



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

FACULTAD DE QUIMICA

BREVE ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCION DE POLIETILENO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE HENEQUEN

Amador del Prado Alejandro
INGENIERIA QUIMICA

M-19081

1980



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.

PRESIDENTE PROF. JULIO TERAN ZAVALA
VOCAL PROF. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE
SECRETARIO PROF. ROLANDO BARRON RUIZ
1er. SUPLENTE PROF. EDUARDO VALADEZ CUENCA
2er SUPLENTE PROF. MARGARITA GONZALEZ TERAN

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA :

CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES DE LA U.N.A.M.

SUSTENTANTE : ALEJANDRO AMADOR DEL PRADO

ASESOR : GUILLERMO ALCAYDE LACORTE



DEPTO. DE PASANTES Y
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

1.0. - INTRODUCCION

La existencia de los plásticos reforzados se debe básicamente a la curiosidad humana y a su continua búsqueda de materiales con mejores propiedades físicas y químicas. Debido a la fuerza de competencia económica en nuestra civilización hacen al ingeniero esforzarse en la obtención de materiales más ligeros, más duros o bien más resistentes a la corrosión y que el costo de éstos sea mínimo y su vida media mayor.

El reforzamiento de polímeros se practica ampliamente como una técnica para mejorar una o varias propiedades mecánicas de un material. El agente reforzante puede ser una partícula sólida o una fibra.

El término "reforzamiento" implica un aumento en la magnitud de alguna propiedad mecánica en su último valor.

El método comercial más antiguo de éstos productos fue el proceso Fiberfil el cual consiste del reforzamiento del poliestireno con fibra de vidrio, éste se llevaba a cabo por medio de un moldeo por inyección, éste método se llevó a la práctica en 1952 y a partir de éste proceso se han hecho una infinidad de materiales reforzados que cumplen los requerimientos que exigen los nuevos procesos que se han desarrollado en los últimos años.

2.0. - OBJETIVOS.

Los objetivos que persigue éste estudio en función de los parámetros de procesamiento o formulación son los siguientes:

2.1. - Obtención del volumen mínimo de fibra.

Se refiere a una fracción de volumen de fibra el cual debe ser excedido para que garantice que la falla en la mezcla ocurrirá inmediatamente después de que ocurra la falla en las fibras.

2.2. - Obtención del volumen crítico de fibra.

Es una fracción de volumen de fibra, la cual es un límite que debe ser excedido para que exista un reforzamiento, es decir un incremento en cuanto a su valor de la propiedad mecánica, en éste caso la tensión paralela.

2.3. - Obtención de la longitud crítica de fibra.

La obtención de ésta longitud nos asegura que la carga será transferida a la fibra a través del esfuerzo cortante sobre su superficie .

2.4. - Obtención de una expresión en la cual se caracterizará el efecto o contribución de las variables de proceso en el plástico reforzado. Comportamiento estudiado desde el punto de vista estadístico.

3.0. - GENERALIDADES.

Los materiales utilizados en el presente trabajo tienen la característica de que ambos son polímeros. El término polímero denota a una molécula hecha por la repetición de alguna unidad - simple llamada monómero.

Una clasificación de los polímeros que se puede dar es la de su utilidad en una industria. Estas industrias pueden ser identificadas en un sentido amplio como:

- a). - Industria de los plásticos.
- b). - Industria de las fibras.
- c). - Industria de los recubrimientos.
- d). - Industria de los elastómeros.
- e). - Industria de los adhesivos.
- f). - Industria de películas.
- g). - Industria compuesta por dos o más industrias citadas anteriormente.

Dentro de la industria de los plásticos existe una clasificación de acuerdo al tipo de producción y característica final del producto. Esta clasificación es la de Plásticos Termoplásticos y Plásticos Termofijos.

En cuanto a las fibras se clasifican como Fibras Naturales y Fibras Sintéticas. Las fibras naturales a su vez se clasifi-

can de acuerdo a su origen: Animal, vegetal y mineral. Las fibras sintéticas se clasifican en función de su composición química: Acrílica, poliéster, nylon, etc.

Con la conjunción de éstos dos polímeros podemos obtener un Plástico Reforzado. En el diseño de formulaciones de plásticos reforzados ciertas relaciones fundamentales se aplican y éstas son:

1. - Al aumentar flexibilidad usualmente significa una pérdida de resistencia química, algunas veces al intemperismo y muchas veces a la dureza.

2. - Al aumentar la dureza casi siempre aumenta la fragilidad y tras una pérdida al esfuerzo de impacto y de elasticidad.

Los reforzamientos más comunes son en un 30% aunque en aplicaciones comerciales van de 10% a un 50%.¹

3.1. - POLIETILENO.

Es un material termoplástico disponible en una amplia variedad de formulaciones con propiedades útiles como tenacidad en rangos de temperatura de -57°C a 93°C y rigidez con un rango desde flexible a rígido y con una resistencia química excelente. El plástico puede ser fabricado por todos los procesos termoplásticos, por tal motivo el polietileno es el de mayor producción y

consumo mundial, por su versatilidad y su bajo costo.²

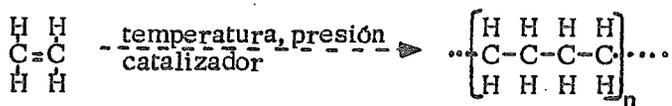
Las formulaciones son clasificadas primariamente por su densidad de la resina.

1). - Tipo I ASTM. Densidad relativa de 0.912-0.925 y designado como polietileno de baja densidad.

2). - Tipo II ASTM. Densidad relativa de 0.925-0.940 y referido como polietileno de densidad media.

3). - Tipo III ASTM. Densidad relativa de 0.940-0.965 comúnmente denominado como polietileno de alta densidad, lineal o polietileno de baja presión; dentro de cada una de las clasificaciones la densidad relativa se obtiene por el tipo de producción que se empleo para su manufactura.³

Composición Química. El polietileno es formado a partir de la polimerización del etileno bajo condiciones específicas de temperatura y presión y con la presencia de un catalizador, conforme a la ecuación:



La reacción es exotérmica y puede formar polímeros de peso molecular de 1,000 hasta de un millón. Los procesos de alta presión, los cuales normalmente producen los tipos I y II, usan oxígeno, peróxidos y otros oxidantes fuertes como cataliza-

dor. Los intervalos de presión varían de 15,000 a 40,000 psi. El polímero formado en el proceso a alta presión se caracteriza por ser altamente ramificado y el nivel de cristalinidad de éste polímero es aproximadamente del 65%.

Los procesos a baja presión producen polímeros del tipo III, pero variaciones de éste proceso son conocidas para producir los tipos I y II. Los catalizadores usados en los procesos a baja presión varían ampliamente, pero lo más frecuentemente usados son los alquilos metálicos en combinación con haluros de metal y óxidos de metal activado. Las presiones de la reacción normalmente caen en el intervalo de 50 a 200 psi.⁴

3.2. - HENEQUEN

Es una fibra que pertenece a la variedad de la fibra del Agave Sisal, su nombre científico es el de Agave Fourcroydes y los rangos de color van del blanco al amarillo rojizo con longitudes que van de 60 a 152 cm. Estas fibras presentan diámetros de 1/8 a 1/2 mm.²

Son caracterizadas por:

a). - Longitud de fibra. Se obtiene en medir fibra por fibra hasta llegar a la suma de 50 metros, después se divide la suma de los 50 metros entre la cantidad de fibras medidas y se obtiene el promedio de longitud por fibra.

b). - Índice de finura *

$$I. F = \frac{\text{Yardaje}}{\text{Kilotex x 1000}}$$

c). - Tenacidad

$$T = \frac{\text{Resistencia}}{\text{Denier}}$$

d). - Color de fibra. Se determina ópticamente.⁵

3.3. - REFORZAMIENTO

El reforzamiento consiste de un material más resistente a la tensión y de mayor módulo (henequén) envuelto en una matriz de menor módulo (polietileno).

La propiedad mecánica que interesa evaluar es el esfuerzo de tensión paralela que presenta la mezcla. Y se entiende por esfuerzo a la máxima carga soportada por el compuesto dividida por su área de sección transversal inicial del material.

* Las definiciones de yardaje, kilotex y denier se dan en el apéndice I.

Para un compuesto conteniendo más que una fracción de volumen de fibra (volumen mínimo), el máximo esfuerzo se alcanza en una elongación total igual a la elongación de las fibras en su último esfuerzo a la tensión. Este esfuerzo del material viene dado por:

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma'_m (1 - V_f) \dots\dots (1)$$

Donde:

σ_f Es el último esfuerzo a la tensión de la fibra.

σ'_m Es el esfuerzo de la matriz cuando la elongación de la mezcla es tal que las fibras son elongadas a su última elongación.

V_f Es la fracción de volumen de fibras.

Esta ecuación es esencial para considerar las ventajas de reforzamiento por fibras. En la forma dada arriba se asume que todas las fibras tienen el mismo esfuerzo último de tensión y la misma elongación para éste esfuerzo.

La variación de σ_c con V_f dado por la ecuación (1), se encuentra experimentalmente, además indica que el esfuerzo promedio de la matriz es menor que el de las fibras y por tal motivo se utiliza la capacidad de soporte de carga de la fibra.

Si las fibras están para producir un material más resistente que la matriz no reforzada, el esfuerzo del compuesto debe -

ser mayor que el último esfuerzo a la tensión de la matriz, es -
to es:

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma'_m (1 - V_f) \cdot, \sigma_c > \sigma_u \dots\dots (2)$$

Donde σ_u es el esfuerzo último a la tensión de la matriz.

Esta ecuación ayudará a definir la fracción de volumen crítico -
(V_c) de fibra. Este debe ser excedido para que exista un reforza
miento por fibra, tal que se cumpla la ecuación (1).

$$\sigma_f V_f + \sigma'_m (1 - V_f) > \sigma_u$$

$$\sigma_f V_f + \sigma'_m - \sigma'_m V_f > \sigma_u$$

$$V_f (\sigma_f - \sigma'_m) > \sigma_u - \sigma'_m$$

$$V_f > \frac{\sigma_u - \sigma'_m}{\sigma_f - \sigma'_m}$$

$$V_c = \frac{\sigma_u - \sigma'_m}{\sigma_f - \sigma'_m} \dots\dots (3)$$

Donde ($\sigma_u - \sigma'_m$) es un esfuerzo debido al trabajo de
endurecimiento de la matriz. Para pequeños valores de V_f el -
comportamiento del compuesto puede ser muy diferente del dado

por la ecuación (1), si todas las fibras fallarán en una sección transversal, el compuesto presentaría una falla al menos que la matriz dúctil pueda soportar la carga. En la elongación de ruptura de las fibras, el esfuerzo promedio sobre la matriz es $\bar{\sigma}_m$. El máximo esfuerzo que puede soportar la matriz es $\bar{\sigma}_u$; pero $\bar{\sigma}_u$ es mayor que $\bar{\sigma}_m$; así que la falla de todas las fibras producirá una falla inmediata en el compuesto únicamente si:

$$\bar{\sigma}_c = \bar{\sigma}_f V_f + \bar{\sigma}_m (1 - V_f) > \bar{\sigma}_u (1 - V_f) \dots\dots(4)$$

Esta ecuación de volumen mínimo (V_m) el cual debe sobrepasarse, de la ecuación (4).

$$\bar{\sigma}_f V_f + \bar{\sigma}_m - \bar{\sigma}_m V_f > \bar{\sigma}_u (1 - V_f)$$

$$V_f (\bar{\sigma}_f + \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m) > \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m$$

$$V_f > \frac{\bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m}{\bar{\sigma}_f + \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m}$$

$$V_m = \frac{\bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m}{\bar{\sigma}_f + \bar{\sigma}_u - \bar{\sigma}_m} \dots (5)$$

El volumen mínimo se determina gráficamente por la construcción de una gráfica $\bar{\sigma}_c$ contra V_f y por la intersección de la recta correspondiente dadas por la ecuación (1) y por $\bar{\sigma}_c = \bar{\sigma}_u -$

(1 - Vf).

