionar un pigmento que no se decolore antes del tiempo útil del compuesto.

Además de estas consideraciones técnicas es necesario hacer una evaluación económica con el fin de seleccionar el pigmento adecuado a las necesidades que se tengan.

A N E X O C

FORMULAS EMPLEADAS EN LA CARACTERIZACION
MECANICA DE LOS LAMINADOS PVC-IXTLE.

La resistencia a la flexión se determino mediante la formula

$$C = \frac{3}{2} \frac{P L}{b d^2} \quad \text{LAS UNIDADES DE } C \text{ SON Kg/cm}^2$$

DONDE: P= Carga máxima en Kg soportada por la muestra.
L= Longitud del claro en Cm.
b= Ancho de la muestra en Cm.
d= Espesor de la muestra en Cm.

Ahora , el módulo de elasticidad esta definido como:

$$E = \frac{1}{4} \frac{m L^3}{b d^3} \quad \text{LAS UNIDADES DE } E \text{ SON Kg/cm}^2$$

DONDE: m= Pendiente de la gráfica de - carga- desplazamiento.

La resistencia al corte se define como

$$J = \frac{3}{2} \frac{P}{b d} \quad \text{LAS UNIDADES DE } J \text{ SON Kg/mm}^2$$

Las variables ya han sido definidas anteriormente.

BIBLIOGRAFIA

A. PADILLA, P. FUENTES, A. GARCIA, LAMINADOS POLIETILENO HE-
NEQUEN, MEMORIAS DEL VII CONGRESO INTERAMERICANO DE TECNOLO-
GIA EN MATERIALES, (MEXICO, D.F., 1981)

MARVEL, SAMPLE AND ROY, (J. AM. CHEM. SOC., 57, 1939)

EDWARD A. COLLINS, PRINCIPLES OF MELT RHEOLOGY AND POLYMER -
PROCESSING WITH APPLICATIONS TO PVC (DIAMOND SHAMROCK CORPO-
RATION, 1980) p. 62 to 67

A. WHELAND AND J.L. CROFT, DEVELOPMENTS IN PVC PRODUCTION -
AND PROCESSING, (APPLIED SCI. PUB. LONDON, 1977)

J.A. BRYDSON, PLASTICS MATERIALS, 2d. ed., (ENGLAND LONDON -
LIFE BOOK LTD. 1969)

A.W. ADAMSON, PHYSICAL CHEMISTRY OF SURFACES, 2d. ed., (NEW-
YORK.: INTERSCIENCE PUBLISHER. 1962).

KIRK. OTHMER ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECNOLOGY FIBER VEGETA
BLE, AND VINYL POLYMERS (CHLORIDE), 2d. ed. (NEW YORK,: -
INTERSCIENCE PUBLISHERS, COPY RIGHT. 1968 BY JOHN WILEY AND-
SONS, INC.) p. 171 to 178, VOL. 9 AND p. 369 to 402 VOL. 21.

A. PADILLA, P. FUENTES, DESARROLLO DE TINACOS DE POLIETILENO Y CLORURO DE POLIVINILO DE ALTA RESISTENCIA A LA RADIACION SOLAR, (MEXICO, D.F., EN PRENSA, 1981)

A. GARCIA LEON, A. PADILLA, M. CASTRO CERVANTES, USO DE PVC-DE DESECHO EN LA PRODUCCION DE LAMINADOS XVII CONGRESO MEXICANO DE QUIMICA PURA Y APLICADA, (MEXICO, I.I.M. DEPTO. DE POLIMEROS U.N.A.M., 1982.)

NORMA D1037-72A. EVALUATING THE PROPERTIES OF WOOD BASE FIBER AND PARTICLE PANEL MATERIALS (ANNUAL BOOK OF ASTM. 1972) PART 22

A. PADILLA, P. FUENTES, J. CARDOSO, A. SANCHEZ. APROVECHAMIENTO DE DESECHOS PLASTICOS Y FIBRAS DURAS PRIMER-CONGRESO NACIONAL DE POLIMEROS, (MEXICO, I.I.M. PONENCIA PRESENTADA POR EL DEPTO. DE POLIMEROS 1982) p. 140-145.