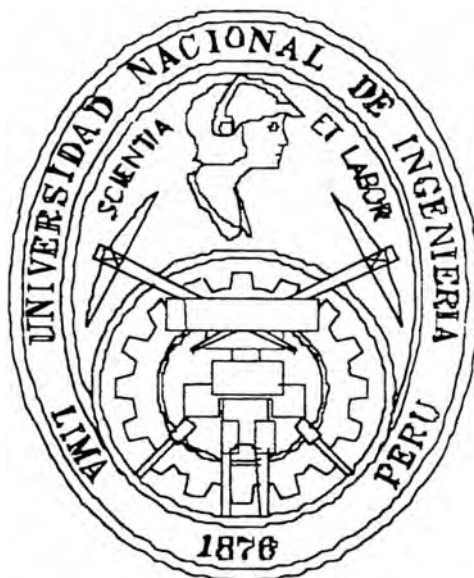


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA



INFORME TECNICO

PARA LA OBTENCION DEL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO

"LAMINACION CONTINUA DE PLASTICOS
REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO"

Presentado por:

Pio Herve Lizama Sánchez

PROMOCION 90-I

LIMA – PERU
1999

A mis queridos padres, con inmensa gratitud

AGRADECIMIENTO:

- A Marieta, mi esposa, por su indesmayable confianza, apoyo y aliento. A mis hijos, Maria Pía, Marvin Marcelo y Aldo Yasó.
- A POLITEC S.A., por el compañerismo y apoyo de mis amigos de todos estos años por los que tanto aprendí. Por el ambiente gratificante y seguro, y por permitir que profundizara mis conocimientos más allá de las exigencias propias del cargo de Jefe de Producción.

AGRADECIMIENTO:

- A Marieta, mi esposa, por su indismayable confianza, apoyo y aliento. A mis hijos, Maria Pia, Marvin Marcelo y Aldo Yasó.
- A POLITEC S.A., por el compañerismo y apoyo de mis amigos de todos estos años por los que tanto aprendí. Por el ambiente gratificante y seguro, y por permitir que profundizara mis conocimientos más allá de las exigencias propias del cargo de Jefe de Producción.

INDICE:

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
ii. ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	3
A. EL ORGANO EMPRESARIAL.....	3
• NOMBRE Y RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA. DIRECCION.....	3
• SECTOR AL CUAL PERTENECE.	3
• ESTRUCTURA ORGANICA.....	3
• LINEAS DE PRODUCCION.....	5
B. RELACION PROFESIONAL-EMPLEADOR.....	16
• CONDICION.....	16
• DOCUMENTOS PROBATORIOS.....	16
C. TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO.....	21
• CARGO DESEMPEÑADO.....	21
• FUNCIONES ASIGNADAS AL CARGO DESEMPEÑADO.....	21
• TIEMPO DE PRESTACION DE SERVICIOS EN LA ACTIVIDAD.....	21
D. FUNCIONES DESEMPEÑADAS QUE NECESITARON EL CONOCIMIENTO DE TECNICAS PROFESIONALES	24
• TIPOS DE TECNICAS DE INGENIERIA NECESARIOS.....	24
• CANTIDAD Y TIPO DE PERSONAL ADMINISTRADO.....	24
• FORMATOS DE REGISTRO DE ACTIVIDADES.....	24
E. OBJETIVOS, ALCANCES Y CARACTERISTICAS DEL LAMINADO CONTINUO DE LOS PLASTICOS REFORZADOS (PRFV)	27
F. CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y COMPLEMENTARIOS.....	50
G. DESARROLLO DE LAS ETAPAS DE TRABAJO.....	76
H. DETERMINACION DE LA PERFORMANCE.....	81
I. EVALUACIONES ECONOMICAS.....	92

J.	CONCLUSIONES.....	97
III.	RESUMEN.....	99
IV.	GLOSARIO.....	101
V.	BIBLIOGRAFIA.....	105
VI.	APENDICES.....	110

I. INTRODUCCIÓN

Lentamente en un principio y con mayor rapidez después, los materiales compuestos han ido desplazando a los metales, en programas acelerados de sustitución.

Las propiedades de estos nuevos materiales son mejores en muchos sentidos que las de los metales y con la innegable ventaja de ser mucho más livianos.

En general los plásticos reforzados son una combinación de un sistema resinoso, donde el polímero (resina) es principalmente termoendurecible, aunque también puede ser termoplástico, y de un refuerzo fibroso (vidrio, kevlar, boro, carbono, etc.) preparado en fibras distribuidas en varias maneras y formas; este refuerzo constituye el elemento determinante en las propiedades mecánicas y de resistencia del conjunto.

Ambos trabajando como una unidad solidaria forman un material moderno de sobresalientes propiedades.

Las aplicaciones específicamente de los plásticos reforzados con fibra de vidrio, (PRFV), van desde el más sencillo aislante eléctrico, hasta su uso en los avances tecnológicos más sofisticados de la época actual, donde reemplazan con ventajas a la madera, el aluminio, y el acero. Estos plásticos reforzados engloban en un solo material, varias características de excelencia:

- Elevadas propiedades mecánicas
- Ligereza
- Alta rigidez dieléctrica
- Flexibilidad de diseño
- Estabilidad
- Resistencia a la corrosión
- Integración de las partes
- Moldes sencillos y económicos
- Bajo costo de acabado
- Bajo costo de mantenimiento

Existen varios procesos para el moldeo de los plásticos reforzados. La elección del proceso más conveniente depende del análisis de: forma, dimensiones y volumen de producción del artículo deseado. Los Procesos son :

- Molde abierto (moldeo manual)
- Molde por contacto (moldeo por aspersion)
- Filamento embobinado (Filament winding)
- Pultrusión
- RTM (moldeo por transferencia de resina)
- SMC (Sheet Molding Compound)
- Compresión
- Inyección
- Laminación continua

No obstante los diferentes procesos, los principios sobre los que se basan son siempre los mismos.

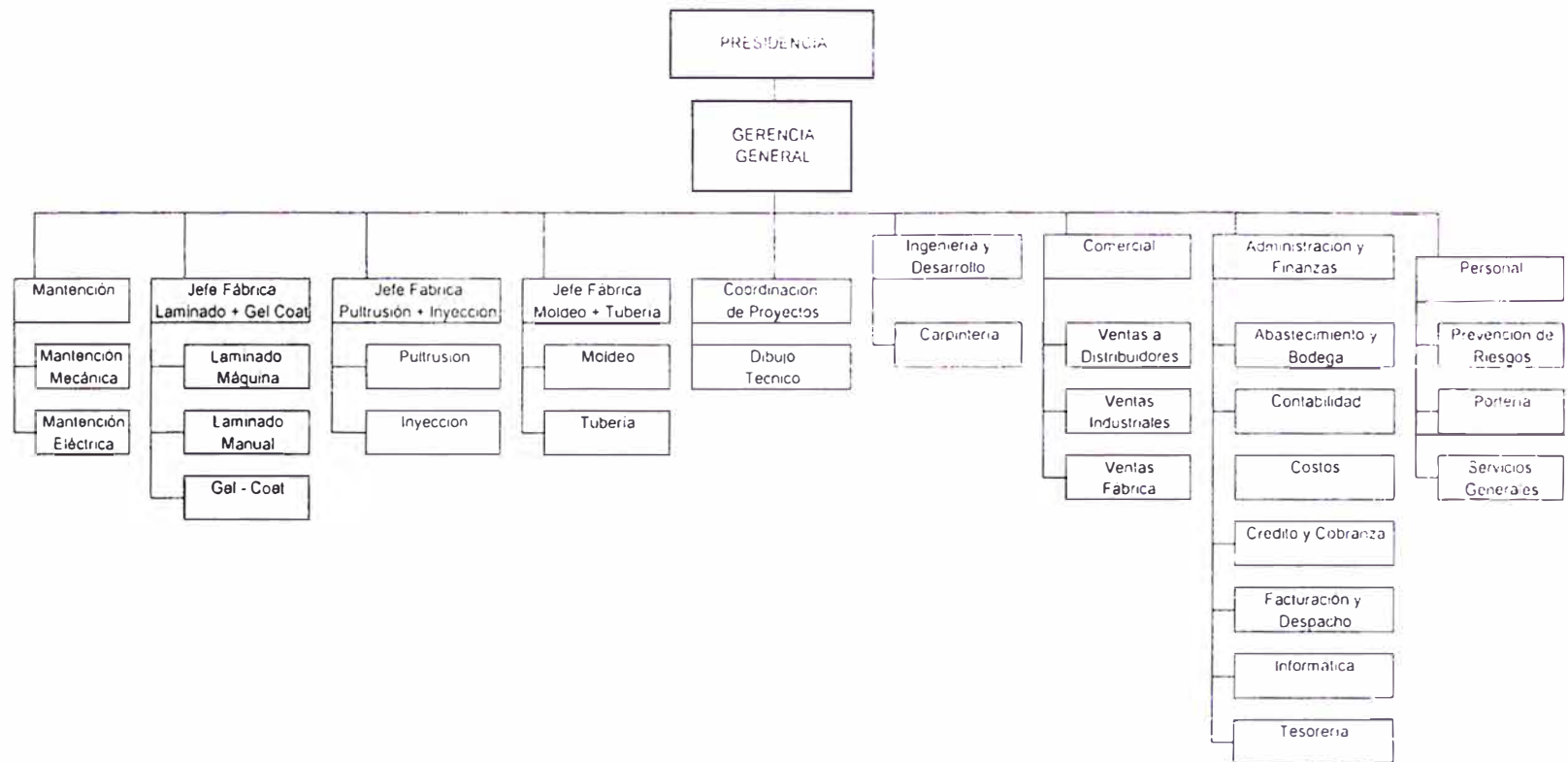
La Laminación continua o fabricación de planchas en PRFV, constituye una parte importante de la producción industrial de plásticos reforzados. Aunque históricamente la industria comenzó utilizando el moldeo por contacto a mano, posteriormente debido a la necesidad de obtener producciones masivas se desarrollaron los procedimientos con prensa y por laminación continua. Esta última técnica se utiliza en la industria, siendo cada vez menos frecuentes los casos en los que se utilizan los métodos de moldeo por contacto y con prensa.

El presente informe técnico, basa su contenido en esta técnica de laminación continua, cuya aplicación y desarrollo requiere del conocimiento de la Tecnología e Ingeniería de los plásticos reforzados, que posee el autor, producto de la experiencia en Asesoría, Investigación y Desarrollo de proyectos en FEMOGLAS-POLITEC S.A., empresa Chilena, ubicada en Santiago, líder en el rubro a nivel Latinoamericano (y de un enorme perfil a nivel mundial por su tecnología de punta) y en la cual se desempeña como Jefe del Area de Producción.

II. ACTIVIDAD PROFESIONAL

A. ORGANO EMPRESARIAL

- EMPRESA : FEMOGLAS - POLITEC S.A.
- RAZON SOCIAL : POLITEC S.A.
- DIRECCION : Av. Américo Vespucio Sur N° 0444. Comuna La Granja. Santiago. Chile.
- SECTOR AL QUE PERTENECE : Fábrica de Artículos Plásticos reforzados con fibra de vidrio.
- ESTRUCTURA ORGANICA : (ver en la siguiente página, el organigrama actual de la empresa)



ORGANIGRAMA
Femoglas - Politec S.A.

- LINEAS DE PRODUCCION:
 1. Pultrusión
 2. Inyección
 3. Moldeo
 4. Tubería
 5. Laminado Manual
 6. Laminado Continuo
 7. Gel – Coat

1. PULTRUSION

El proceso de pultrusión, se define como un procedimiento para obtener perfiles de plástico reforzado, de forma continua.

Los materiales más utilizados son: las fibras de vidrio como refuerzo de resinas líquidas termoestables (poliésteres o epoxi).