El volumen mínimo es siempre menor que el volumen crítico y debe enfatizarse que si la incorporación de fibras son para producir un compuesto con mayor esfuerzo a la tensión que la matriz no reforzada, entonces la fracción de volumen mínimo debe excederse. En las ecuaciones (3) y (5) se asume que ninguna alteración en las características del trabajo de endurecimiento de la matriz es producido por la presencia de las fibras.

Cuando una mezcla contiene fibras discontinuas y éstas son tensionadas en dirección paralela a las fibras, los desplazamientos axiales son diferentes a causa de la diferencia en el módulo elástico, ésta diferencia de desplazamientos produce esfuerzos cortantes en la matriz en todos los planos paralelos a los ejes de las fibras. Estos esfuerzos cortantes son el mecanismo por el cual las cargas de tensión soportadas por la matriz y la fibra son distribuidas entre los dos componentes.

Si las fibras son las que soportan la mayor carga, entonces la curva esfuerzo de tensión contra la elongación de la matriz debe tener menor pendiente que la de las fibras, así que los desplazamientos en la matriz son mayores que en la fibra y los esfuerzos cortantes resultantes producen mayor esfuerzo de tensión en las fibras que en la matriz.

Este esfuerzo es aplicado a la fibra por esfuerzos cortantes en la interfase, así que físicamente uno debe siempre tener:

$$\frac{dP}{dz} = 2 \pi r_0 \tau_{rz} r_0 \quad \dots (6)$$

τ es función de r y z

$$\text{Para una fibra delgada } p = \nabla_z z \pi r_0^2$$

Cuando la matriz fluye plásticamente, conforme se aplica la carga en el compuesto se llevan diferentes desplazamientos tanto en la matriz como en las fibras y los esfuerzos cortantes se producen en las terminales de las fibras.

Cuando el flujo ocurre, las elongaciones en la matriz nunca serán mayores de $\nabla m / E_m$, donde ∇m es el esfuerzo de la matriz. El flujo de la matriz a lo largo de las fibras significa que $\tau_{rz} r_0$ nunca será mayor de τ , que es el esfuerzo de corte en la matriz. Cuando el compuesto se sujeta a una elongación e , mayor que la elongación producida en la matriz, la elongación total de la matriz se producirá, entonces el esfuerzo producido será igual a τ .

Asumiendo que es independiente de z e integrando la ecuación (6), se obtiene

$$P = 2 \pi r_0^2 z \tau \quad \dots (7)$$

Pero P es $\pi r_0^2 \bar{v}_{zz}$ es el esfuerzo en la fibra a una distancia z de la terminal, igualando (6) y (7), se obtiene:

$$\bar{v}_{zz} = \frac{2 \tau z}{r_0} \quad \dots (8)$$

La elongación en la fibra no puede ser mayor que la elongación de la mezcla e , así que \bar{v}_{zz} será construida hasta el valor de eE_f , puesto que la fibra soporta la carga en ambas terminales, una fibra de longitud l será lo bastante grande para ser tensionada a la elongación de la mezcla con tal que:

$$l \gg \frac{r_0 E_f e}{\tau}$$

Es posible romper una fibra por flujo plástico de la matriz, siempre que el esfuerzo alcance al esfuerzo de fractura, esto es \bar{v}_{zz} sea igual a V_f . Si l_c se define como la longitud crítica de fibra, se tiene que:

$$\frac{l_c}{d} = \frac{V_f}{2\tau}$$

La longitud $l_c/2$ se define como la longitud de transferencia. El valor de l_c depende de τ .

Para fibras de longitud $\gg l_c$ la elongación promedio en la matriz es igual a e , la elongación de la matriz.

Cuando una mezcla contiene fibras discontinuas, el esfuerzo de tensión en las fibras no es uniforme. El esfuerzo promedio

es entonces menor que el esfuerzo de fractura $\bar{\sigma}_f$, cuando una fibra se extiende hasta la falla. El esfuerzo promedio es:

$$\frac{1}{L_0} \int_0^1 \bar{\sigma}_{zz} dz$$

Si $\bar{\sigma}_{zz}$ en la ecuación (8) es constante, el esfuerzo promedio en una fibra hasta que su elongación de ruptura sobre su porción central es entonces dada por:

$$\bar{\sigma} = \frac{\bar{\sigma}_f}{L} (L - L_c) + \frac{\bar{\sigma}_f}{L} \frac{L_c}{2} \quad \dots (10)$$

Si no es constante, el esfuerzo promedio puede ser escrito por

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma}_f \left[1 - (1 - \beta) \frac{L_c}{L} \right] \quad \dots (11)$$

Para determinar el esfuerzo último de tensión de una mezcla conteniendo fibras discontinuas, se sustituye el valor del esfuerzo promedio de las fibras en la ecuación (1) obteniéndose:

$$\bar{\sigma}_c = \bar{\sigma}_f V_f \left[1 - (1 - \beta) \frac{L_c}{L} \right] + \bar{\sigma}_m (1 - V_f) \quad ; \quad V_f > V_m$$

Es útil escribir esta ecuación como

$$\bar{\sigma}_c = \bar{\sigma}_f V_f \left[1 - \frac{1 - \beta}{\alpha} \right] + \bar{\sigma}_m (1 - V_f) \quad ; \quad V_f > V_m \quad \dots (12)$$

La falla ocurre si

$$\bar{\sigma}_c \geq \bar{\sigma}_u (1 - V_f) + \frac{\beta}{\alpha} \bar{\sigma}_f V_f \quad \dots (13)$$

Combinando las ecuaciones (12) y (13)

$$\bar{V}_m = \frac{\bar{V}_U - \bar{V}_m'}{\bar{V}_f \left(1 - \frac{1-\beta}{\alpha}\right) - \bar{V}_m' + \bar{V}_U \frac{\beta}{\alpha} \bar{V}_f} \quad \dots (14)$$

La fracción de volumen crítico necesario para que el esfuerzo del compuesto sea mayor que el de la matriz no reforzada, es dado por

$$\bar{V}_U (1 - V_f) + \bar{V}_f V_f > \bar{V}_U$$

$$\bar{V} \frac{\beta}{\alpha} > \bar{V}_U \quad \dots (15)$$

Y de las ecuaciones (12) y (15)

$$\bar{V}_c = \frac{-\bar{V}_m' + \bar{V}_U}{\bar{V}_f \left(1 - \frac{1-\beta}{\alpha}\right) - \bar{V}_m'} \quad \dots (16)$$

Asumiendo una construcción llineal de la parte final de la fibra ($\beta = 1/2$), la condición es que el esfuerzo último de las fibras es mayor que el de la matriz, de la ecuación (15) $\bar{V}_U < \frac{\beta}{\alpha} \bar{V}_f$; bajo estas condiciones el esfuerzo de la mezcla es dado por:

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f \bar{V}_m' (1 - V_f) > \bar{V}_U < 2\beta \bar{V}_f \quad ; L = l_c$$

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f / 2 + \bar{V}_U (1 - V_f) \quad \dots (17)$$

Determinación de l_c . La longitud crítica se obtiene a partir de la ecuación (12).

$$\bar{V}_c = \bar{V}_f V_f \left(1 - \frac{1-\beta}{\alpha}\right) + \bar{V}_m' (1 - V_f) \quad ; L > l_c$$

Derivando ésta ecuación con respecto al volumen de fibra y asumiendo que $\beta=1/2$, obtenemos.

$$\frac{d \bar{V}_c}{d V_f} = (\bar{V}_f - \bar{V}_m) - \frac{\bar{V}_f}{2} \frac{L_c}{L} \quad ; \quad L > L_c \quad \dots(18)$$

3.4. - PRODUCCION DE LOS COMPUESTOS.

Un moldeo elemental por compresión fué hecho a través de un molde* en una prensa hidraulica de 300 toneladas y una superficie de 30" x 30" con platos calentados con corriente eléctrica.

El procedimiento en la elaboración de los especímenes de prueba, fué el siguiente:

1). - Se impregna la superficie del molde, así como la de las platinas que lo sellan con un desmoldante.

2). - Se adiciona al molde las fibras de henequén y el polietileno que requiere la formulación* y se tapa el molde con las platinas.

3). - Se introduce el molde a la prensa, contando ésta ya con la temperatura del moldeo (150°C o 170°C).

4). - Se precalienta el compuesto durante tres minutos, después del cual se ejerce una presión constante de 500 psi a través del plato móvil de la prensa, se mantiene estas condiciones

*Ver apéndice IV.

durante 10 minutos.

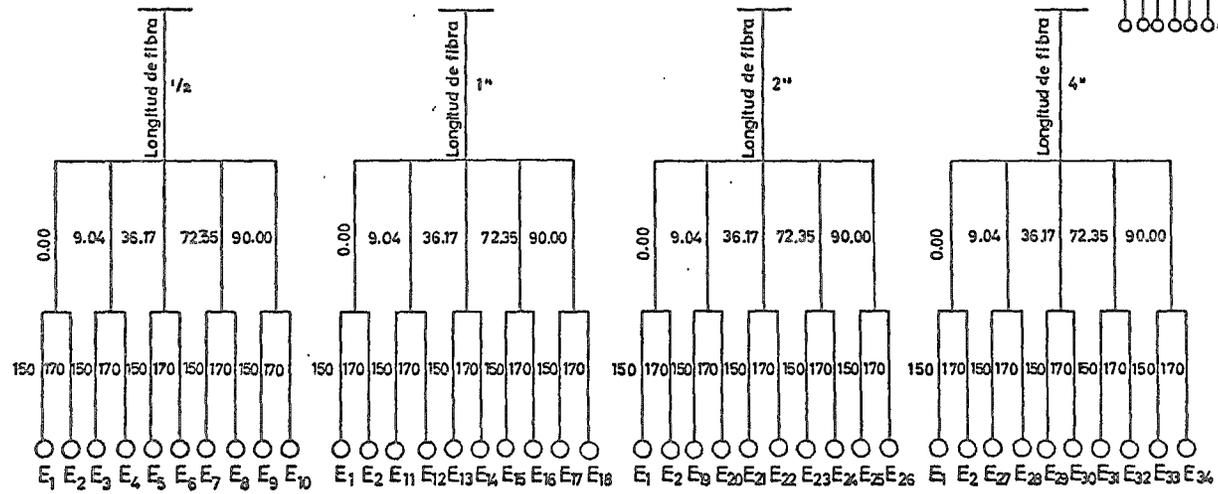
5). - Después de éste tiempo, se deja enfriar el molde - hasta una temperatura de 50°C.