La mecha de fibra de vidrio es, sin duda, el material que mejor se puede procesar por pultrusión, orientada paralelamente, pudiendo además, trenzarse, enrollarse en espiral o anillo, etc., para refuerzo en perfiles redondos, ovalados o rectangulares. La mecha retorcida se suele emplear para dar una medida de la resistencia transversal.

El fieltro de fibra de vidrio se utiliza para producir formas en que se requiere resistencia lateral y longitudinal.

Para conseguir resistencia transversal se emplean tejidos de vidrio en forma de cinta.

Las características de producto acabado serán las que nos indique la elección del tejido y el porcentaje de uso del mismo.

En cuanto a las resinas, las de poliéster copan el 80 o 90 por 100 de la producción por pultrusión, dada su economía y características de procesado. En general puede utilizarse cualquier tipo de resina isoftálica u ortoftálica, siempre que cumplan determinadas condiciones: alta reactividad y curado rápido, no muy exotérmicas y baja viscosidad (800 – 200 cps), para conseguir una impregnación rápida del refuerzo y una fácil eliminación del aire.

Para evitar que el gel se adhiera a los conformadores es necesario añadir a la resina desmoldantes internos (ejem.: ésteres del ácido fosfórico).

Con el fin de conseguir las propiedades deseadas en el producto acabado (y no para reducir costos) se pueden añadir cargas, pigmentos, agentes ignífugos, etc., y en general cualquier aditivo de los que normalmente se utilizan en los plásticos reforzados. El porcentaje de carga no debe ser superior al 20 por 100 respecto a la resina. El tamaño de

Fig. N°1. Línea de Producción de Pultrusión

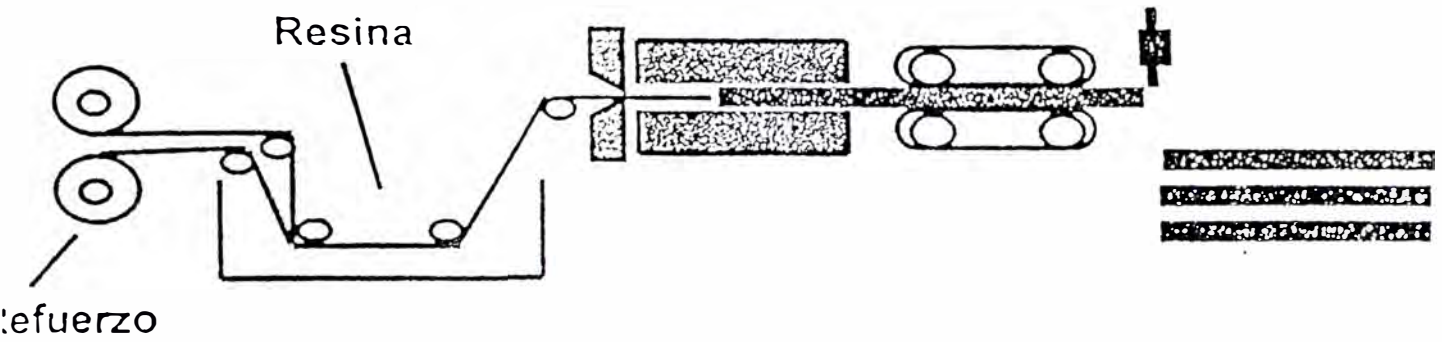
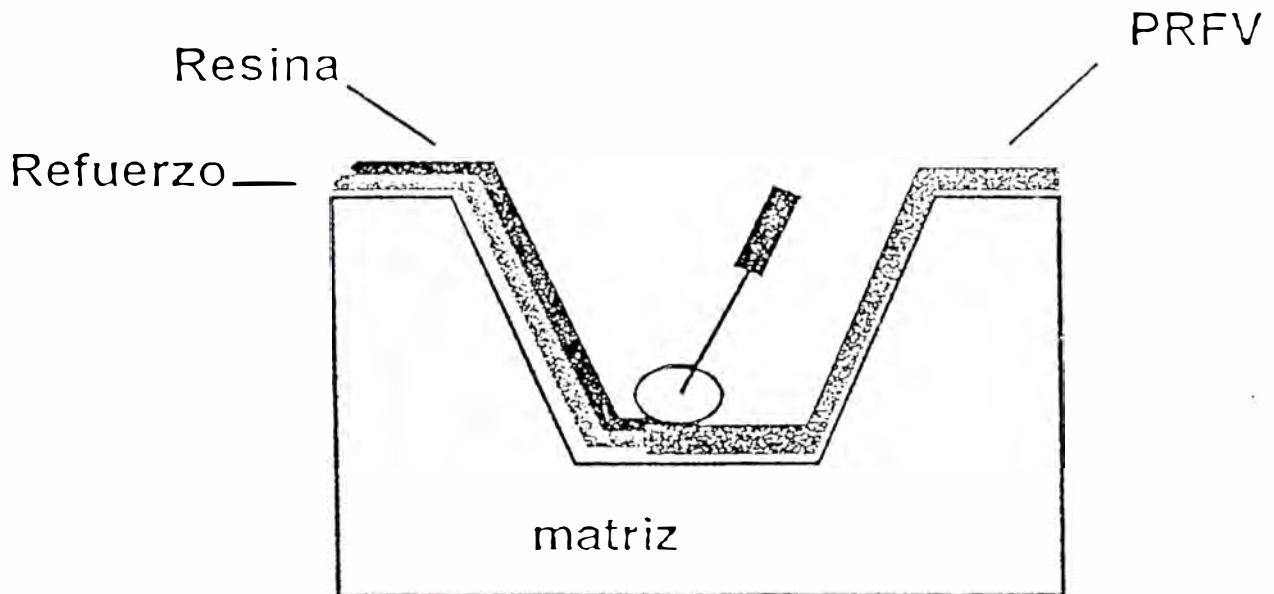


Fig. N°2. Línea de Producción de Moldeo Manual



partícula y la distribución de la misma es fundamental para que no se produzcan fenómenos de arrastre o de separación a lo largo del proceso.

El proceso básico de la pultrusión puede resumirse en las siguientes operaciones:

- 1) Desenrollado y distribución de los refuerzos de vidrio u otros materiales.
- 2) Impregnación de la resina y control de la relación resina/vidrio.
- 3) Preformado gradual, hasta alcanzar el perfil final.
- 4) Conformado y curado en la matriz.
- 5) Poscurado.
- 6) Equipo de arrastre.
- 7) Equipo de cortado.
- 8) Operaciones complementarias de recubrimiento, desbarbado, etc., si fuera necesario.

El control de la proporción resina/vidrio es el factor más importante para conseguir productos acabados con las propiedades requeridas.

La operación de preformado debe realizarse, en todos los casos, para dar a los perfiles una forma aproximada a la deseada, antes de ser moldeados. El preformado debe hacerse en forma gradual, teniendo buen cuidado de la adecuada colocación del refuerzo o de la conjunción de refuerzos.

El conformado y curado se realiza dentro de matrices de acero cromado de tipos y características muy variadas.

El curado de la resina exige un cuidadoso control del calentamiento.

Cuando el perfil tiene, antes de curar, suficiente resistencia para no perder la forma, es preferible el curado en horno, obteniendo mayor producción y menos costos.

Los equipos de arrastre y cortado, varían según la fuerza que se necesite (cintas transportadoras, "orugas", calibradores con igual forma que el perfil producido, mordazas hidráulicas, etc.).

El cortado se realiza mediante sierras rápidas y discos abrasivos o de diamante.

En general, las formas que se pueden obtener por pultrusión son similares a las que se obtienen por extrusión de aluminio o materiales termoplásticos.

2. INYECCION

Esta sección aplica la tecnología más moderna de procedencia Italiana, para la fabricación de parrillas moldeadas, de una manera simple y funcional. Esta técnica requiere de hasta 11 pasos para un ciclo de producción:

- i. Preparación de los moldes de parrillas. Se retira cualquier sustancia de desecho, por medio de aire comprimido. Se trata luego la matriz con un desmoldante (Frekote 44). Esta sustancia se adhiere al molde y no se transfiere al producto.
- ii. Arreglo de la fibra de vidrio en el molde. Los rovings usados son del tipo unidireccional de Tex en el rango de 2400 a 2800 (Tex: gramos/km de fibra de vidrio). Se colocan 3 rovings de Tex 4800 y 1 roving de 2400 para obtener una bobina de Tex 16800. Este estambre se lleva por medio de una guía de hilo manualmente y es colocada tensionadamente en el molde.
- iii. Sistemas de curado. El factor principal que influye en el gel-time de la resina es la temperatura de la resina. La tecnología se debe sujetar a las variaciones de la temperatura durante la producción, pues la temperatura del molde aumenta dependiendo del número de moldeadas llevadas a cabo durante la jornada de trabajo. Para determinar el tiempo de gel de la resina se deben tomar los siguientes factores en consideración:
 - % y pureza del acelerador.
 - % y pureza del catalizador.
 - % y pureza de la pasta color
 - Temperatura de la resina
 - Temperatura de la matriz
 - Humedad de la fibra
 - Temperatura ambiente y humedad relativa.

iv. Sistemas de catalización usados:

Tipo de Resina	% Ac. Cobalto	% Ac. DEAA	%Cat. AAP	%Cat. MEK
Isoftálica	0.1 – 0.6	0.1 – 0.6	1.5 – 2; máx. 3	----- --
Bisfenólica	0.3 - 1	0.1 – 0.3	1.5 – 2; máx. 3 (mezcla 50% AAP – 50% MEK)	
Autoextinguible	0.1 – 0.2	-----	1.5 – 2; máx. 3	----- --

- v. Preparación de la resina. Es aconsejable agregar a la resina que estuvo almacenada el acelerador de cobalto sólo en el porcentaje que depende del tiempo de gel máximo determinado por la producción de la última rejilla, con la mínima cantidad de catalizador.
- vi. Inyección de la resina en el molde. La resina ya acelerada con octoato de cobalto se pasa de los tanques de mezcla a cubos de polietileno o polipropileno. Entonces se mezcla la resina con catalizador y los diferentes aditivos para corregir la catalización, como el acelerador AAP y/o inhibidor de terbutil catecol (TBC).

La resina será catalizada con un tiempo de gel que depende del tiempo de impregnación de la fibra de vidrio, de la resina y de la temperatura ambiente y en particular de la temperatura del molde. Las bombas de alimentación son neumáticas de tipo diafragma con filtro y se aplican a los ductos de succión. Se inyecta la alimentación usando aire comprimido. Durante la inyección y antes del proceso de curado, el molde se inclina para que se llenen perfectamente con resina todas las partes del molde.

- vii. Primer acabado y extracción de la parrilla. El molde es repuesto horizontalmente y cuando la resina ha curado el proceso se cumple: ahora es posible abrir el molde. Por medio de pistones hidráulicos controlados, la tapa se suelta y se levanta por mecanismo eléctrico. La superficie exterior de la rejilla es entonces inspeccionada visualmente. Después de la polimerización de esta resina de acabado, la entrada de resina se agujerea con un taladro de diámetro satisfactorio (10mm).
- viii. Guardado de rejillas semipolimerizadas. Las rejillas extraídas del molde no están perfectamente polimerizadas y tienen, como consecuencia, características mecánicas muy bajas. Se ponen en pallet de madera del mismo tamaño que las rejillas y se separan entre sí por tres tiras de madera para evitar se peguen entre sí.
- ix. Calibrado y acabado final de las rejillas. Esta operación se lleva a cabo por una máquina que opera con una venda raspadora o lijadora que uniformiza el espesor en toda la superficie de la rejilla. Se lija sólo la superficie superior que se pintará entonces con resina poliéster.
- x. Pintado y aplicación del antideslizante. Se aplica una o dos capas de resina poliéster. El antideslizante se aplica al colocar una capa uniforme de resina acelerada en la superficie superior para que el cuarzo se pueda adherir cubriendo el área con arena de cuarzo. La rejilla será adicionalmente cubierta con resina parafinada y sometida a secado final. El trabajo de acabado final de las capas son hechas al pintar con una capa de resina mezclada con aceleradores y solución de parafina.
- xi. Corte. El disco cortante será de diamante similar a los discos usados para granito por obreros de mármol.

3. MOLDEO

Existen dos tipos de moldeo: el moldeo manual, y el moldeo por aspersión.

El Moldeo Manual. La resina líquida, generalmente poliéster insaturada, se combina con la fibra de vidrio en el molde. Una reacción química

iniciada en la resina por agentes especiales de curado (catalizadores y acelerantes) provoca su endurecimiento y da origen a una parte moldeada ligera y resistente, en la cual la resina desempeña la función de sustrato y la fibra de vidrio sirve como refuerzo.

Si se desea un buen acabado para la pieza, la superficie del molde debe ser cubierta con gel coat pigmentado aplicado con pistola o con brocha. La fibra de refuerzo, en conjunto con la resina son aplicados posteriormente sobre el gel coat. El rolado de la fibra así como la eliminación de burbujas de aire se hace con una brocha o con rodillos.

Se aplican varias capas de refuerzo y resina hasta lograr el espesor final del laminado. La resina debe ser adecuadamente acelerada y catalizada para el curado a la temperatura ambiente.

Las estructuras moldeadas por el proceso de moldeo manual son colocadas, en algunos casos, en estufas para reducir el ciclo de curado.

Algunas veces puede ser necesario o conveniente el uso de materiales de núcleo, para aumentar la rigidez, reducir el peso o proporcionar volumen a la parte moldeada.

Las etapas del proceso son :

- i. Se prepara el molde cuidadosamente y se aplica el gel coat sobre éste.
- ii. Se coloca la fibra de vidrio sobre el molde con gel coat.
- iii. La fibra de vidrio es impregnada con la resina poliéster.

La incorporación de materiales de núcleo debe hacerse cuidadosamente. Los materiales de núcleo más usados son las espumas plásticas. El uso de esos materiales puede causar dificultades de aplicación para quienes no tienen mucha experiencia en el moldeo de estructuras de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

El Moldeo por aspersión. Por este proceso la fibra de vidrio, la resina y, en algunos casos, cargas minerales, son lanzadas simultáneamente contra la superficie del molde por medio de un equipo apropiado. Una vez más se trata de un proceso de molde abierto adecuado a escalas de producción bajas y medianas. El rolado de la fibra de vidrio en los contornos del molde se hace con rodillos y brochas. Se necesitan varias aplicaciones con la pistola de aspersión para lograr el espesor deseado en la pieza. Generalmente este proceso utiliza solamente resinas poliéster curadas a la temperatura ambiente. Si se desea, pueden usarse estufas para acelerar el curado.

Como en cualquier proceso de molde abierto, sólo una de las superficies presenta un buen acabado. En general, esa superficie es moldeada sobre el gel coat. El gel coat debe ser aplicado en el molde y la fibra de vidrio y

Fig. N°3. Línea de Producción de Moldeo por Aspersión

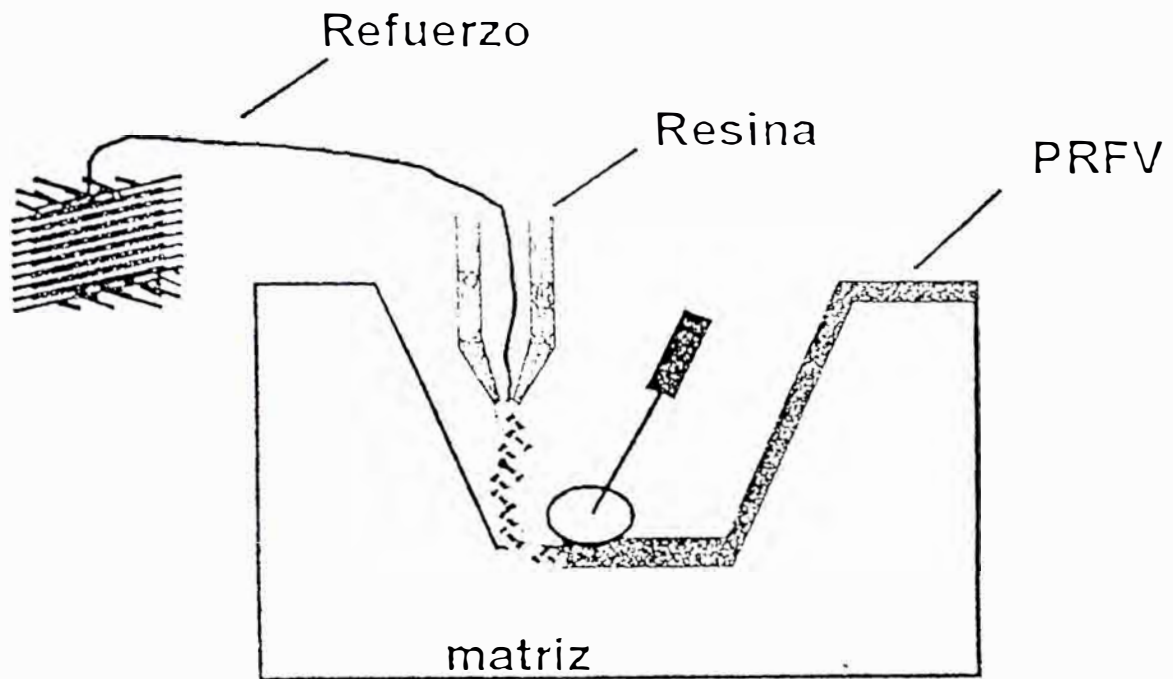
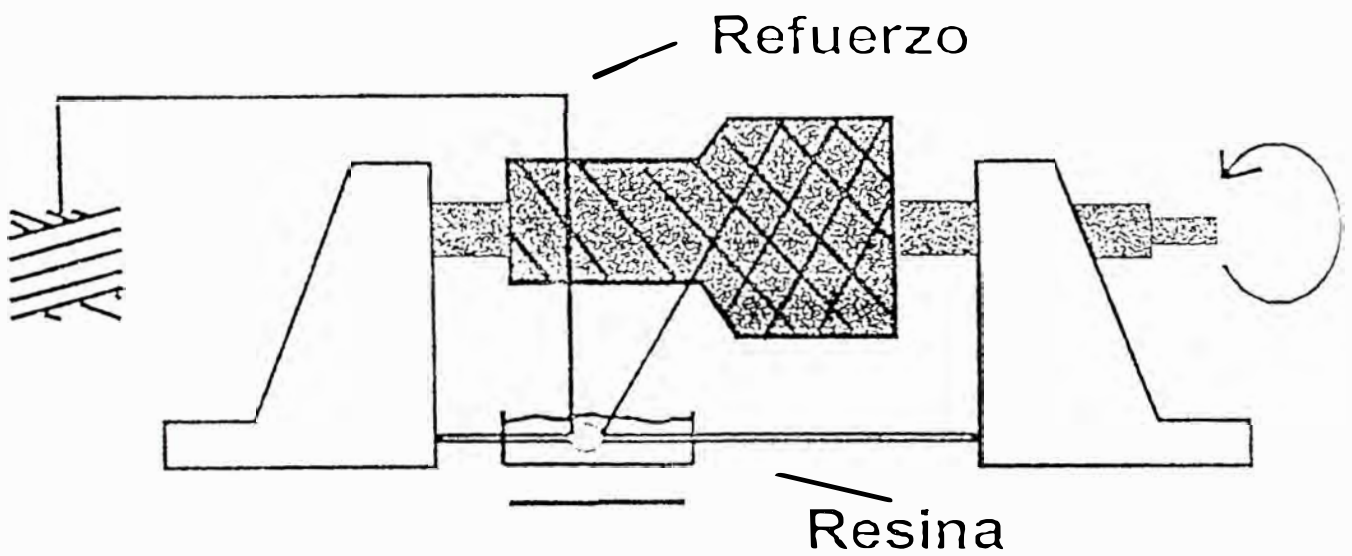


Fig. N°4.
Línea de Producción de Filament Winding (Filamento enrollado o Tubería)



resina se depositan sobre él. La fibra de vidrio tejida puede ser usada para reforzar áreas específicas del laminado. También pueden ser usados los materiales de núcleo.

El moldeo por aspersión así como el proceso manual, requieren de una baja inversión en moldes y equipos, además de ser extremadamente sencillos, también son adecuados para el moldeo de partes complejas.

Por ser mecanizado, el proceso de moldeo por aspersión proporciona una mayor productividad que el manual.

Las etapas del proceso son:

- i. Aplicar gel coat sobre el molde, enseguida debe aplicarse una mano de resina sola.
- ii. La fibra de vidrio y resina son lanzadas simultáneamente en el molde.
- iii. La operación de rolado para compactar la fibra de vidrio.
- iv. El producto acabado al ser desmoldado.

4. TUBERIA.

Esta sección de la empresa utiliza el proceso de laminación conocido como enrollamiento o filament winding.

Los moldes usados son conocidos como mandriles y deben tener geometría adecuada para el proceso.

La laminación por enrollamiento es usada principalmente para construir estructuras cilíndricas, como costados de tanques, tubos o ductos. En el caso de tanques de grandes dimensiones las calotas y las conexiones son moldeadas separadamente, manualmente o a pistola, para posterior montaje con el costado cilíndrico laminado por enrollamiento.

El proceso es como sigue:

- Se aplica el desmoldante sobre el mandril. Los mandriles de pequeño diámetro (tubos) generalmente son cubiertos con cera aplicada manualmente. Los mandriles de grandes dimensiones (tanques) usan filmes de poliéster (Mylar, Melinex o Terphane) aplicados manualmente o por enrollamiento.
- Sobre el desmoldante es aplicada resina catalizada y acelerada. Si es necesario reducir la impermeabilidad del laminado interno, esa primera capa de resina puede ser formulada con 20% de escamas de vidrio.
- Se coloca el velo de superficie inmediatamente y se le distribuye resina. La resina líquida impregna el velo desde abajo hasta la cima, facilitando la remoción de aire y reduciendo así la porosidad del laminado interno. El velo superficie puede ser aplicado a mano o por enrollamiento.

- Sobre el velo es construido el laminado intermedio con fibras picadas y resina (espesor mínimo de 2 mm.) La misma resina usada para el laminado interno debe ser usada en el laminado intermedio. Una aplicación es hecha a mano o a pistola, seguida de roletaje esmerado para remover las oclusiones de aire, como se hace en laminación manual o a pistola.
- En seguida es construido el laminado estructural por enrollamiento. La operación de enrollamiento, con fibras de vidrio continuo (roving) son impregnadas en resina y enrolladas sobre el molde rotatorio (mandril), describiendo con él una hélice de paso controlable. Las estructuras enrolladas generalmente tienen formato cónico o cilíndrico, mientras que los laminados por los procesos manual o a pistola no tienen limitaciones en cuanto a geometría.

5. LAMINADO MANUAL

Este método comprende las etapas siguientes:

- La resina catalizada se extiende adecuadamente sobre una lámina de celofán colocada sobre una mesa, procurando que quede lo más plana posible. (A veces se obvia este paso).
- Se corta el fieltro de fibra de vidrio de cordón cortado al tamaño adecuado y se coloca sobre la resina.
- Se aplica otra lámina de celofán en la parte superior del estratificado obtenido con la resina y el fieltro. Se elimina el aire ocluido con una rasqueta o aplicando un rodillo a mano.
- La estructura preparada se coloca en moldes a base de láminas de aluminio en algunos casos, en base de matrices plásticas en otros, y que tienen la forma adecuada. En operaciones de poco volumen es posible dejar curar los paneles durante la noche a temperatura ambiente.
- Se retiran, después del curado, los films de celofán, y se recortan las láminas o rollos al tamaño deseado.

Este procedimiento se utiliza para producciones pequeñas. El factor trabajo es relativamente alto (\$/m²) dependiendo del tamaño de la operación y del grado de sofisticación utilizado en las etapas individuales del procedimiento.