6). - Se extrae el compuesto del molde.

7). - Se preparan los especímenes de prueba de tensión paralela de acuerdo a las normas de ASTM.⁷

8). - Se prueban éstos especímenes de acuerdo a las nor-
mas recomendadas por la ASTM.⁸

DIAGRAMA DE PRODUCCION



E = ESPECIMEN

4.0. - RESULTADOS

4.1. - Obtención del esfuerzo de tensión paralela del espécimen de prueba. Para obtener éste esfuerzo, es necesario adoptar una norma para el acondicionamiento, el desarrollo de la prueba y la obtención del resultado deseado mediante la aplicación de la norma elegida. En el presente trabajo se siguió las normas recomendadas por la ASTM. Estas normas recomiendan una geometría y un espesor específico para el espécimen de prueba, con el fin de que éste contenga un número suficiente de fibras en cualquier sección transversal, para que los valores obtenidos sean estadísticamente representativos del volumen del compuesto.

De acuerdo a tales normas se obtienen valores de la máxima carga soportada por el espécimen, mediante la siguiente ecuación, y con el valor de la carga, se obtiene el esfuerzo de tensión paralela del espécimen.

$$\sigma_c \text{ (esfuerzo de tensión //, Kg/cm}^2\text{)} = \frac{p \text{ (carga, en Kg)}}{b \text{ (espesor)} d \text{ (ancho)}}$$

Tanto el ancho como el espesor se miden en cm.

Los valores de los esfuerzos obtenidos son mostrados en la tabla 4.1.

4.1. - Obtención del volumen crítico y del volumen mínimo.

Estos se obtienen gráficamente por la construcción de una

gráfica de \bar{V}_c contra V_f , tal como se muestra en las gráficas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. Los valores obtenidos de éstas gráficas se reportan en la tabla 4.2.

En éstas gráficas las rectas que se muestran se obtienen, mediante la ec. (1) y $\bar{V}_c = \bar{V}_U(1 - V_f)$.

4.2. - La obtención de la longitud crítica. Esta se obtiene mediante la construcción de una gráfica de acuerdo a la ecuación (18) y esto es; graficar $d\bar{V}_c/dV_f$ contra $l/\text{longitud de fibra}$. Tal como se muestra en la gráfica 4.5.

RESULTADOS DE LAS LONGITUDES CRITICAS.

LONGITUD DE FIBRA	T=150°C
	T=170°C
1/2 plg	lc=1.788
	lc=2.123
1 plg	lc=3.351
	lc=3.394
2 plg	lc=6.403
	lc=0.7025
4 plg	lc=16.128
	lc=11.106

Y con los promedios de \bar{V}_m y \bar{V}_f , además con la pendiente obtenida de la gráfica 4.5, se obtiene la longitud crítica para cada una de las temperaturas.

$$t=150^{\circ}\text{C}, l_c=5.01$$

$$t=170^{\circ}\text{C}, l_c=5.25$$

Los valores de las longitudes críticas son en centímetros.

VALORES DEL ESFUERZO DE TENSION
PARALELA (kg/cm²).

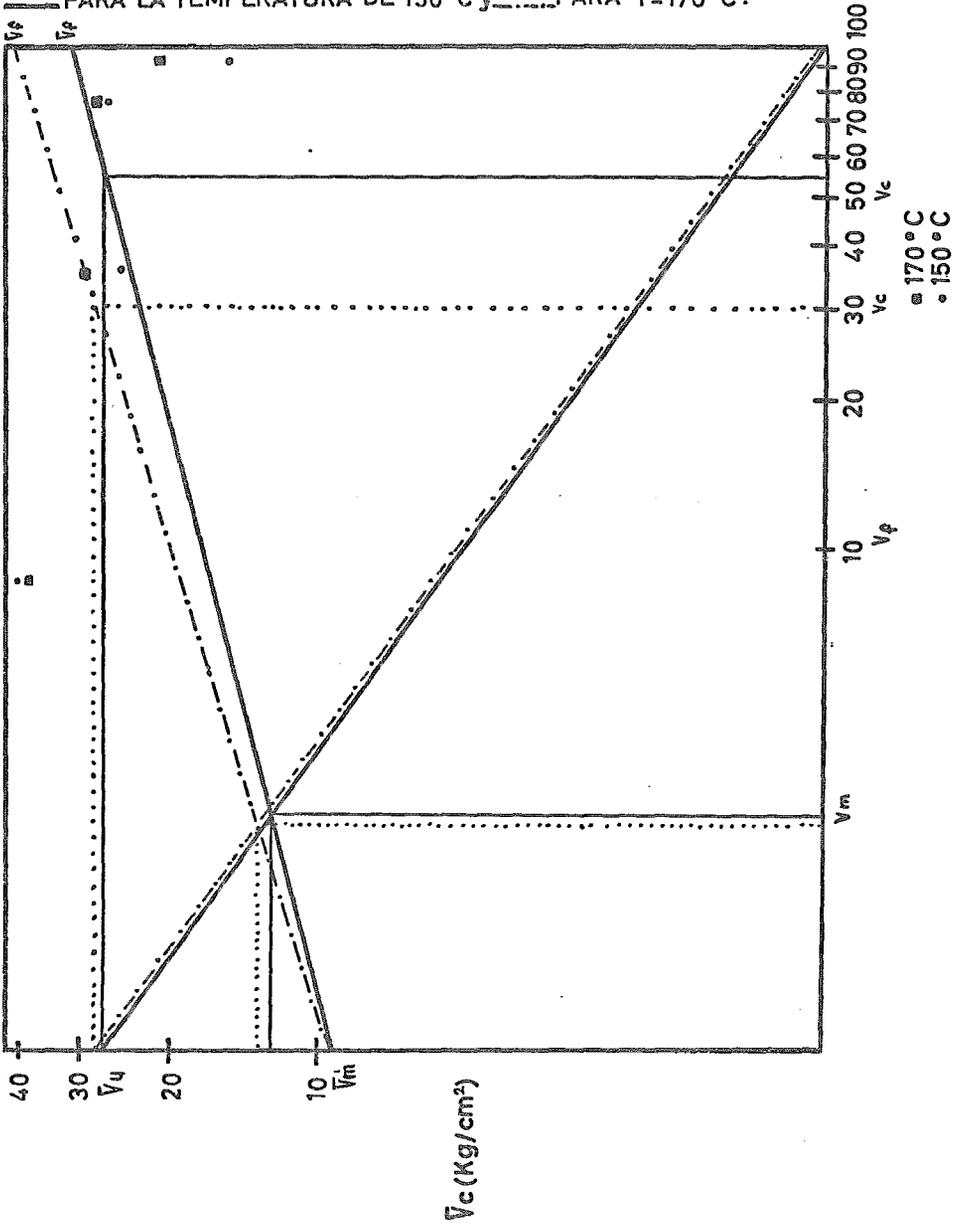
LONGITUD DE FIBRA	PORCIENTO EN VOLUMEN DE FIBRA				
	0,00	9,04	36,17	72,35	90,00
1/2"	26.864	40.528	25.470	27.790	23.000
	27.790	40.528	33.580	28.340	24.600
1"	26.864	33.580	35.894	35.846	20.840
	27.790	38.210	40.528	39.370	22.464
2"	26.864	42.840	25.470	28.940	18.527
	27.790	28.940	28.940	28.940	23.158
4"	26.864	42.840	34.738	24.316	20.379
	27.790	46.170	52.107	25.474	24.316

22

tabla 4.1

GRAFICA 4.1

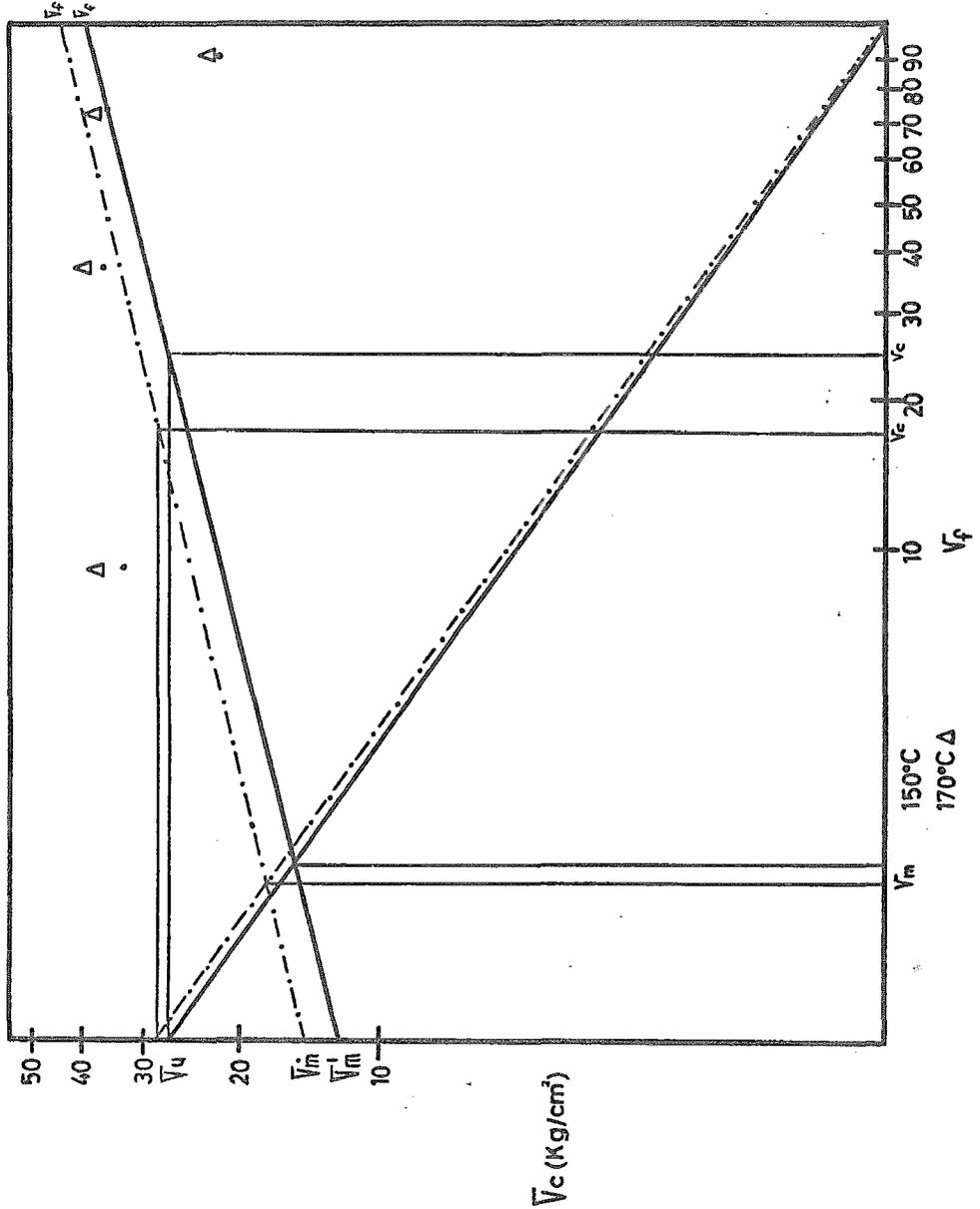
OBTENCION DEL VOLUMEN MINIMO Y DEL VOLUMEN CRITICO PARA EL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE HENEQUEN DE 1/2 PULGADA PARA LA TEMPERATURA DE 150°C y..... PARA T=170°C.



GRAFICA 4.2

OBTENCION DEL VOLUMEN MINIMO Y CRITICO PARA EL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE HENEQUEN CON LONGITUD DE 1 PULGADA.

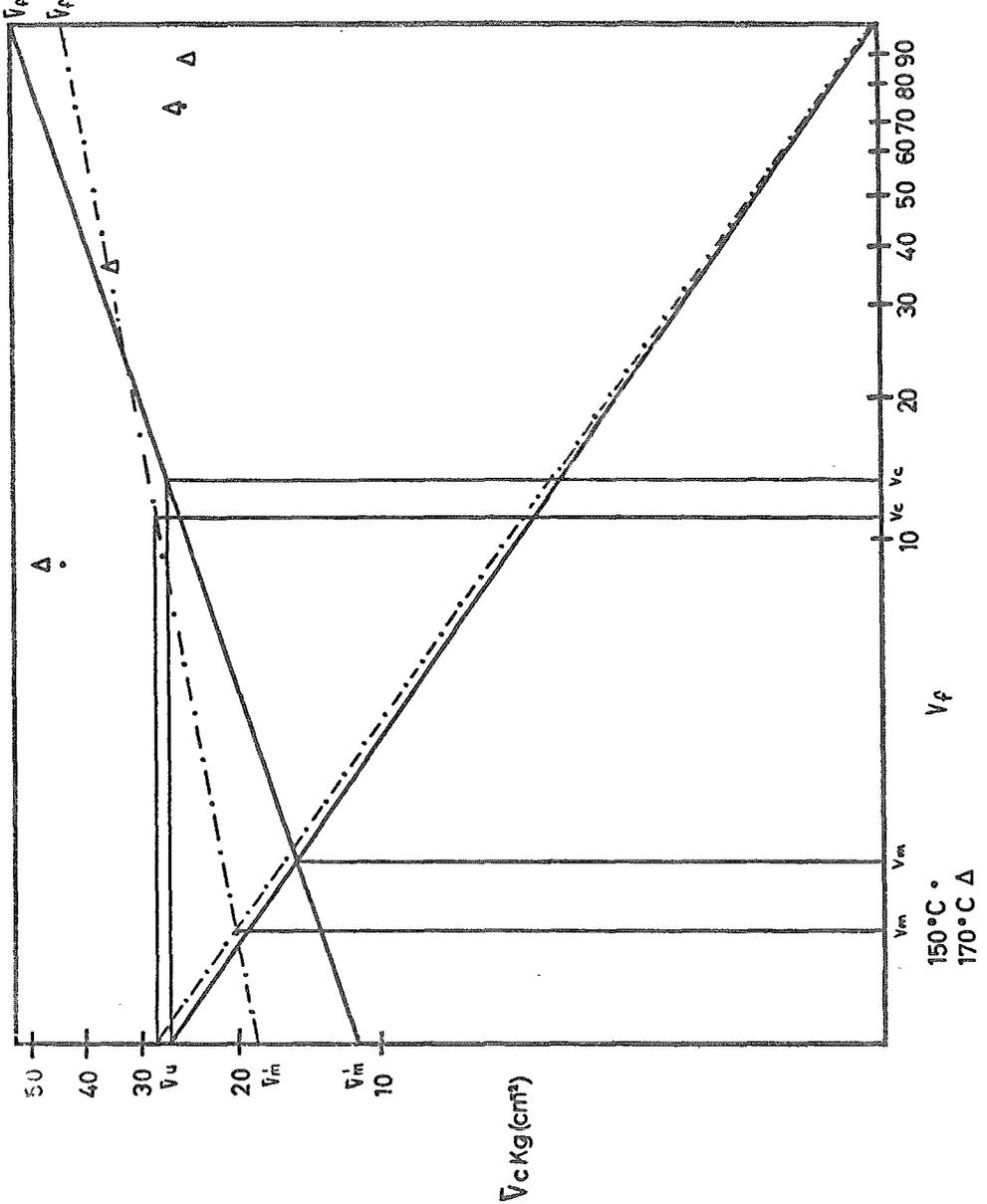
— PARA $T=150^{\circ}\text{C}$ y - - - PARA $T=170^{\circ}\text{C}$



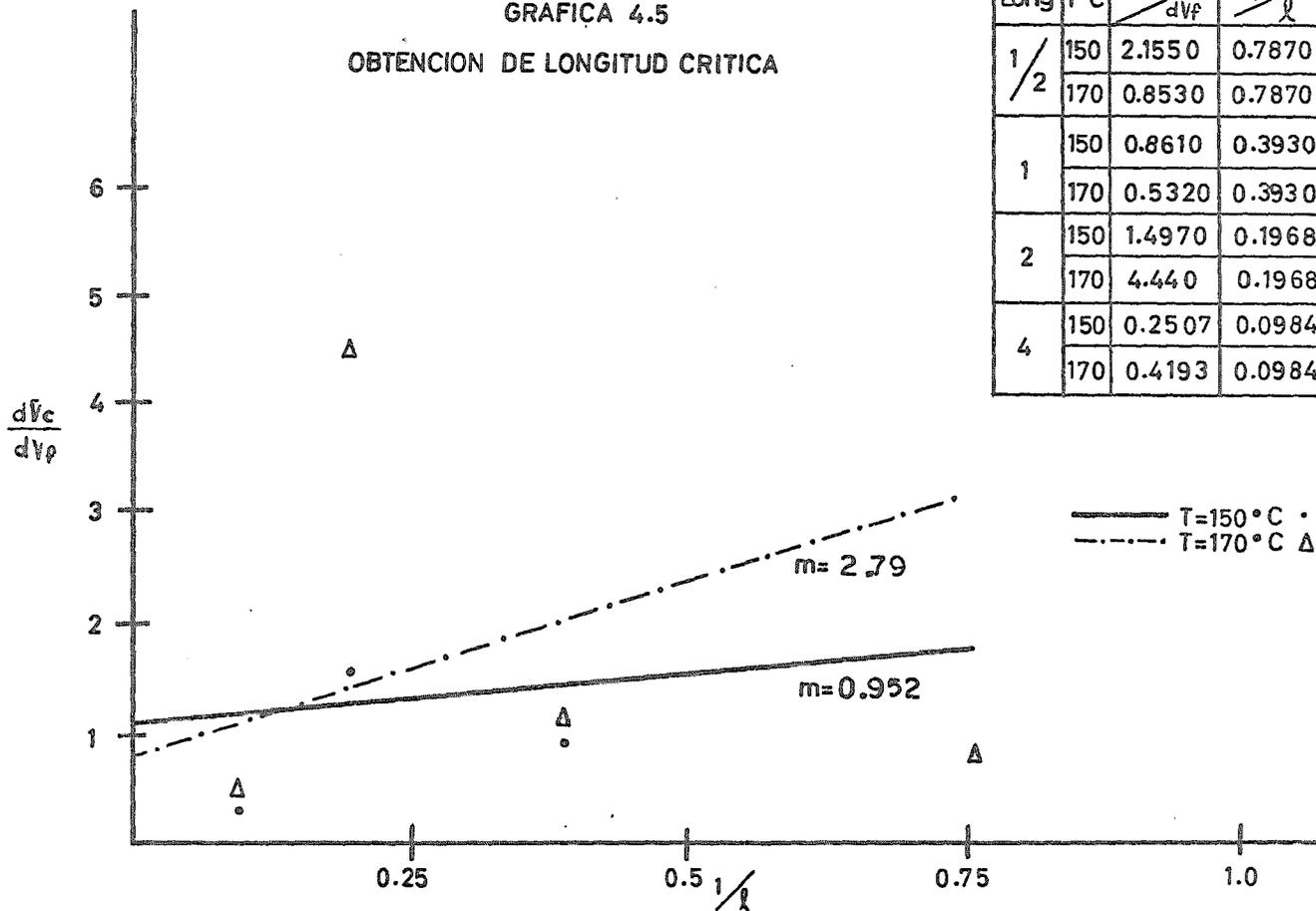
GRAFICA 4.4

OBTENCION DEL VOLUMEN CRITICO Y MINIMO PARA EL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE HENEQUEN DE LONGITUD DE 4 PULGADAS.

PARA T=150°C y --- PARA T=170°C



GRAFICA 4.5
OBTENCION DE LONGITUD CRITICA



Long	T°C	$\frac{dV_c}{dV_p}$	$\frac{1}{l}$
1/2	150	2.1550	0.7870
	170	0.8530	0.7870
1	150	0.8610	0.3930
	170	0.5320	0.3930
2	150	1.4970	0.1968
	170	4.440	0.1968
4	150	0.2507	0.0984
	170	0.4193	0.0984

RESULTADOS

LONGITUD DE FIBRA	% en vol. de fibra		\bar{V}_m	\bar{V}_f	T °C
	V _{min}	V _{crit}			
1/2"	2.857	50.650	9.480	31.650	150
	2.718	30.020	9.480	41.470	170
1"	2.390	24.310	11.880	37.320	150
	2.111	17.700	13.800	43.050	170
2"	2.520	36.000	10.750	33.110	150
	1.310	30.000	22.760	29.220	170
4"	2.369	13.296	11.023	54.598	150
	1.608	11.161	18.174	40.955	170

tabla 4.2

5.0. - DISCUSION.

La parte fundamental de éste estudio, se basa en el comportamiento del compuesto en cuanto a la propiedad mecánica obtenida en función de las diferentes longitudes de fibra utilizadas.

Dicho comportamiento del compuesto es caracterizado por la evaluación del volumen mínimo, el volumen crítico y de la longitud crítica.

Con el cálculo de éstas cantidades, mostrarán el grado de reforzamiento que se puede lograr con cada longitud de fibra y cual de éstas longitudes dará un mayor grado de reforzamiento.

El grado de reforzamiento se define en función del volumen mínimo encontrado, es decir si el volumen mínimo es igual a cero, entonces el reforzamiento se podrá lograr en cualquier fracción de volumen de fibra.