6. LAMINADO CONTINUO.

La base de sustentación de este producto se encuentra en el principio de fabricar el mejor producto al menor precio posible. En la práctica este principio equivale a decir que hay que realizar el mínimo de trabajo y obtener la mayor cantidad posible de productos acabados, por materias primas utilizadas.

El procedimiento en cadena se realiza en la forma que se indica a continuación:

- Formación del fieltro con mecha.
- Impregnación del fieltro con resina.
- Consolidación del material en un embalaje cerrado
- Conformación del embalaje en una estructura predeterminada.
- Solidificación de la resina
- Separación de la banda continua del producto que sale en paneles de tamaño individual.

Mayores detalles de este procedimiento, que es el corazón del presente informe, se dan más adelante.

7. GEL COAT

Esta sección se encarga de fabricar gel coat's y mezclas.

El Gel Coat es una resina pigmentada, modificada y no reforzada que constituye la superficie de las partes moldeadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio.

El Gel Coat desempeña tres funciones:

- 1) Proteger el laminado contra la acción de la intemperie y la humedad.
- 2) Proporcionar un acabado coloreado, liso y brillante a la superficie de la pieza.
- 3) Servir como base para la aplicación de pintura.

Por lo general el gel coat se aplica sobre la superficie del molde, y después se realiza el laminado estructural. En este caso el gel coat reproduce las características superficiales del molde (por supuesto cubierto con el desmoldante), y las transfiere a la parte moldeada. Los moldes lisos y brillantes permiten el moldeo de piezas con las mismas características que el molde.

El gel coat de acabado debe ser aplicado sobre moldes muy pulidos, cuidando el acabado superficial. A su vez, los que sólo sirven como fondo para pintura o protección contra la intemperie no requieren un

acabado brillante y pueden ser aplicados sobre superficies mate. En esas condiciones el acabado requerido del gel coat no es tan importante.

Una de las funciones del gel coat es proporcionar un acabado superficial a las piezas, lo que no hace necesaria la pintura convencional.

Las materias primas para los gel coat son :

- a) Resina poliéster.
- b) Catalizadores y aceleradores.
- c) Pigmentos y colorantes.
- d) Cargas.
- e) Solventes.
- f) Agentes tixotrópicos.
- g) Inhibidores.
- h) Absorbentes de ultravioleta.

A continuación se menciona como se hace la dispersión y la mezcla de los diferentes ingredientes de un gel coat bien preparado:

- Mezclar el agente tixotrópico con una parte de resina flexible, hasta que sea alcanzada una consistencia pastosa. Luego, pasar esa mezcla por el molino de 3 rodillos para romper las oclusiones y dispersar las partículas sólidas.
- Mezclar la resina flexible con el pigmento hasta lograr una consistencia pastosa. Enseguida pasar la mezcla por el molino tantas veces como sea necesario, para lograr la fineza de 7 de la escala de Hegman.
- Mezclar la resina rígida, el absorbente ultravioleta y las cargas inertes, hasta conseguir una consistencia pastosa. Pasarla por el molino. Este paso se puede eliminar si no se utilizan cargas.
- Mezclar los 3 componentes anteriores. Una vez hecha la dispersión de los sólidos en el molino, esta mezcla puede hacerse con mezclador de pala o hélice.
- Agregar y mezclar estireno en cantidad suficiente para lograr la viscosidad deseada.
- Añadir el acelerador de cobalto y mezcle bien.
- Agregar el catalizador (peróxido de MEK), para el tiempo de gelado deseado al momento de iniciar la fabricación de la pieza.

Generalmente se debe agregar el catalizador (naftenato u octoato de cobalto) al gel coat antes de la aplicación

B. RELACION PROFESIONAL – EMPLEADOR

□ CONDICION:

Contratado por tiempo indefinido en calidad de Ingeniero Químico, Jefe de Producción, tal como consta en el contrato adjunto.

De acuerdo al organigrama de la Empresa, presentado anteriormente, el graduando ocupa la posición de Jefe de Fábrica de las Secciones de Laminado Máquina, Laminado Manual, y de Sección Química o Gel Coat. Las responsabilidades de dicha posición aparecen ampliamente descritas en la parte C del presente Informe Técnico. Sin embargo, es necesario mencionar la permanente participación en estudios, mejoras, adaptaciones y ejecución de proyectos de fabricación de nuevas líneas de productos tales como:

- Planchas bicolor conteniendo películas de gel coat y en diferentes colores y tipos de resinas para la gran minería;
- Planchas embozadas con aspecto de vidrio catedral;
- Liner Panel (Femopanel);
- Planchas Opacas;
- Formulaciones de mezclas autoextinguibles, opacas, con resistencia a medio ambiente agresivo;
- Formulaciones de Gel Coat's y mezclas de resina.
- Ensayos diversos en IDIEM (Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales).

□ DOCUMENTOS PROBATORIOS:

- 1) Contrato de trabajo legalizado.
- 2) Certificado de trabajo y antigüedad.
- 3) Cédula de Identidad Extranjeros y Certificado de permanencia definitiva.

Se adjuntan fotocopias de dichos documentos.

CONTRATO DE TRABAJO

LUGAR: SANTIAGO DIA: 10 MES: JUNIO AÑO: 92

INDIVIDUALIZACION DEL TRABAJADOR

LIZAMA SANCHEZ PIO HERVE
APELLIDO PATERNO APELLIDO MATERNO NOMBRES

Cédula Nac. Id. Nacionalidad: PERUANA Estado Civil: CASADO

Fecha de Nacimiento: Procedencia: SANTIAGO

Domicilio: PJE. MADRID #1269 VILLA ENEAS GONELL CONCHALI

INDIVIDUALIZACION DEL EMPLEADOR O EMPRESA

Nombre del Empleador: POLITEC S.A.

Representante Legal: BERNANDO MORENO CRUCHAGA Cédula Nac. Id. 2742-033-0

Dirección: AV. AMERICO VESPUCIO SUR # 0444 LA GRANJA

Entre las partes arriba individualizadas suscribe el presente contrato de trabajo para cuyo efecto los contratantes convienen en denominarse trabajador y empleador, respectivamente.

1) El trabajador se compromete a prestar la siguiente labor: INGENIERO QUIMICO SUPERVISOR DE PRODUCCION.

En: FABRICA del establecimiento: POLITEC S.A. ubicado en: AMERICO VESPUCIO SUR # 0444 LA GRANJA

2) La jornada de trabajo será la siguiente: DE LUNES A VIERNES DE LAS 8:00 HRS. AM HASTA LAS 17:36 HRS. PM CON 30 MINUTOS PARA COLACION O EN LOS TURNOS QUE SE ESTABLECIEREN.

3) El trabajo se efectuará POR TURNOS

4) El empleador se compromete a remunerar al trabajador en la forma que se indica (indicar valores en \$ y en letras)

a) sueldo base por \$ 110.000 CIENTODIEZ MIL PESOS LIQUIDOS

b) remuneración adicional

c) gratificación anual de

d) el empleador se compromete a suministrar además al trabajador los siguientes beneficios:

5) El presente contrato durará INDEFINIDO

y podrá ponerse término cuando ocurran para ello causas justificadas en conformidad a las leyes vigentes EN CODIGO DE TRABAJO

Se deja constancia que PIO SANCHEZ

ingresó al servicio el A CONTAR DE AUTORIZACION DE VISA

El presente contrato se firma en dos ejemplares del mismo tenor dejando expresa constancia que en este acto el trabajador recibe uno de ellos. Se entienden incorporadas al presente contrato todas las disposiciones legales que se dicten con posterioridad a la fecha de suscripción a que tenga relación con él.

[Firma] FIRMA DEL EMPLEADOR
[Firma] FIRMA DEL TRABAJADOR

NOTA: Los contratos de los menores de 18 años y mayores de 15 años, deben ser autorizados por el padre o madre o por quien lo tenga a su cargo. Los interesados pueden agregar todas las cláusulas o estipulaciones que se acuerden en favor del Trabajador siempre y cuando no contravengan las disposiciones de las Leyes del Trabajo. Si una de las partes no sabe firmar debe colocar su impresión digital (pulgar derecho) la firma de dos testigos.



NOTA

JTA

CRUCHA
MORAN

- 1.- QUE SERA INGRESADO A UN SISTEMA DE PREVISION CHILENA.
- 2.- QUE EL EMPLEADOR HARA LAS RETENCIONES DEL IMPUESTO QUE AFECIE A LA RENTA Y SU POSTERIOR INGRESO EN ARCAS FISCALES.
- 3.- QUE EL EMPLEADOR DARA PASAJES DE PASAJE A SU PAIS, AL TERMINO DE SU CONTRATO DE TRABAJO (LIMA, PERU) PARA EL Y SU FAMILIA.

[Handwritten Signature]
 EMPLEADOR
[Handwritten Signature]

[Handwritten Signature]
 TRABAJADOR

AUTORIZO LAS FIRMAS: de don GERMAN FERNANDO MORENO CRUCHAÑA, carné nacional nº 2.742.033-0 nac., por POLITEC S.A.; y de don PIO HERVE LIZAMA SANCHEZ, PASAPORTE PERUANO nº 660486 - SAN RAMON, 03 de setiembre de 1992.-



CERTIFICO QUE LA PRESENTE COPIA FOTOS DE LOS DOCUMENTOS ORIGINAL...
 ...AL INTERES...

Numero de Folios:

[Handwritten Signature]
 CALECIO SOMER
 NOTARIO PUBLICO
 SANTIAGO

06 ENE 1994
 IVAN TAMARGO BARROS
 NOTARIO PUBLICO

ANEXO AL CONTRATO: A CONTAR DEL 01 DE OCTUBRE DE 1993 EL TRABAJADOR PIO HERVE LIZAMA SANCHEZ, PASA A TENER RENTA LIQUIDA DE \$ 249.270.- (Doseientos cuarenta y nueve mil doseientos setenta pesos), OCU PARES EL CARGO DE JEFE DE FABRICA.

[Handwritten Signature]
 EMPLEADOR
[Handwritten Signature]

[Handwritten Signature]
 TRABAJADOR



CERTIFICADO

POLITEC S.A., RUT 96.567.010-6, domiciliada en Av. Américo Vespucio Sur N° 0444, La Granja, Santiago, Chile, certifica que el Sr. Pío Hervé Lizama Sánchez, RUT, 14.559.092-2, trabaja en esta empresa desde el 13 de Mayo de 1992 hasta la fecha, desempeñándose como Ingeniero Químico, Jefe de Producción de Sección Laminado y Sección Química y mantiene contrato con carácter indefinido.

Se extiende el presente certificado a petición del interesado, para los fines que se estimen pertinentes.

Atentamente,


POLITEC S. A.
Cristián Muñoz
Jefe de Personal

Santiago, Noviembre 11 de 1998

CEDULA IDENTIFICADORA ESTADUNIDENSE

NO. 14 559 092-2



Nombre: PIO HERVE
LIZAMA SANCHEZ



MM

XXXXXXXXXXXX

XXXX

DISPOSICION CONGRUENTE

El presente documento es una copia de la resolución emitida por el Poder Judicial de la Federación, en el expediente de amparo de don Pio Herve Lizama Sanchez, con número de expediente 14559092-2.

El presente documento es una copia de la resolución emitida por el Poder Judicial de la Federación, en el expediente de amparo de don Pio Herve Lizama Sanchez, con número de expediente 14559092-2.

El presente documento es una copia de la resolución emitida por el Poder Judicial de la Federación, en el expediente de amparo de don Pio Herve Lizama Sanchez, con número de expediente 14559092-2.

El presente documento es una copia de la resolución emitida por el Poder Judicial de la Federación, en el expediente de amparo de don Pio Herve Lizama Sanchez, con número de expediente 14559092-2.