El cálculo del volumen crítico garantiza un factor de seguridad en el reforzamiento, ya que al tener una fracción de volumen mayor garantiza un soporte de carga mayor, en caso de que en una sección transversal, ocurrá que las fibras fallen y por ende, ocurrá una falla inmediata en la mezcla.

La evaluación de la longitud crítica, es una cantidad la cual debe ser excedida para garantizar que la fibra de soporte puede ser elongada hasta la elongación máxima del compuesto.

Con el análisis de regresión, se encuentra el modelo matemático más adecuado para la predicción de la variable dependiente (esfuerzo de tensión) en función de las variables independientes (longitud de fibra y porcentaje en volumen de fibra). La aceptación de un modelo matemático propuesto se basa en el análisis de variancia, y la cantidad que nos permite evaluar el modelo es el coeficiente de regresión múltiple, cuando este coeficiente es 1, el modelo matemático predice con toda exactitud la variable dependiente.

En base a lo anteriormente dicho, la elección de un modelo matemático, será en base al modelo propuesto que tenga un coeficiente de regresión múltiple más cercano al valor de más uno o de menos uno.

6.0. - CONCLUSIONES.

Del análisis de los resultados que se reportan en la tabla 4.1, se puede concluir que para una longitud de fibra mayor se obtiene un mejor reforzamiento y que éste reforzamiento se logra en un rango en por ciento en volumen de fibra de un 10% a un 40%, además éstos resultados indican que por una falta de adherencia entre el henequén y el polietileno no se obtiene un reforzamiento con un por ciento con un por ciento con un por ciento en volumen de fibra mayor.

Otra conclusión que se obtiene de acuerdo a lo expuesto en la sección anterior y de los parámetros de formulación de un compuesto, obtenidos de la tabla 4.2, es que los compuestos que presentan un mayor grado de reforzamiento son los compuestos producidos con una longitud de fibra mayor.

Del apéndice V de la sección siete, y de acuerdo a lo expuesto en la sección anterior, los modelos matemáticos que nos caracterizan los efectos de las variables de proceso y de acuerdo de un análisis estadístico son los siguientes:

Para una temperatura de 150°C

$$\nabla_C = 38.3879 - 0.1819(V) + 0.16603(L)$$

Para una temperatura de 170°C

$$\nabla_C = 37.8145 - 0.1689(V) + 0.63354(L)$$

Donde:

V es el % en volumen de fibra

L es la longitud de fibra en cm.

\bar{V}_c es el esfuerzo de tensión paralela en Kg/cm².

Estos modelos se obtuvieron de las regresiones realizadas en los programas 4 y 10 respectivamente.

En cuanto a la longitud crítica, los resultados que se presentan en la sección cuatro, muestran que para longitudes de fibra mayores de 2 pulgadas, los compuestos pueden ser elongados hasta la elongación máxima del compuesto.

La conclusión que se puede dar de acuerdo con lo expuesto en el desarrollo de éste trabajo, es que las fibras de mayor longitud presentan compuestos con propiedades mecánicas superiores a los compuestos hechos con una longitud de fibra menor de dos pulgadas.

7.0. - APENDICES.

- I. - CARACTERIZACION DEL HENEQUEN.
- II. - DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE UN SOLIDO.
- III. - PROPIEDADES FISICAS DEL HENEQUEN Y DEL POLIETILENO.
- IV. - COMPOSICION DE LOS COMPUESTOS.
- V. - ANALISIS DE REGRESION.

APENDICE I

El henequén queda caracterizado por;

a). - Longitud de fibra. Se obtiene en medir fibra por fibra hasta llegar a la suma de 50 metros. Después se divide ésta suma entre la cantidad de fibras medidas y se obtiene el promedio de longitud por fibra.

b). - Índice de finura. Se define por la expresión:

$$I. F. = \frac{\text{Yardage}}{\text{Kilotex} \times 100}$$

donde;

$$\text{Kilotex} = \frac{\text{Peso de fibras}}{50 \text{ metros}}$$

$$\text{Yardage} = \frac{\text{cte del henequén (1489)}}{\text{Kilotex}}$$

c). - Tenacidad. Esta se define con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{\text{Resistencia en gramos}}{\text{Denier}}$$

donde:

$$\text{Denier} = \frac{9000 \times \text{Peso}}{\text{Longitud}}$$

c). - Color de fibra. - Se determina ópticamente. ⁵

APENDICE II

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

Una de las propiedades físicas que caracterizan a un polímero es la densidad, y ésta es definida como la masa que ocupa un cuerpo en un volumen dado.

En la determinación de la densidad tanto del henequén como del polietileno se utilizó un picnómetro.

El principio que rige la utilización del picnómetro es el de arquímedes que dice que todo cuerpo sumergido en el interior de un líquido sufre un empuje ascendente igual al peso desalojado y que numéricamente es igual al volumen desalojado.

La densidad de una muestra se puede determinar por la siguiente ecuación:

$$D_m = \frac{M_m (M_{ap} - M_p)}{V (M_{ap} - M_s + M_m)}$$

donde: D_m es la densidad de la muestra

M_m es la masa de la muestra

M_p es la masa del picnómetro

V es el volumen de aforo del picnómetro

M_{ap} es la masa que tiene el picnómetro con el líquido uti lizado para la determinación.

M_s es la masa del sistema (masa del agua remanente, - más la masa de la muestra, más la masa del picnó- metro).

APENDICE III

La fibra de henequén con la que se realizo éste estudio, -
presenta las siguientes características :

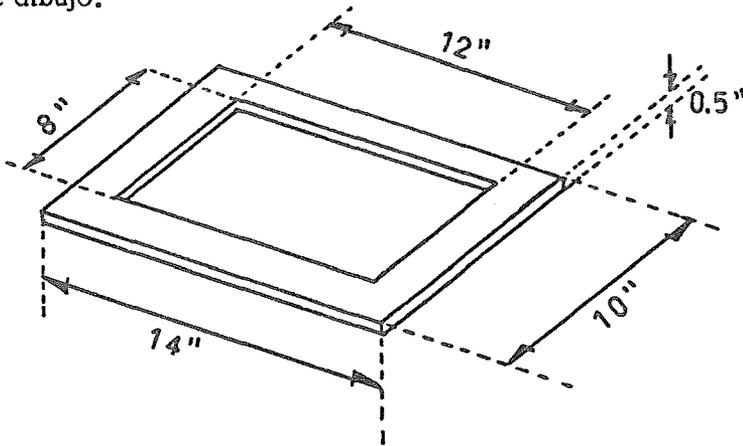
- a). - Longitud de fibra: 86 centímetros.
- b). - Índice de Finura: $3.123 \text{ cm}^2/\text{gr}$
- c). - Tenacidad: 4.216 gr/denier
- d). - Color: Fibra de color blanco ligeramente amarilla ro
za.
- e). - Densidad: 0.5547 gr/cm^3 .

El polietileno con el que se trabajó presenta las siguien--
tes características:

- a). - Densidad: 0.8941 gr/cm^3 .
- b). - Punto de fusión: 112°C .

APENDICE IV

Los moldes empleados, se hicieron con acero Cold Roll, -
y sus dimensiones son mostradas en el si
guiente dibujo.



Volumen del molde = 786.58 cm^3

Los especímenes se hicieron de acuerdo con las siguientes cantidades:

% de fibra	masa de fibra	masa de polietileno
0	0	703.78
9.04	39.44	639.70
36.17	157.84	448.90
72.35	315.67	194.45
90.00	392.68	70.32

El cálculo de las masas es de acuerdo a la ecuación:

$$M_i = V \times \text{Densidad} \times \text{Fracc. en volumen}$$

siendo:

V = volumen del molde

La densidad, ver valores para el henequén como del polietileno en el Apendice III.



APENDICE V

Este apéndice muestra un paquete de resultados obtenidos a través de diferentes tipos de regresión.

Cada uno de los programas reporta:

1. - Matrices

2. - Residuos. En el cual predice el valor de la variable dependiente y además el residuo con respecto al valor experimental.

El objetivo de desarrollar éste paquete de programas, es el de encontrar una expresión matemática que permita, predecir el valor de la variable dependiente (esfuerzo de tensión) a través del conocimiento de las variables independientes, que en éste caso son las variables del proceso de producción del tablero o compuesto.

Las variables que se suministraron al programa como independientes fueron: la longitud de fibra y el porcentaje en volumen de fibra.

En los paquetes de resultados con los diferentes tipos de regresión (lineal, semilogarítmica y logarítmica) se colocaron como variables independientes el porcentaje en volumen y la longitud de fibra, en otro caso se colocó como única variable independiente el porcentaje en volumen de fibra.

APENDICE V

Una de las técnicas estadísticas más importantes y de las más útiles para el área de Ingeniería es el análisis estadístico en el cual se desarrollan modelos matemáticos para representar situaciones físicas.

Este tipo de análisis es llamado Análisis de Regresión y se interesa en el desarrollo de una relación funcional específica. Lo dicho en éste párrafo puede expresarse como

$$y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n).$$

La aplicación del análisis de regresión involucra cuatro etapas:

- 1). - Selección de un modelo.
- 2). - Cálculo de coeficientes.
- 3). - Prueba estadística del modelo.
- 4). - Evaluación del modelo para determinar una dirección para su mejoramiento.

Cada uno de los programas desarrollados involucra éstas cuatro etapas.

En la selección del modelo, se eligió como tal la línea recta: $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$ (y) $y = b_0 + b_1 x$

Se hizo una regresión del tipo lineal, semilogarítmico y logarítmico tomando como modelo la línea recta.

El cálculo de coeficientes se reporta también en los resultados que presenta el programa, éste cálculo se realiza generalmente por mínimos cuadrados.

APENDICE V

La etapa tres es necesaria y muy importante, debido que determina la variable dependiente en función de la o las variables independientes, desarrollando ésta etapa el cálculo del análisis de variancia. Este análisis nos determina la dispersión de los datos calculados por la expresión encontrada, comparados con los datos experimentales.

Por tal motivo se desarrolla el error de la suma de los cuadrados, ésto se reporta en los programas como residuales y se calcula por la expresión $Res = \sum y^2 - b_0 \sum y - b_1 \sum xy$.

Sin embargo la variación esperada de corrida a corrida es relacionada a la suma de cuadrados de totales, ésta se encuentra por la expresión: $Totales = (\text{Var. dep} - y)^2$

Así, para determinar el significado del modelo es necesario determinar cual es la variación que ha sido considerada por la (s) variable independientes, ésta cantidad es llamada coeficiente de regresión y se encuentra por la expresión: $\text{Coef. de Regresión} = \text{Total} - \text{Residuales}$.