Fecha: 08/08/96

0018933

REPUBLICA DE CHILE

Lobby 150

CERTIFICADO DE PERMANENCIA DEFINITIVA

Resolución Ejecutiva

07108-96

14559092-2

Don Pio Herve, LIZAMA SANCHEZ

14 559 092-2

PERUANA

XXXXXXXXXXXX

08/08/96

Jaime Moreno Vera

133

C. TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

i. Cargo desempeñado: Jefe de Producción

Líneas de producción :

- Laminado continuo
- Laminado manual
- Gel Coat (Química)

ii. Funciones asignadas al cargo desempeñado:

Las funciones básicas son:

- Planificación de las actividades a realizar en las secciones a cargo.
- Control de la producción, en términos de la cantidad, tipo de productos y variables usadas en el proceso productivo.
- Control de materias primas, materiales, piezas y partes necesarias para la producción.
- Dirección del personal a cargo (aproximadamente 44 personas); en especial de cada responsable directo de sección (6 personas).
- La coordinación con los otros jefes de producción para la fabricación de productos compuestos y/o para el uso de recursos compartidos, tales como personal, trabajos de Gel Coat, Carpintería y/o mantenimiento mecánica y eléctrica.
- Velar por la eficiencia técnica y económica de las labores productivas de las secciones a cargo.
- Incrementar producción y productividad continuamente mientras se disminuyen los costos y desperdicios y se acrecienta la calidad de los productos terminados, así como la seguridad en el trabajo.

iii. Tiempo de prestación de servicios en la actividad descrita.

El tiempo de prestación de servicios en este rubro es de 7 años, según consta en contrato adjunto en el presente informe.

Santiago, 29 de Septiembre de 1993

MEMORANDUM

DE: PABLO TRONCOSO - ADM. Y FIN
A: OSCAR ERLANDSEN - GERENCIA COMERCIAL
CC: FELIPE MORENO - SUPERV. VENTAS
VENDEDORES
SERGIO GRANDON - CRÉDITO Y COBRANZAS
NELSON CANGANA - DESPACHO
ALEX PINTO - BODEGA M.P.
MURAL DEL PERSONAL
REF: ADECUACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

A partir del día 1º de Octubre se formalizarán los siguientes cambios en la organización de la empresa:

I- El Sr. Wladimir Trevisiol S. ocupará el cargo de GERENTE DE INGENIERÍA Y DESARROLLO. Como tal, sus responsabilidades principales serán:

- La especificación de los productos de línea
- La especificación de los productos especiales
- La especificación de los procesos productivos
- El Control del cumplimiento de las especificaciones anteriores
- Asesorar al Área Comercial en la factibilidad técnica de trabajos pedidos por los clientes.
- Asesorar a la Gerencia General en el diseño, especificación, montaje y puesta en marcha de nuevos equipos y maquinas, así como en la permanente mejora de la eficiencia de las ya instaladas.
- La cotización de costos de nuevos productos
- La coordinación entre las distintas secciones cuando usen recursos comunes de GelCoat, Carpintería y/o Mantenimiento Eléctrico y Mecánico.

II- Se crean los siguientes cargos:

- JEFE DE FÁBRICA - Laminado, ocupado por el Sr. Pío Lizama
- JEFE DE FÁBRICA - Pultrusión, Moldeo y Tubería, ocupado por el Sr. Hector Moya.

Como tal, sus responsabilidades principales serán:

- La planificación de sus actividades.
- La planificación de las actividades a realizar en las secciones a su cargo.
- El control de la producción, en términos de la cantidad, tipo de productos y variables usadas en el proceso productivo.
- Los materiales, materias primas, piezas y partes necesarias para la producción
- La dirección del personal a su cargo, en especial de quienes designen como responsables de cada sección.

- La coordinación con el otro Jefe Fábrica para la fabricación de productos compuestos y/o para el uso de recursos compartidos, tales como personal, trabajos de Gel Coat, Carpintería y/o Maestranza Eléctrica y Mecánica (Bajo la dirección éstos del Gerente de Ingeniería y Desarrollo), etc.

III.- Se elimina el cargo de GERENTE DE PRODUCCIÓN.

Estos cambios suponen ciertos ajustes en los procedimientos que actualmente se ejecutan en la empresa, que se detallan a seguir:

- a) Las Notas de Pedido mantienen su circulación actual, pasando de Ventas a Crédito y de ahí a Despacho cuando sean "Ventas de Stock", y pasando de Ventas a la Gerencia de Ingeniería y Desarrollo cuando sean productos a fabricar. Esta gerencia las circulará luego al Jefe de Fábrica respectivo cuando se trate de la venta de productos de línea pero que no se mantienen en stock (planchas de la serie 2.300, por ejemplo), o hará la cotización respectiva cuando se trate de productos nuevos.
- b) Las Solicitudes de Pedido de Compra Directa serán autorizados por los Jefes de Fábrica. Sin embargo, y por el periodo que sea razonablemente necesario, el Gerente de Ingeniería y Desarrollo apoyará la labor de los Jefes de Fábrica revisando estas solicitudes para verificar que sean correctamente extendidas.
- c) Los dos Informes de Stock de Productos Terminados que se emiten a la semana serán entregados ahora a los Jefes de Fábrica.
- d) Una copia de los Informes de Entrada y Salida de Bodega de Materias Primas serán enviados al Gerente de Ingeniería y Desarrollo.
- e) Una copia de los Inventarios Mensuales de Materias Primas, Productos en Proceso y Productos Terminados de las secciones será entregada al Gerente de Ingeniería y Desarrollo
- f) Las Autorizaciones de Horas Extras serán firmadas ahora por los Jefes de Fábrica y por el Sub Gerente General, Don Fernando Moreno Denegri.

D. FUNCIONES DESEMPEÑADAS QUE NECESITARON EL CONOCIMIENTO DE TÉCNICAS PROFESIONALES.

DI. CONOCIMIENTOS DE INGENIERIA NECESARIOS

En el pasado, el rubro de PRFV, fue una labor de carácter cien por ciento manual. Hoy, es imprescindible una base ingenieril sólida para ofrecer al mercado una productividad competitiva frente a una producción competitiva. Tanto más cierto esto último, cuánto mayor es la mecanización y automatización de los procesos de plásticos reforzados. Entre los conocimientos y técnicas de ingeniería necesarios, figuran los que a continuación menciono:

- i. Mecánica de fluidos
 - Propiedades químicas y físicas de las sustancias
 - Indicadores de presión, temperatura, viscosidad
- ii. Mezcla de materiales
 - Mezclas L-L, L-S
 - Potencia de mezcladores
- iii. Movimiento y almacenamiento de materiales
- iv. Alimentadores y mecanismos de alimentación
- v. Bombeo de líquidos
 - Maquinaria para bombear, tipos, elección y materiales.
 - Carga neta positiva de aspiración
- vi. Compresores
- vii. Hornos
 - Tipos de hornos y factores de diseño
 - Transmisión y desprendimiento del calor
 - Combustibles
- viii. Producción de energía
 - Sistemas y fuentes de energía
 - Costos de servicios
 - Transmisión de energía mecánica
- ix. Electricidad e ingeniería eléctrica
 - Circuitos eléctricos y magnéticos
 - Mediciones eléctricas
 - Costos de energía
 - Alumbrado o iluminación
 - Calentamiento eléctrico
 - Motores de corriente continua y alterna
- x. Seguridad contra accidentes y protección contra incendios
 - Legislación
 - La planta o instalación industrial
 - Abastecimiento de agua

- Tuberías para combatir los incendios
- Aparatos de alarmas contra incendios
- xi. Procesos
 - Líquidos inflamables
 - Combustión, combustión espontánea, descomposición.
 - Temperatura aparente de ignición
 - Punto de inflamabilidad
 - Electricidad estática
 - Elementos de protección personal
- xii. Organización y trabajo
 - Organización de la seguridad contra accidentes o incendios
 - Selección y entrenamiento del personal
 - Orden y limpieza
 - Mantenimiento o conservación
 - Brigadas contra incendios
 - Primeros auxilios en los accidentes
- xiii. Control y planificación de la producción
 - Planificación directiva y operativa de la producción
 - Planes de mejora en función de indicadores industriales
 - Métodos de trabajo
- xiv. Química macromolecular
 - Procesos de síntesis de la química macromolecular
 - Resinas termofijas o termoestables
 - Resinas termoplásticas
 - Mecanismos de las reacciones de polimerización
 - Propiedades físicas de los polímeros
 - Procesos de formación de fibras
 - Resinas poliéster insaturadas
 - Ácidos insaturados, ácidos saturados, Glicoles, Estireno
 - Síntesis de las resinas
 - Inhibidores, acelerantes, refuerzos, cargas, pigmentos, etc.
 - Aditivos tixotrópicos, aditivos de superficie
 - Catalizadores
 - Ensayos de resinas
 - Colorimetría
 - Procesos de fabricación, elaboración y aplicaciones del poliéster reforzado con fibra de vidrio, FRP.

D2. CANTIDAD Y TIPO DE PERSONAL ADMINISTRADO

La jefatura se realiza sobre un total de 55 personas, distribuidas de la siguiente manera: 36 personas en 4 turnos rotativos de 12 hrs., en el caso de Laminado Mecanizado; en Laminado Manual trabajan además 17 personas en turno diurno de 12 hrs. y en la sección Gel Coat 2 personas más.

Los jefes directos de cada una de estas secciones productivas, es personal Técnico Industrial, con excepción de la sección Gel coat que es conducida por un trabajador con más de 20 años de experiencia en formulaciones para la industria de los plásticos reforzados con fibra de vidrio y en la preparación de Gel Coat y dispersiones de pigmentos.

D3. FORMATOS DE REGISTRO DE ACTIVIDADES

D3.1 Laminado Máquina

- Consumo de materiales. Ver apéndice V.14
- Informe de Productos fabricados. Ver apéndice V.15

D3.2 Laminado Manual

- Consumo de Materiales. Ver apéndice V.16
- Informe de Productos Terminados. Ver apéndice V.17
- Informe de Horas Hombre. Ver apéndice V.18

D3.3 Gel Coat

- Consumo de Materiales
- Informe de Productos terminados
- Informe de Horas Hombre

E. OBJETIVO Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ACTIVIDAD DEL LAMINADO CONTINUO DE PLÁSTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO.

E.1 El Objetivo de esta actividad específica de los Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio (PRFV) se encuentra en el principio de fabricar el mejor producto al mejor precio posible; es decir, realizar el mínimo trabajo y obtener la mayor cantidad de producto acabado, por materias primas utilizadas.

Las características de esta actividad se pueden describir detalladamente de la siguiente forma:

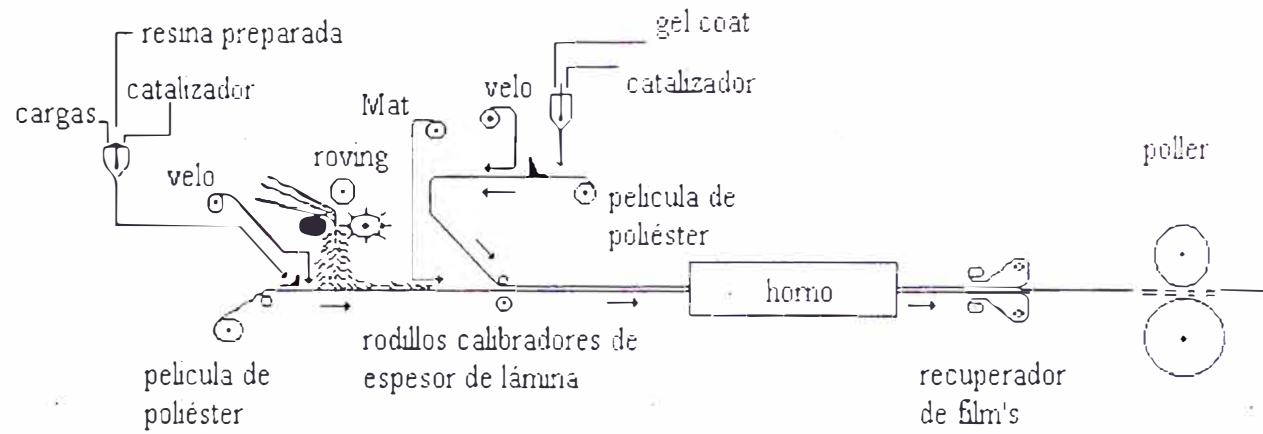
1. Se mezcla la resina de acuerdo con una formulación determinada siguiendo un programa que permite el abastecimiento continuo de la línea de fabricación. Se dosifica la resina, a la vez que una regla dosificadora (Doctor Box) controla su paso, sobre un filme en movimiento con una anchura adecuada.
2. Se coloca a continuación una capa o fieltro de fibra de vidrio de cordón cortado obtenida con mecha, sobre la resina depositada. Esta etapa se hace a través de una máquina cortadora de roving.
3. Se obliga a la resina a penetrar en el fieltro utilizando compactadores (peines) y/o impregnadores (rodillos), para impregnar completamente las fibras
4. Se coloca el filme superior para cubrir el material, normalmente en los rodillos de prensado.
5. Se ajustan los rodillos para que dejen pasar una cantidad predeterminada de resina y vidrio.
6. Se retiran las burbujas de aire encerradas en el paquete. Este trabajo es netamente manual y se consigue a través de espátulas de caucho de unos 20 cms de ancho por 10 cms de altura, siendo su espesor aproximadamente de 1 cm.
7. El mismo mecanismo de tiraje (pöller) mueve la estructura sobre las instalaciones de conformado, los cuales forman progresivamente la configuración ondulada final.
8. El material se mueve por un horno en forma de túnel donde se somete a un ciclo tiempo/temperatura programado. La gelificación de la resina debe tener lugar después de que el panel toma la forma adecuada. Las secciones típicas del horno y sus temperaturas son las siguientes:

Sección de precalentamiento (o zona de entrada al horno) del sistema resina-filme: 80-90°C.

Sección de gelificación: 80-90°C

Zona de desprendimiento de calor: 60-70°C

Fig. N°5.
PROCESO DE LAMINACION CONTINUA



Zona de curado final: 25-50°C

Para calentar las planchas durante el curado puede utilizarse electricidad, gas o aceite. Se prefiere muchas veces el método de la circulación de aire en el horno, y realmente es necesaria, en las operaciones con elevada velocidad, especialmente en la zona media donde tiene lugar el desprendimiento de calor de la resina. Mientras se desprende el calor de la resina, ésta no se encuentra totalmente curada. Por tanto, hay que controlar la velocidad de elevación de la temperatura para evitar la volatilización del monómero libre. El curado se completa en las secciones finales del horno.

9. Se desbasta el panel curado a la anchura adecuada y se corta a la longitud necesaria. Se mueve la sierra de cortado sobre el panel para cortar piezas en una longitud finita. Una unidad de tracción, que actúa sobre el panel curado acciona mecánicamente toda la operación.
10. Se separa el filme normalmente y de manera automática. Normalmente se utiliza filme de celofán para envolver el sistema. Muchas veces el éxito de la fabricación del panel depende de si el filme ha sido tratado adecuadamente. El celofán está plastificado y contiene humedad, que también actúa como plastificante. El plastificante y la humedad se eliminan a la temperatura de curado. La pérdida de plastificante produce una contracción en el filme. Si ésta contracción es muy elevada, especialmente en las primeras etapas del curado, se produce una deformación de la configuración del panel y aparecen irregularidades molestas en la superficie. Este fenómeno se evita por medio de una precontracción, controlando la humedad del filme, después de que ha sido desenrollado pero antes de ponerle en contacto con los componentes del panel.

E1.1 Ventajas más importantes del procedimiento continuo.

- a) Uniformidad del producto
- b) Bajo costo del trabajo que es necesario emplear
- c) Utilización eficiente de las materias primas
- d) Elevada capacidad de producción

E1.2 Desventajas más importantes del procedimiento continuo

- a) Elevada incapacidad para producir cantidades pequeñas de manera eficiente, sobretodo cuando el personal no es muy experimentado.
- b) La maquinaria que se utiliza para obtener producciones elevadas son muy largas (45 a 70 mts.)
- c) El costo de la puesta en marcha hace que las paradas en series pequeñas sean prohibitivas a menos que se preste atención y se utilicen operarios expertos.

- d) Este método no está todavía completamente automatizado y es necesario utilizar operarios expertos para conseguir los rendimientos deseables.

E1.3 Control de Calidad

- a) Es necesario controlar la resina que se utiliza: Procedimientos de formulación, Temperatura y viscosidad de la mezcla, Calidad de materias primas y Dosificación de aditivos, especialmente de los acelerantes o promotores.
- b) Control de la integridad, velocidad e impregnado de los refuerzos de fibra de vidrio. Temperatura de impregnación.
- c) La distribución debe ser uniforme para evitar la aparición de zonas débiles ricas en resina y otras con elevado contenido en vidrio que son antiestéticamente opacas.
- d) Es necesario realizar un impregnado completo para evitar el que aparezcan zonas secas y otras con burbujas.
- e) El control de la gelificación de la resina en el estratificado es de vital importancia. Las resinas que aparecen mal curadas dan lugar a la aparición de zonas blandas y débiles, mientras que las que presentan curados excesivos producen un elevado desprendimiento de calor y, en consecuencia, zonas opacas o con fibras blancas. Hay que controlar además de manera apropiada el punto de gelado y la temperatura de gelado.
- f) Es necesario además controlar la posición de la parte del paquete en fabricación que tiene la máxima temperatura, y cuál es ésta. Con toda seguridad, el peak exothermic antes de la mitad del túnel (horno), produce sobrecurados y desprendimientos elevados de calor, con los problemas ya mencionados. Al mismo tiempo si estas temperaturas máximas se dan saliendo del horno o muy próximas al final, es muy probable que la plancha se quiebre o fisure, a su paso por el sistema de tracción.
- g) Es necesario realizar una limpieza general alrededor de la zona de trabajo para evitar que los productos sean rechazados por la presencia de suciedad visible internamente o en la superficie del panel.

E1.4 Efectos Especiales

Pueden obtenerse efectos especiales utilizando fieltros de superficie, inserciones y filmes especiales.

En el procedimiento continuo, se colocan unidades de alimentación para introducir el fieltro de superficie o inserciones impresas en el panel en la parte primera o sección de impregnación de la línea de fabricación.

Se utilizan unidades dobles para asegurar un abastecimiento continuo. El filme se coloca de manera similar, a fin de que puedan realizarse los empalmes entre los rodillos sin alterar la fabricación. En el caso de paneles con superficies a base de Melinex (filme de polyester), este filme reemplaza al celofán.

Las superficies compactas con un diseño que presenta en un contenido elevado en resina tienen una resistencia a los agentes atmosféricos mucho más elevada. Las superficies pulidas ricas en resina se obtienen pasando un recubrimiento de resina pregelificada desde un embalaje de un filme al panel. Además pueden introducirse bandas coloreadas llevando la resina pregelificada y coloreada desde el filme a la superficie del panel.

También se utiliza fieltro velo de fibra de vidrio soplado para obtener una superficie rica en resina muy estable. Por naturaleza el fieltro velo de fibra de vidrio tiene capacidad para retener un porcentaje elevado de resina (80-90 por 100), creándose por esta razón las condiciones adecuadas para conseguir resistencia durante periodos largos contra la deterioración de la superficie.

Por último, en ocasiones, se estampan inserciones para conseguir aspectos decorativos, por ejemplo, imitaciones de mármol y veteados tipo madera. Las inserciones suelen ser a base de panel sintético de poco peso con un diseño adecuado que se obtiene con tintas especiales insolubles en las resinas sin curar y que no aceleran ni retardan el curado final.

E2. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PROTECCION EN EL TRABAJO

Es muy importante, especialmente para las empresas pequeñas, el conocer los riesgos que existen en la fabricación de elementos reforzados con fibra de vidrio o composite.

E2.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Tanto las conocidas resinas de reacción usada en los plásticos reforzados con fibras – como las epóxi y poliéster –, como los medios promotores – como endurecedores y acelerantes, – son componentes químicamente reactivos. Para su utilización prevista (proceso de endurecimiento), esta reactividad química es indudablemente conveniente, aunque puede poner en peligro la salud por una higiene de trabajo inadecuada.

Para evitar los daños a la salud, deben tenerse en cuenta:

- Las hojas de datos de los suministradores y las normas profesionales de la industria química.
- Las características de los materiales de trabajo:
 - Punto de llama

- Temperatura de inflamación
 - Limite de explosión
 - Clase de material
 - Tamaño de local
 - Temperatura ambiente
 - Modo de empleo
 - Etc.
- Evitar gases, vapores o nieblas.
 - Se debe prohibir fumar o producir llama desnuda o chispas.
 - Los elementos de producción eléctricos deben tener protección antideflagrante, especialmente cuando se usan cerca de disolventes para limpieza de fácil evaporación como la acetona.

Medidas de Seguridad con los siguientes materiales:

RESINAS DE REACCION.

Las resinas de reacción son resinas plásticas que, debido a su constitución química, con o sin reactivos, reticulan durante el almacenaje convirtiéndolos en materiales duros. El manejo descuidado de resinas y reactivos puede producir daños en la piel y mucosas, por lo que se debe evitar el contacto directo o la inhalación de vapores y polvo mediante medidas de protección adecuadas. En los locales de trabajo debe atenderse a una abundante renovación de aire y a una gran pulcritud. Hacia el final de la jornada debe retirarse todos los restos de resinas y disponer de las cantidades no utilizadas de un modo seguro. Los contenedores de residuos deben ser incombustibles y en lo posible poseer tapas de cierre automático.

MEDIOS REACTIVOS

Bajo esta denominación, se incluyen los endurecedores y acelerantes. Los peróxidos orgánicos se utilizan como iniciadores para el endurecimiento de poliésteres insaturados. Son materiales de composición altamente inestable, muchos de los cuales tienen en estado puro, cualidades no solo inflamables sino también explosivas. La peligrosidad de los peróxidos orgánicos varía en función de su estructura molecular.

Por ello son muchos los peróxidos demasiado peligrosos para utilizarlos en estado puro y los suministradores suelen servirlos mezclados con un elemento inerte. Esta mezcla se denomina flegmatización.

Una de las condiciones más importantes para su manejo seguro es la limpieza del local de trabajo, ya que la más pequeña mancha en los peróxidos orgánicos lleva a su descomposición. En tal caso, una cantidad indeterminada de peróxido no tiene ya las características originales. Los botes deben mantenerse cerrados después de su uso. Los peróxidos orgánicos son muy sensibles al calor debiendo evitarse la incidencia directa de rayos de sol. También debe evitarse el manejo descuidado y los golpes o impactos. Está estrictamente prohibido fumar o mantener llama descubierta en la vecindad de los peróxidos.

Debe impedirse de modo absoluto que puedan tener un contacto directo en los acelerantes, que se utilizan normalmente en combinación con los peróxidos, puede seguirse una descomposición importante o una explosión. Hay que llevar siempre una mascarilla o unas gafas de protección contra la fuerte acción caústica del contacto de los peróxidos orgánicos. El contacto directo de la piel con los endurecedores debe evitarse, así como la inhalación de vapores o polvo, mediante las medidas de protección adecuadas.

DISOLVENTES.

Los principales medios disolventes, diluyentes y limpiadores utilizados en el trabajo con resinas de reacción son inflamables, y pueden en combinación con el aire, generar peligrosas mezclas explosivas. El punto de llama es el criterio más interesante para la evaluación de los líquidos inflamables. Sólo por encima de determinada temperatura, característica para cada uno, desarrollan vapor suficiente para que la concentración alcance la temperatura mínima de inflamación. Esta temperatura debe considerarse como su punto de llama. Para evitar la evaporación de los disolventes es conveniente manejarlos mediante aparatos cerrados o en contenedores ininflamables de seguridad con cierre automático. Tanto el fumar como la llama descubierta o chispas están prohibidas en las proximidades de disolvente inflamables. Las conexiones y aparatos eléctricos deben llevar protección antideflagrante. Para mantener un modo de trabajo irreprochable, debe cuidarse el mantenimiento de los aparatos de extracción y entrada de aire y de los ventiladores.