LISTA DE PROGRAMAS

PROGRAMA	VARIABLES INDEPENDIENTES		TIPO DE REGRESION
	L.DE FIBRA	% EN VOLUMEN	
1		X	LINEAL
2		X	S.LOGARITMICA
3		X	LOGARITMICA
4	X	X	LINEAL
5	X	X	S.LOGARITMICA
6	X	X	LOGARITMICA
7		X	LINEAL
8		X	S.LOGARITMICA
9		X	LOGARITMICA
10	X	X	LINEAL
11	X	X	S.LOGARITMICA
12	X	X	LOGARITMICA

JOB DEE *****
PRG DEE = 12A
DATA DEE = 1ES
ANALYSIS = MLTR
DATA = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRAOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUI WEIGHTS=

PROGRAMA 1

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 1
SAMPLE SIZE = 17
INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VOLUMEN	38.39547	33.77716
2	TENSION	30.23310	3.49663

NORMAL MATRIX -

1

ROW 1
16254.3498

CORRELATION MATRIX -

1 2

ROW 1	1.0000	-0.7186
ROW 2	-0.7186	1.0000

JOB DLF= *****
 PROC DLF= TEN
 DATA DLF= TES
 ANALYSIS= MULTR
 DATA SLT= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT	39.06114	
	VOLUMEN	-0.18654	-0.71857

STANDARD ERROR OF ESTIMATE	=	6.09560
COEFFICIENT OF DETERMINATION	=	0.51835
COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)	=	0.48419
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT	=	0.71857
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ)	=	0.69578

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.04512	0.17956	-4.002	99.908

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R2-DELETE
1	VOLUMEN	-0.71857	0.51835

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	1	595.6211	595.6211	16.6140	99.981
RESIDUAL	15	557.3446	37.1563		
TOTAL	16	1152.9657			

JOB DEF = ****
 PROC DEF = TEN
 DATA DEF = TEN
 ANALYSIS = MULT
 DATA SLT = 1

TEMPERATURE OF 150 MICRONS CENTIGRADES

OBSERVATIONS: 17 READS 17 PROCESSED 0 REJECTED 0 REJECTED 0 REJECTED 0 REJECTED

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	24.86400	37.88042	-12.01642
2	44.52800	37.42902	7.09898
3	25.47500	37.53046	-7.06046
4	27.79000	25.99874	1.79126
5	23.05000	25.81213	-0.23782
6	33.58000	37.42900	-3.84902
7	34.89400	37.53046	-3.36514
8	35.89600	27.99874	7.89722
9	27.84000	27.81211	-0.07211
10	42.81000	37.42900	5.41092
11	22.47000	37.53046	-7.06046
12	22.54000	25.99874	-2.89944
13	19.22700	25.81211	-2.82516
14	42.84000	37.42900	5.41092
15	34.73800	37.53046	-2.20714
16	24.31600	25.99874	-1.05278
17	20.37900	25.81211	-2.43311

DURBIN-WATSON U STATISTIC = 2.73147

JOB DEF = *****
PRDC DEF = TEM
DATA DEF = TES
ANALYSIS = MULT
DATA SET = 1

TEMPERATURA LL 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 OBJECTS. SUB WEIGHTS=

PROGRAMA 2

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS
Semi-logarithmic

PROBLEM NUMBER = 2
SAMPLING SIZE = 17
INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION
VAR LABEL MEAN STD DEVIATION

1	VOLUNT.	1.48859	0.57096
2	TENSION	30.2318	0.4063

NORMAL MATRIX =
1

ROW 1
4.7867

CORRELATION MATRIX =
1 2

ROW 1	1.0000	-0.5125
ROW 2	-0.5125	1.0000

JOB DEF = *****
 PROC DEF = TEL
 DATA DEF = TEL
 ANALYSIS = MONTH
 DATE SET 1

TEMPERATURE LL 150 GRADUS CENTIGRADUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED

OBJECTIVE. SLIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (DELTA) COEFFICIENTS =

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	DELTA COEFFICIENT
1	INTERCEPT VOLUME	72.07256 -7.05126	-0.51246
	STANDARD ERROR OF ESTIMATE	=	7.52657
	COEFFICIENT OF DETERMINATION	=	0.26261
	COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)	=	0.21345
	MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT	=	0.51246
	MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ)	=	0.46201

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS =

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUME	3.77016	0.27172	-2.311	96.636

PARTIAL CORRELATIONS AND R-SQUARE =

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R-SQUARE
1	VOLUME	-0.51216	0.00000

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	1	302.6271	302.6271	5.3421	96.456
RESIDUAL	15	879.7386	58.6492		
TOTAL	16	1182.3657			

JOB DEF
 PROC DEF
 DATA DEF
 ANALYSIS
 DATA SET

 TIES
 MULT 1

TEMPERATURE LL 150 GRADDS CENTIGRADDS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	26.86400	45.01200	-18.14800
2	46.52300	34.46976	12.05324
3	29.44700	29.01167	0.43533
4	27.79000	27.25763	0.53237
5	23.05000	26.53382	-3.48382
6	33.58000	34.46976	-0.88976
7	35.89000	29.01167	6.87833
8	35.89000	27.25763	8.63237
9	26.84000	26.53382	0.30618
10	42.84000	34.46976	8.37024
11	25.44700	29.01167	-3.56467
12	26.94000	27.25763	-0.31763
13	16.52700	26.53382	-10.00682
14	42.84000	34.46976	8.37024
15	34.73000	29.01167	5.71833
16	24.31000	27.25763	-2.94763
17	20.37000	26.53382	-6.16382

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.53176

JOB DEF = *****
 PROC DEF = TLL
 DATA DEF = TES
 ANALYSIS = MULTR
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CELSIUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

PROGRAMA 3

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM DIMLR = 2
 SAMPLE SIZE = 17
 INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VOLUMEN	1.5209	0.51666
2	TENSION	1.0447	0.12052

NORMAL MATRIX -

1
 ROW 1 4.7667

CORRELATION MATRIX -

	1	2
ROW 1	1.0000	-0.5132
ROW 2	-0.5132	1.0000

JOB DEF = *****
 PROC DEF = TEN
 DATA DEF = TES
 ANALYSIS = MULT
 DATE = SE 1

TEMPERATURE ALL 150 GRADES CENTIGRADES

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SCA WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRE COEFFICIENT	SIGN	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT	-1.13470		
	VOLUMEN	-0.17419		-0.51822

STANDARD ERROR OF ESTIMATE	==	0.10645
COEFFICIENT OF DETERMINATION	==	0.26855
COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)	==	0.21979
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT	==	0.51822
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ)	==	0.46882

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.74866	0.27082	-2.347	96.669

PARTIAL CORRELATIONS AND R²-DELTA -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R ² -DELTA
1	VOLUMEN	-0.51822	2.48683E-12

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	1	0.0624	0.0624	5.5072	96.691
RESIDUAL	15	0.1700	0.0113		
TOTAL	16	0.2324			

JOB REF = *****
 PROC REF = TEL
 DATA REF = TEL
 ANALYSIS = MULT
 DATA SET = 1

TEMPERATURE LL 150 GRADES CENTIGRADES

OBSERVATIONS: 17 REAL, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	1.42217	1.62476	-0.20259
2	1.60771	1.52551	0.08220
3	1.40003	1.45671	-0.05672
4	1.44389	1.42237	0.02152
5	1.30267	1.41155	-0.10888
6	1.52008	1.52551	-0.00543
7	1.55505	1.45675	0.09830
8	1.55505	1.42237	0.13268
9	1.31090	1.41155	-0.10065
10	1.63165	1.52551	0.10614
11	1.40003	1.45675	-0.05672
12	1.40003	1.42237	0.02152
13	1.26781	1.41155	-0.14374
14	1.63165	1.52551	0.10614
15	1.54000	1.45675	0.08325
16	1.30267	1.42237	-0.11970
17	1.30910	1.41155	-0.10245

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.47038

JOB DEF= ****
 PROC DEF= TEN
 DATA DEF= TES
 ANALYSIS= MULTR
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

PROGRAMA 4

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 2
 SAMPLE SIZE = 17
 INDEPENDENT VARIABLES = 2

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	ST. DEVIATION
1	VOLUMEN	78.39647	33.77716
2	LONGITUD	4.33882	1.52461
3	TENSION	30.23310	5.48663

NORMAL MATRIX -

	1	2
ROW 1	10254.03498	180.7195
ROW 2	180.7195	198.7656

CORRELATION MATRIX -

	1	2	3
ROW 1	1.0000	0.3949	-0.7186
ROW 2	0.3949	1.0000	0.0002
ROW 3	-0.7186	0.0002	1.0000

JOB DEF= ****
 PROC DEF= TEN
 DATA DEF= LES
 ANALYSIS= MULT
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ 17 PROCESSED 0 REJECTED 0 SUFFICIENTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT	38.38792	
2	VOLUMEN	-0.18219	-0.77512
2	LONGITUD	0.16703	0.65896

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 6.27871
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.52100
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.45204
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.72184
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.67278

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERK BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.34660	0.19580	-1.800	89.086
2	LONGITUD	0.14737	0.19580	0.371	26.188

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R2-DELETE
1	VOLUMEN	-0.72184	0.51635
2	LONGITUD	0.59871	0.51635

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	2	300.4512	300.2256	7.6106	99.422
RESIDUAL	14	331.9145	39.4225		
TOTAL	16	1132.3657			

JOB DEF = ****
 PROC DEF = IEN
 DATA DEF = IES
 ANALYSIS = MULT
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

UBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	24.86400	33.37176	-11.50776
2	44.52800	33.95180	10.57620
3	25.47000	32.00905	-6.53905
4	27.79000	23.41750	4.37250
5	23.05000	22.20180	0.84820
6	33.58000	37.16280	-3.58280
7	35.89600	32.21991	3.67609
8	35.89600	23.32038	12.57562
9	20.84000	22.41275	-1.57275
10	42.84000	37.55430	5.28570
11	25.47000	32.66300	-7.19300
12	28.94000	23.65000	5.29000
13	18.52000	23.16440	-4.64440
14	42.84000	33.44280	9.39720
15	34.73000	31.48000	3.25000
16	24.31000	23.85954	0.45046
17	20.37900	23.67792	-3.29892

CURPIN-WATSON D STATISTIC = 2.71223

JOB NO: *****
 PROC NO: = TEL
 DATA SET: = TEL
 ANALYSIS: = TOLTR
 DATA SET: = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

PROGRAMA 5

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM FORM = ^{SEMILOGARITHMIC} 1

SAMPLE SIZE = 17

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD. DEVIATION
1	VOLUMEN	1.77809	0.54096
2	LONGITUD	0.57248	0.36241
3	TENSION	30.23316	0.44003

NORMAL MATRIX -

	1	2
ROW 1		
ROW 2	4.7667	0.8207
ROW 3	0.8267	2.1014

CORRELATION MATRIX -

	1	2	3
ROW 1			
ROW 2	1.0000	0.2607	-0.5125
ROW 3	0.2607	1.0000	0.0013
ROW 4	-0.5125	0.0013	1.0000

JOB DEF = *****
 PROC DEF = TEL
 DATA DEF = TES
 ANALYSIS = MULT
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 OBJECTS. SUM WEIGHTS =

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT	41.17372	
	VOLUMEN	-0.55827	-0.55016
2	LONGITUD	3.38702	0.14425