Hay que evitar en cualquier caso el contacto directo de la piel con disolvente líquidos. Debido a sus cualidades disolventes de grasas estos materiales pueden dañar la piel de modo persistente y provocar intoxicaciones por absorción; así pues no deben utilizarse disolventes para la limpieza de la piel.

VIDRIO TEXTIL

Los vidrios textiles se elaboran, como materiales de refuerzo, en forma de rovings, mats, tejidos o velos. Las fibras de vidrio textiles no están clasificadas en el grupo de materiales peligrosos. Debido a que éstas fibras constan de filamentos cuyo diámetro es, sin excepción, mayor de 3 micras, se encuentran en un campo biológico no crítico.

La inhalación de polvos procedentes de las estaciones de corte, que contienen fibras cortas, pueden causar irritación en el tracto respiratorio superior.

Debe mantenerse la máxima limpieza en las áreas de trabajo. El corte de patrones de mat o tejido debe ser realizado por personal que no tenga contacto, al mismo tiempo, con las resinas. Las microraspaduras de la capa externa de la piel pueden convertirse, por contacto con resinas o endurecedores, en fuertes irritaciones que pueden llevar a enfermedades de la piel.

Debe evitarse el uso de ropa de trabajo estrecha o ajustada (en manos y cuello) contra posibles irritaciones de la piel. Al final de la jornada deben lavarse con agua a baja presión y con uso de jabón, las partes del cuerpo que han estado en contacto con polvo de vidrio. Esto evita que se claven en la piel las fibrillas, y la irritación resultante.

No debe utilizarse aire comprimido para limpiar cuerpo y ropas en contacto con polvo de vidrio. Es ventajoso el uso de una crema de protección adecuada.

CARGAS, PIGMENTOS Y COLORANTES.

Los pigmentos, cargas y colorantes son materiales valiosos para la elaboración de composites. Deben conocerse las características específicas y las medidas de protección en el uso de estos aditivos descritas en la literatura técnica. Debe impedirse la formación de una gran cantidad de polvo durante la adición de estos productos a la resina líquida. Esto se aplica especialmente al manejo de sílice micronizado o materiales de fibra de amianto.

Es imprescindible una buena absorción de polvo durante la mecanización de piezas moldeadas. Una buena instalación de extracción puede evitar una posible inhalación de polvo peligroso para la salud.

E2.2 PROTECCION EN EL TRABAJO

Todo contacto con productos químicos implica riesgos. Estos riesgos pueden superarse totalmente mediante medidas adecuadas. Cualquier manejo descuidado de estas sustancias puede, de todos modos, hacer que

ocurran accidentes y ocasionar daños a la salud. Las sustancias perjudiciales pueden penetrar en el organismo humano de diversos modos. Para evitar daños de salud por inhalación, deben extraerse los vapores en su origen. Los locales de trabajo y almacenaje tienen que estar ventilados y los envases cerrarse tan pronto como se acabe de utilizar el material. Debe evitarse en todo caso la inhalación de polvo.

Como regla general, la concentración máxima de polvo debe ser 6 mg/m³. Para el ampliamente empleado estireno monómero, el valor es de 20 ppm u 85 mg/m³. Puesto que sus vapores son más densos que el aire, debe preverse ventilación a nivel del suelo. Es reglamentario comprobar la funcionalidad de los extractores. Especialmente conveniente es la protección de los ojos. El trabajo con peligro para los ojos por salpicaduras, como sucede al manejar endurecedores y peróxidos orgánicos, debe comportar el uso de gafas de protección de protección.

Para el trabajo con peróxidos orgánicos líquidos se requiere el uso de gafas herméticas. En los lugares de trabajo deben existir duchas oculares o frascos para lavado de los ojos. Los vapores de resina líquidas, endurecedores y disolventes pueden producir también inflamaciones en los ojos, lo que indica una vez más la conveniencia de una buena ventilación. Para evitar la ingestión – por inadvertencia – por vía bucal de sustancias peligrosas, está prohibido fumar así como comer o beber en los lugares de trabajo o almacenaje.

Contra el peligro de irritaciones de la piel, reacciones alérgicas y reabsorciones, debe evitarse el contacto de la piel con sustancias peligrosas. Por ello debe evitarse, además del contacto cutáneo o con los materiales líquidos, el de los gases, vapores y polvo. Resulta adecuado el uso de guantes. Es conveniente llevar guantes de lana gruesos bajo los guantes de caucho o plástico. Cuando no es conveniente o apropiado utilizar guantes, es conveniente emplear cremas o pomadas protectoras; repitiendo su aplicación después de cada limpieza de la piel. Los disolventes no deben emplearse para limpiar la piel, puesto que eliminan sus grasas de protección natural.

Debe apercibirse de inmediato los derrames o goteos de material y atender a que ninguna persona entre en contacto, sin darse cuenta, con ellos, como al tocar aparatos, manivelas de puertas, etc. Debe cuidarse el uso de utensilios auxiliares (cubetas de papel, recipientes plásticos, espátulas de madera, etc.). Después de su uso deben arrojarlos a los contenedores de desechos, que deben ser ininflamables y con cierre automático. Su elevada densidad permite cubrirlo con agua para evitar la evaporación en los recipientes de limpieza de útiles fuera de turno.

Deben además, utilizarse avisos de “No fumar, ni llama descubierta” en los contenedores de seguridad, que en el caso de incendio deben continuar siendo herméticos.

Fig. N°6.
Máquina Laminadora para la fabricación de Planchas en Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio