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 7.6874
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.2821
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.1795
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.5312
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.4237

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	3.43030	0.23455	-2.346	96.161
2	LONGITUD	5.48264	0.23455	0.617	45.441

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R2-DELETE
1	VOLUMEN	-0.53115	1.57072E-06
2	LONGITUD	0.17263	0.26261

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	2	39.1017	19.5509	2.7509	96.17%
RESIDUAL	14	67.9646	4.8546		
TOTAL	16	107.0663			

JOB DEF= *****
 PROC DEF= TLU
 DAT DEF= TES
 ANALYSIS= ULTR
 DATA SET= 1

TEMPERATURE LL 150 GRADDS CELTIGRADDS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	20.86400	41.17372	-1.430972
2	40.52800	33.36324	-1.316476
3	25.47000	28.22286	-1.2275286
4	27.79000	25.65266	-1.2213732
5	23.05000	24.84340	-1.179340
6	33.58000	34.38295	-1.080295
7	35.89000	39.24334	-1.066534
8	35.89000	36.67239	-1.0922361
9	20.84000	25.66310	-1.0502310
10	42.84000	35.40237	-1.3743735
11	25.47000	25.5067	-1.478067
12	28.94000	27.20211	-1.324789
13	18.52700	26.62264	-1.35584
14	42.84000	36.42236	-1.641762
15	34.73000	31.22201	-1.3345599
16	24.31600	28.71183	-1.439583
17	20.37900	27.90255	-1.52355

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.47238

JOB DEF= *****
 PROC DEF= TEN
 DATA DEF= TES
 ANALYSIS= MULTR
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

PROGRAMA 6

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

LOGRATICA
 PROBLEM NUMBER = 1
 SAMPLE SIZE = 17
 INDEPENDENT VARIABLES = 2
 DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VOLUMEN	1.48899	0.57696
2	LONGITUD	0.52248	0.36241
3	TENSION	1.48467	0.17052

NORMAL MATRIX -

	1	2
ROW 1	4.7667	0.8267
ROW 2	0.8267	2.1014

CORRELATION MATRIX -

	1	2	3
ROW 1	1.0000	0.2607	-0.5182
ROW 2	0.2607	1.0000	-0.0201
ROW 3	-0.5182	-0.0201	1.0000

JOB DEF = *****
 PROC DEF = TEN
 DATA DEF = TES
 ANALYSIS = PLTR
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	PLTA COEFFICIENT
	INTERCEPT	1.22301	
1	VOLUMEN	-0.42127	-0.55037
2	LONGITUD	0.04103	0.12337

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 0.10912
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.28274
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.18027
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.53173
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.42458

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.05166	0.23445	-2.347	96.873
2	LONGITUD	0.07797	0.23445	0.526	39.444

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R2-DELETE
1	VOLUMEN	0.53166	0.0040
2	LONGITUD	0.1926	0.26055

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	2	0.0657	0.0329	2.7593	90.233
RESIDUAL	14	0.1667	0.0119		
TOTAL	16	0.2324			

JOB DEF = *****
 PRDC DEF = TEN
 DATA DEF = TCS
 ANALYSIS = MULT
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 150 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS =

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	1.42917	1.62381	-0.19464
2	1.66771	1.51211	0.15560
3	1.40003	1.43909	-0.03306
4	1.44389	1.40257	0.04132
5	1.38267	1.39108	-0.00840
6	1.52806	1.52446	0.00360
7	1.55505	1.45144	0.10361
8	1.55505	1.41492	0.14012
9	1.31090	1.40343	-0.08453
10	1.63185	1.53681	0.09504
11	1.40003	1.42305	-0.02302
12	1.46150	1.42707	0.03443
13	1.26781	1.41578	-0.14797
14	1.63185	1.54916	0.08269
15	1.54000	1.47614	0.06386
16	1.38584	1.43902	-0.05318
17	1.30918	1.42813	-0.11894

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 2.40404

JOB DEF= ***
 PRUC DEF= FAR
 DATA DEF= TES
 ANALYSIS= MULTR
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SLW WEIGHTS=

PROGRAMA 7

M U L T I P L E L I N E A R R E G R E S S I O N A N A L Y S I S

PROBLEM NUMBER = 1
 SAMPLE SIZE = 17
 INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VOLUMEN	48.93765	13.84654
2	TENSION	32.40147	9.25130

NORMAL MATRIX =

1

RCW 1
 1.03510839

CORRELATION MATRIX =

1

2

RCW 1 1.0000 -0.5890
 RCW 2 -0.5890 1.0000

JOB DEF= ****
 PROC DEF= PAR
 DATA DEF= RES
 ANALYSIS= MULTR
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT	40.25984	
	VOLUMEN	-0.18091	-0.59904

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 7.72118
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.34697
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.30343
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.58904
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.55085

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.05700	0.20865	-2.823	98.938

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R2-DELETE
1	VOLUMEN	-0.58904	0.00000

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	1	475.1353	475.1353	7.9699	98.715
RESIDUAL	15	894.2483	59.6162		
TOTAL	16	1369.3836			

JOB DEF = ****
 PRUC DEF = PAR
 DATA DEF = LES
 ANALYSIS = MULT
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS =

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	27.79000	40.25984	-12.46984
2	31.52000	33.80523	-3.28523
3	31.58000	31.43980	-0.35980
4	31.34000	23.41814	-0.27814
5	31.60000	25.77812	-1.17812
6	31.21000	34.50523	-0.59523
7	31.55000	34.43980	6.08820
8	31.37000	23.41814	10.75186
9	31.46000	25.77812	-3.31812
10	31.54000	33.80523	-9.86523
11	31.59000	31.43980	-5.40980
12	31.54000	23.41814	-0.32186
13	31.52700	25.77812	-7.25112
14	31.41700	33.80523	7.36477
15	31.51000	31.43980	17.66820
16	31.47400	23.41814	-3.14414
17	31.31600	25.77812	-1.46212

DURBIN-WATSON U STATISTIC = 1.6305

JOB DEF = ****
PROC DEF = PAR
DATA DEF = TES
ANALYSIS = MULT
DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS =

PROGRAMA 8

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 2
SAMPLE SIZE = 17
INDEPENDENT VARIABLES = 1
DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VOLUMEN	1.48899	0.59696
2	TENSION	32.40147	9.25130

NORMAL MATRIX -

1

RUM 1 4.7867

CORRELATION MATRIX -

1 2

RUM 1 1.0000
RUM 2 -0.3284
RUM 2 -0.3284 1.0000

JOB DEF = *****
 PROC DEF = PAR
 DATA DEF = TLS
 ANALYSIS = MULTR
 DATA SET = 1

TEMPERATURA IL 170 GRADUS CENTIGRADUS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	META COEFFICIENT
1	INTERCEPT	40.67136	-0.37637
	VOLUMEN	-5.255403	
STANDARD ERROR OF ESTIMATE		=	9.02486
COEFFICIENT OF DETERMINATION		=	0.10783
COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)		=	0.04835
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT		=	0.32837
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ)		=	0.21986

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR META	T VALUE	CRIF
1	VOLUMEN	4.12500	0.24388	-1.346	80.416

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R2-DELETE
1	VOLUMEN	-0.32837	65.09708% - 13

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CUM LEVEL
REGRESSION	1	147.6566	147.6566	1.8129	80.184
RESIDUAL	15	1221.7270	81.4485		
TOTAL	16	1369.3836			

JOB DEF= ***PAR
 DATA DEF= TES
 ANALYSIS= MULT
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	27.79000	40.67136	-12.88136
2	42.52000	35.36077	7.15923
3	33.58000	32.01624	1.56376
4	38.34000	30.03397	8.30603
5	44.60000	35.83743	8.76257
6	40.21000	35.50777	4.70223
7	40.53000	32.01624	8.51376
8	33.97000	33.53397	0.43603
9	44.44000	35.83743	8.60257
10	38.94000	35.50777	3.43223
11	40.94000	32.01624	8.92376
12	40.94000	33.53397	7.40603
13	40.94000	35.83743	5.10257
14	46.52700	39.01743	7.50953
15	46.17000	35.36077	10.80923
16	32.10400	32.01624	0.08776
17	24.47400	30.34397	-5.86997
17	24.31600	29.81743	-5.50143

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.74567

JOB DEF= ****
PRC DEF= PAR
DATA DEF= TES
ANALYSIS= MULT
DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

PROGRAMA 9

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

LOGARITMICA
PROBLEM NUMBER = 2
SAMPLE SIZE = 17
INDEPENDENT VARIABLES = 1

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VOLUMEN	1.48899	0.57696
2	TENSION	1.40436	0.12190

NORMAL MATRIX -

1

ROW 1 4.7867

CORRELATION MATRIX -

1 2

ROW 1	1.0000	-0.3624
ROW 2	-0.3624	1.0000

PROJ DEF = *****
 DATA DEF = PAR
 ANALYSIS = TLES
 DATA SET = MULTR 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED

0 REJECTED, SUM WEIGHTS =

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT VOLUMEN	1.61461 -0.24076	-0.36239
	STANDARD ERROR OF ESTIMATE	=	0.11734
	COEFFICIENT OF DETERMINATION	=	0.13132
	COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)	=	0.07341
	MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT	=	0.36239
	MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ)	=	0.27095

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR META	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.05363	0.24065	-1.506	84.955

PARTIAL CORRELATIONS AND R²-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R ² -DELETE
1	VOLUMEN	-0.36239	2.09398E-12

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	1	0.0312	0.0312	2.2677	84.714
RESIDUAL	15	0.2065	0.0138		
TOTAL	16	0.2377			

JOB DEF = ***P**
 PRG DEF = PER
 DATA DEF = TCS
 ANALYSIS = MULTR
 DATA SET = 1

TEMPERATURA IC 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ 17 PROCESSED 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	1.44389	1.61461	-0.17073
2	1.62867	1.53739	0.09128
3	1.52008	1.48876	0.03132
4	1.45240	1.46444	-0.01204
5	1.39094	1.45678	-0.06585
6	1.58218	1.53739	0.04479
7	1.66776	1.48876	0.17900
8	1.59517	1.46444	0.13072
9	1.35149	1.45678	-0.10530
10	1.46150	1.53739	-0.07589
11	1.46150	1.48876	0.02726
12	1.46150	1.46444	0.02294
13	1.26781	1.45678	-0.18898
14	1.06436	1.53739	-0.47303
15	1.71090	1.48876	0.22215
16	1.40610	1.46444	-0.05834
17	1.38589	1.45678	-0.07089

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.84584

JOB DEF = *****
 PROC DEF = PAR
 DATA DEF = TES
 ANALYSIS = MULTR
 DATA SET = 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SLM WEIGHTS =

PROGRAMA 10

M U L T I P L E L I N E A R R E G R E S S I C A A N A L Y S I S

PROBLEM NUMBER = 2
 SAMPLE SIZE = 17
 INDEPENDENT VARIABLES = 2
 DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VCLUMEN	48.93765	33.84654
2	LONGITUD	4.48000	3.59500
3	TENSION	32.40147	9.29130

NORMAL MATRIX =

	1	2
RCH 1	18351.0839	233.0960
RCH 2	233.0960	206.7844

CORRELATION MATRIX =

	1	2	3
RCH 1	1.0000	0.1197	-0.5890
RCH 2	0.1197	1.0000	0.1722
RCH 3	-0.5890	0.1722	1.0000

JOB DEF = *****
 PROC DEF = PARS
 DATA DEF = TEST
 ANALYSIS = MULTI
 DATA SET =

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SUM WEIGHTS =

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT	37.31458	
2	VOLUMEN	-0.16896	-0.61850
	LONGITUD	0.53354	0.27419

STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 7.61789
 COEFFICIENT OF DETERMINATION = 0.40571
 COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ) = 0.32956
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT = 0.63774
 MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ) = 0.56741

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.25664	0.22735	-0.583	99.155
2	LONGITUD	0.53354	0.22735	1.187	74.835

PARTIAL CORRELATIONS AND R2-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R2-DELETE
1	VOLUMEN	-0.42337	0.02965
2	LONGITUD	0.30346	0.34697

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	2	554.9452	277.4726	4.1907	97.413
RESIDUAL	14	812.4368	58.0313		
TOTAL	16	1369.3836			

JOB DEF ** ** **
 PROC DEF ** **
 DATA DEF ** **
 ANALYSIS ** **
 DATA SET ** **
 MULT 1
 F A R
 T E S T R
 I

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED, SLM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	27.79000	37.81458	-10.02458
2	33.52800	37.79582	-5.43618
3	33.38000	32.50807	1.40719
4	33.34000	25.63926	1.94474
5	22.60000	23.64120	-1.18680
6	37.10000	37.89442	-0.31358
7	40.28000	33.31266	7.21534
8	33.37000	27.19986	1.27018
9	33.37000	24.99780	1.17518
10	33.34000	33.96532	-0.45632
11	33.34000	33.31266	0.02734
12	33.34000	34.69526	-1.35526
13	33.34000	23.30906	10.03094
14	33.34000	23.30906	10.03094
15	33.34000	23.30906	10.03094
16	33.34000	23.30906	10.03094
17	33.34000	23.30906	10.03094

DLR BIN-WAITSCH U STATISTIC = 1.68347

IDU DEF= *****
 PRDC DEF= PAR
 DATA DEF= TES
 ANALYSIS= MULT
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

PROGRAMA 11

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 1
 SAMPLE SIZE = 17
 INDEPENDENT VARIABLES = 2
 DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN	STD DEVIATION
1	VOLUMEN	1.48899	0.54696
2	LONGITUD	0.52248	0.36241
3	TENSION	32.46147	9.25130

NORMAL MATRIX =

	1	2
ROW 1		
ROW 2	4.7867	0.8267
ROW 3	0.6267	2.1014

CORRELATION MATRIX =

	1	2	3
ROW 1			
ROW 2	1.0000	0.2607	-0.3284
ROW 3	0.2607	1.0000	0.1092
ROW 4	-0.3284	0.1092	1.0000

JOB DEF ## *****
 PROC DEF ## PAR
 DATA DEF ## TLE
 ANALYSIS ## MULTR
 DATA SET ## 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
	INTERCEPT	39.25564	
1	VOLUMEN	-6.47552	-0.31285
2	LONGITUD	5.33570	0.20902

STANDARD ERROR OF ESTIMATE	=	9.12596
COEFFICIENT OF DETERMINATION	=	0.14855
COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)	=	0.02891
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT	=	0.38542
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ)	=	0.16405

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS -

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR BETA	T VALUE	CRIF
1	VOLUMEN	4.32055	0.25544	-1.499	84.773
2	LONGITUD	6.52081	0.25544	0.818	57.547

PARTIAL CORRELATIONS AND R²-DELETE -

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R ² -DELETE
1	VOLUMEN	-0.37184	0.01193
2	LONGITUD	0.41364	0.11743

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF. LEVEL
REGRESSION	2	203.4184	101.7092	1.2212	67.557
RESIDUAL	14	1165.9652	83.2832		
TOTAL	16	1369.3836			

JHE
 PROC
 DATA
 ANALYSIS
 DATA

L
 LEFT
 SET

 HRRH

 P
 A
 R
 T
 I
 C
 L
 E

 M
 U
 L
 T
 I

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS:

17 READ

17 PROCESSED

0 DEFECTS - SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	27.79000	39.25564	-11.46564
2	42.52400	33.61782	8.90618
3	33.56000	39.71840	-6.15840
4	28.34000	37.76868	-9.42868
5	24.60000	37.15476	-12.55476
6	38.221000	35.22403	3.00000
7	40.52400	31.32460	9.20000
8	39.37000	29.37489	9.99511
9	32.46400	28.76099	3.70301
10	38.94000	36.83023	2.10977
11	38.94000	32.91249	5.99751
12	28.94000	30.98110	-2.04110
13	18.52700	30.36710	-11.84010
14	46.17000	38.43644	7.73356
15	52.10800	34.53701	17.57099
16	25.47400	32.58730	-7.11330
17	24.31600	31.97340	-7.65740

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.71860

JOB DEF= *****
 PROC DEF= PAR
 DATA DEF= TES
 ANALYSIS= MULTR
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SLM WEIGHTS=

PROGRAMA 12

MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

PROBLEM NUMBER = 1
 SAMPLE SIZE = 17
 INDEPENDENT VARIABLES = 2

DEPENDENT VARIABLE = TENSION

VAR	LABEL	MEAN STD DEVIATION	
1	VOLUMEN	1.48899	0.57696
2	LONGITUD	0.52248	0.36241
3	TENSION	1.49436	0.12190

NORMAL MATRIX -

	1	2
ROW 1		
ROW 2	4.7867	0.8267
ROW 3	0.8267	2.1014

CORRELATION MATRIX -

	1	2	3
ROW 1			
ROW 2	1.0000	0.2607	-0.3624
ROW 3	0.2607	1.0000	0.0486
ROW 4	-0.3624	0.0486	1.0000

JOB DEF= *****
 PROC DEF= PAR
 DATA DEF= TES
 ANALYSIS= MULTR
 DATA SET= 1

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUB WEIGHTS=

REGRESSION COEFFICIENTS AND STANDARDIZED (BETA) COEFFICIENTS =

VAR	LABEL	REGRESSION COEFFICIENT	BETA COEFFICIENT
1	INTERCEPT	1.60092	
2	VOLUMEN	-0.0968	-0.40239
	LONGITUD	0.05162	0.15347

STANDARD ERROR OF ESTIMATE	=	0.11991
COEFFICIENT OF DETERMINATION	=	0.15328
COEFFICIENT OF DETERMINATION (ADJ)	=	0.03232
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT	=	0.39151
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT (ADJ)	=	0.17977

STANDARD DEVIATIONS AND T VALUES OF COEFFICIENTS =

VAR	LABEL	STD ERROR	STD ERR META	T VALUE	CONF
1	VOLUMEN	0.05677	0.25473	-1.580	86.739
2	LONGITUD	0.08568	0.25473	0.602	44.620

PARTIAL CORRELATIONS AND R²-DELETE =

VAR	LABEL	PARTIAL CORR	R ² -DELETE
1	VOLUMEN	-0.38894	0.09236
2	LONGITUD	0.15897	0.13132

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE OF VARIATION	DEGREES FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F RATIO	CONF LEVEL
REGRESSION	2	0.0364	0.0182	1.2672	68.798
RESIDUAL	14	0.2013	0.0144		
TOTAL	16	0.2377			



JOB DEF ***
 PROC DEF PAR
 DATA LIST FTS
 ANALY SET H H H
 DATA MULT I

TEMPERATURA DE 170 GRADOS CENTIGRADOS

OBSERVATIONS: 17 READ, 17 PROCESSED, 0 REJECTED. SUM WEIGHTS=

TABLE OF RESIDUALS

OBS	ACTUAL Y	PREDICTED Y	RESIDUAL
1	1.44389	1.60092	-0.15703
2	1.52867	1.52053	0.01081
3	1.52600	1.48865	0.03595
4	1.45240	1.43353	0.01287
5	1.39094	1.43302	-0.04009
6	1.58218	1.53607	0.04611
7	1.60776	1.48207	0.12569
8	1.59517	1.45507	0.14010
9	1.35149	1.44656	-0.09508
10	1.46150	1.55161	-0.09011
11	1.46150	1.49743	0.03593
12	1.46150	1.47061	0.00911
13	1.26781	1.45621	-0.19430
14	1.66436	1.50815	0.09721
15	1.71690	1.51315	0.20376
16	1.40610	1.48814	-0.08005
17	1.38589	1.47764	-0.09175

DURBIN-WATSON D STATISTIC = 1.79794

ECUACIONES OBTENIDAS DE LAS REGRESIONES
PROGRAMA

$$T = 150^{\circ}\text{C}$$

1 _____ $\nabla c = 39.0611 - 0.1805V$

2 _____ $\nabla c = 42.0725 - 7.0512 \text{Log} V$

3 _____ $\nabla c = 38.3879 - 0.1821V + 0.1660L$

4 _____ $\nabla c = 43.1221 V^{-0.1141}$

5 _____ $\nabla c = 41.1737 - 8.5362 \text{Log} V + 3.3874 \text{Log} L$

6 _____ $\nabla c = 42.0540 V^{-0.1212} L^{0.0410}$

$$T = 170^{\circ}\text{C}$$

7 _____ $\nabla c = 40.2598 - 0.1609V$

8 _____ $\nabla c = 40.6713 - 5.5540 \text{Log} V$

9 _____ $\nabla c = 41.1727 V^{-0.0807}$

10 _____ $\nabla c = 37.8145 - 0.1689V + 0.6335L$

11 _____ $\nabla c = 39.2556 - 6.4755 \text{Log} V + 5.3357 \text{Log} L$

12 _____ $\nabla c = 39.8951V^{-0.0096} L^{0.0516}$

DONDE:

V Es el porcentaje en volumen de fibra
L Es la longitud de fibra en cm

8.0. - BIBLIOGRAFIA

- 8.1. - Ferdinand Rodríguez. "Principles of Polymer Systems".
Páginas 1-9. Ed. Mc Graw Hill Publishing Company.
- 8.2. - "Encyclopedia Of Polymer Science And Technology".
Vol. 6 Páginas 280-304, 638. Ed. Wiley.
- 8.3. - Annual Book Of ASTM Standards, 1977. Páginas 584-585,
Parte 36.
- 8.4. - Douglas M. Considine. "Chemical And Process Technolo-
gy Encyclopedia". Páginas 887-901. Ed. Mc Graw Hill Book
Company.
- 8.5. - Publicación Especial, Cordemex, Enero de 1977.
"Normas Que Caracterizan Al Henequén".
- 8.6. - A. Kelly y G.J. Davies. "Metallurgical Reviews".
Vol. 10, No. 37.
- 8.7. - Annual Book Of ASTM Standards, 1977. Páginas 838-844 -
Parte 35.