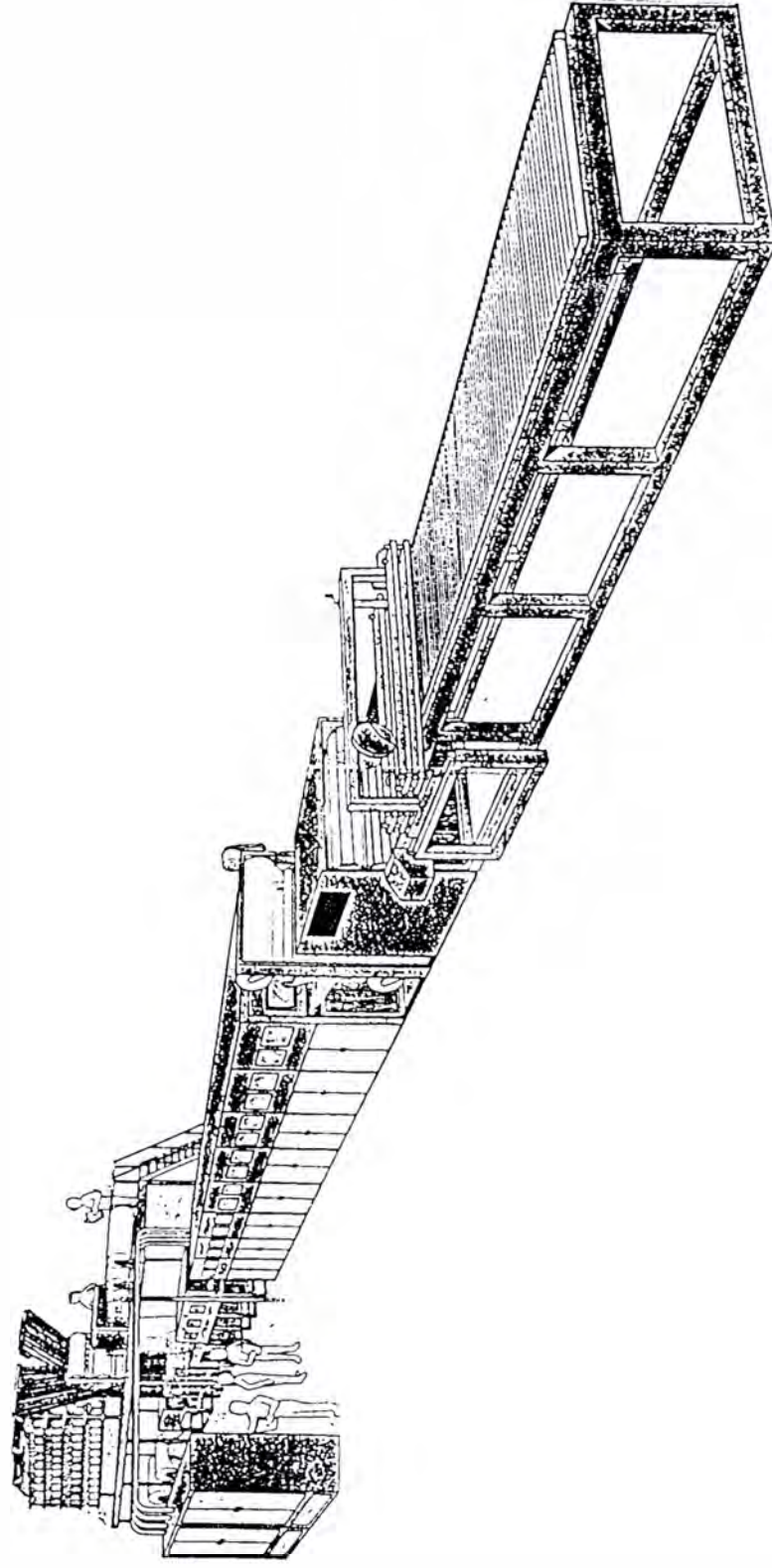


Fig. N°7. Bomba Dosificadora de Resina y Catalizador

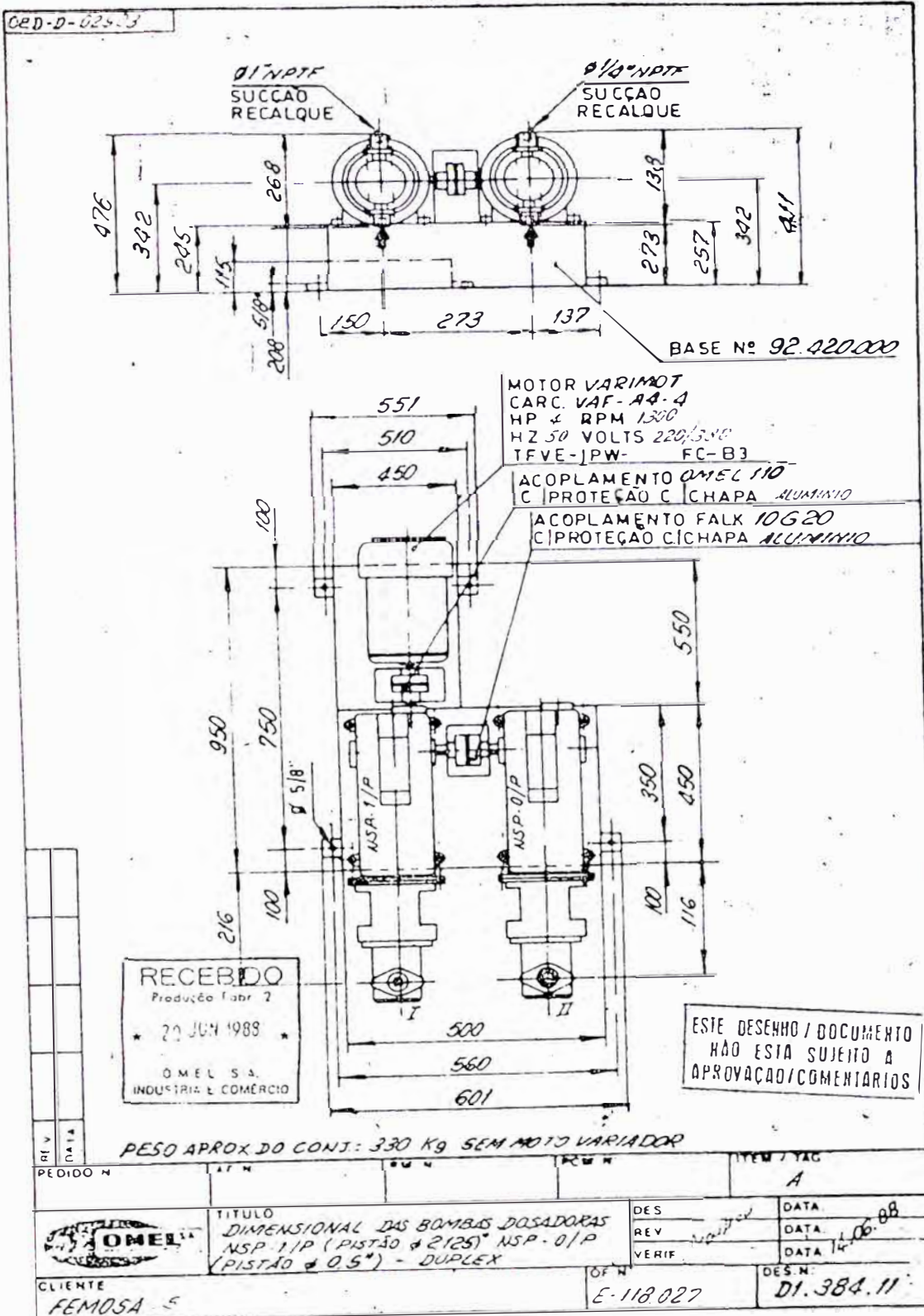
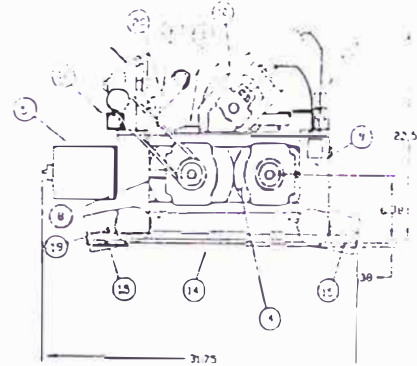
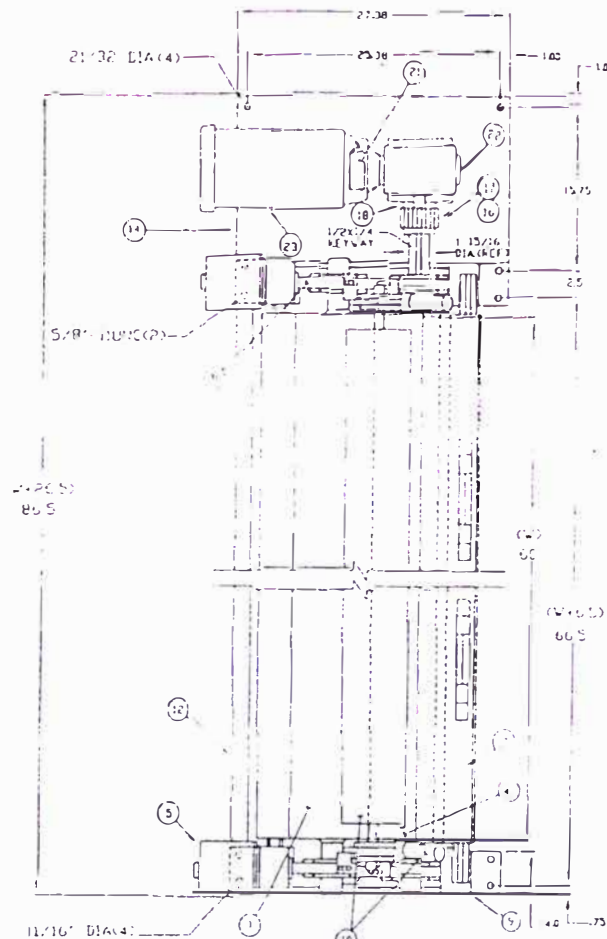


Fig. N°8.
Máquina Picadora de Roving



ITEMS 16, 18, 21, 23
ARE NOT SHOWN IN THIS VIEW



TOP VIEW
ITEMS 8, 15, 19, 20 ARE NOT
SHOWN IN THIS VIEW

SHEET 1 OF 2
B/M ON SHEET 2

NOTE:  NOT SHOWN

EXTRA FIELDS		
LABEL	CONTENT	DESCRIPTION
V	60	WIDTH OF CUTTER IN INCHES

DIMENSIONS ARE IN INCHES SCALE: 1/12				THIS DRAWING WAS RE-ENGINEERED BY DWG. NO. 1	
REVISED		DATE	BY	FINN & FRAM INC.	
PRACTICES		DATE	BY	TITLE	
BY DATE 8/8 10-14-60				80" XW CUTTER, 1" OUT-AIR BLOWER SYSTEM, OSCILLATING FEED BAR TAIL	
DWG NO. - BXW 9304-60		PART NO.		REV.	

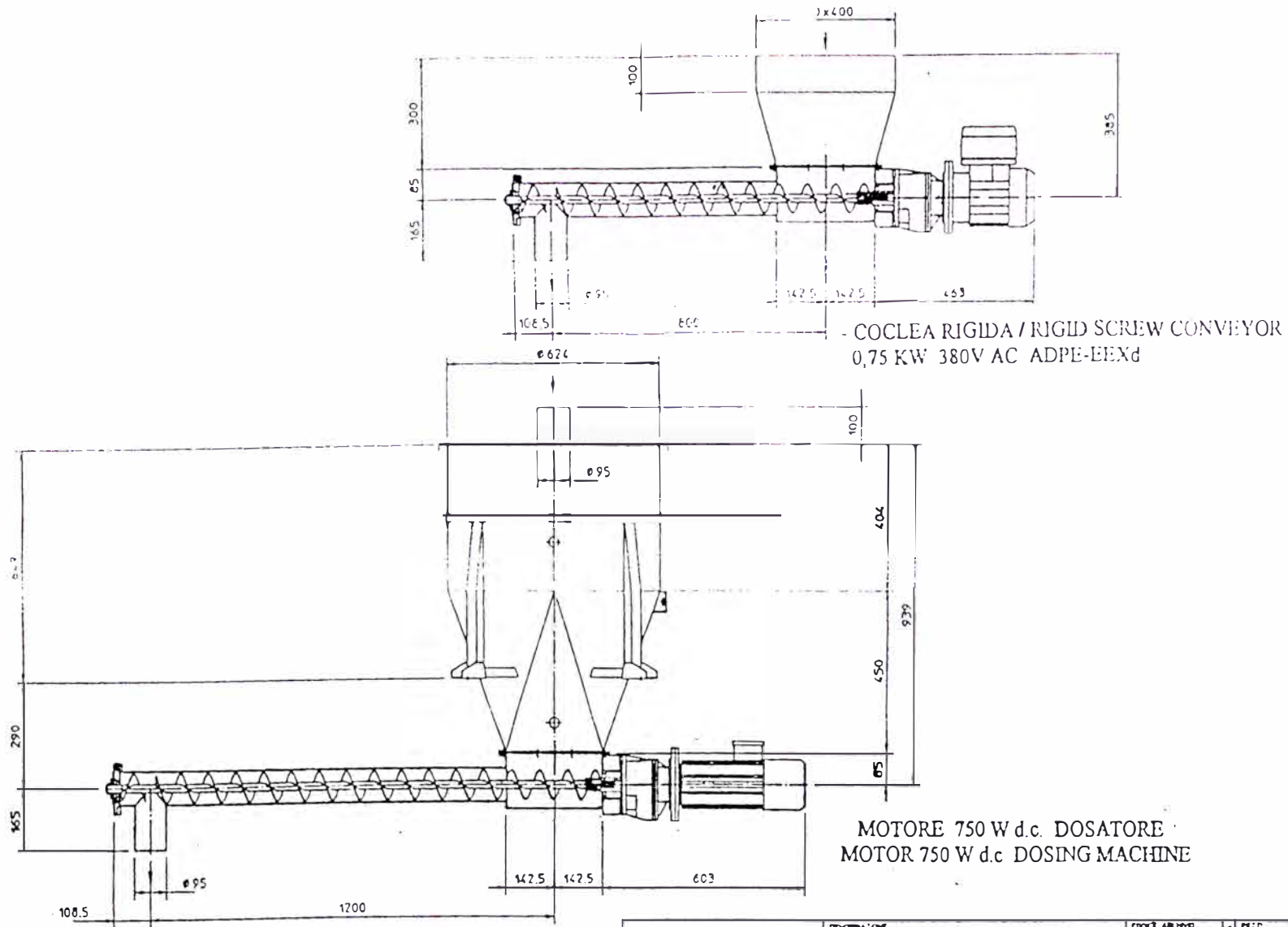


Fig. N°9.
Maquina Dosificadora de Cargas

CAVICCHI
Impianti s.r.l.
VILLANOVA DI CASTENASO
BOLOGNA - ITALIA

DESCRIZIONE	ASSIEME DI PROGETTO		CODICE ALLUMINA	C	FILE
PROGETTO	IMPIANTO TRASPORTO E DOSAGGIO		PL_02/04/02/PT	7	
	SCALA	DATA	PRIMA		
	1/10/13	06/02/14	FORMA		
CODICE N°	96021 - P - 1				

Partes y Accesorios más importantes de la Máquina Laminadora de fabricación continua de Planchas Plásticas Reforzadas con fibra de vidrio

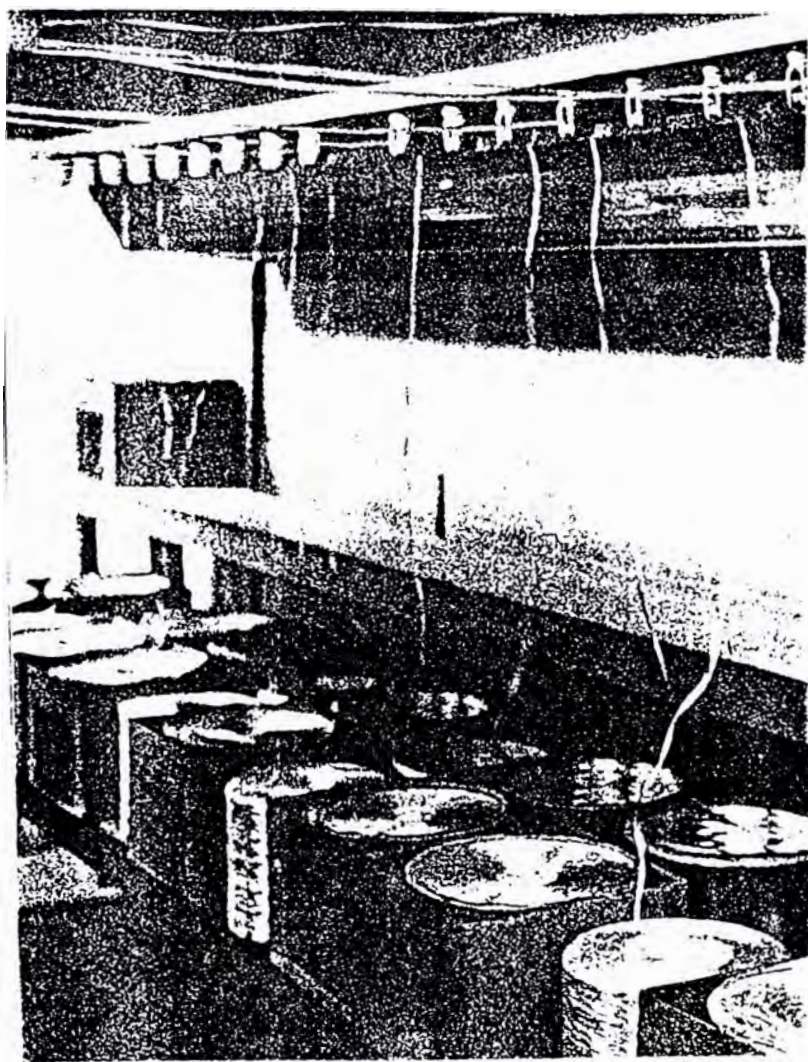
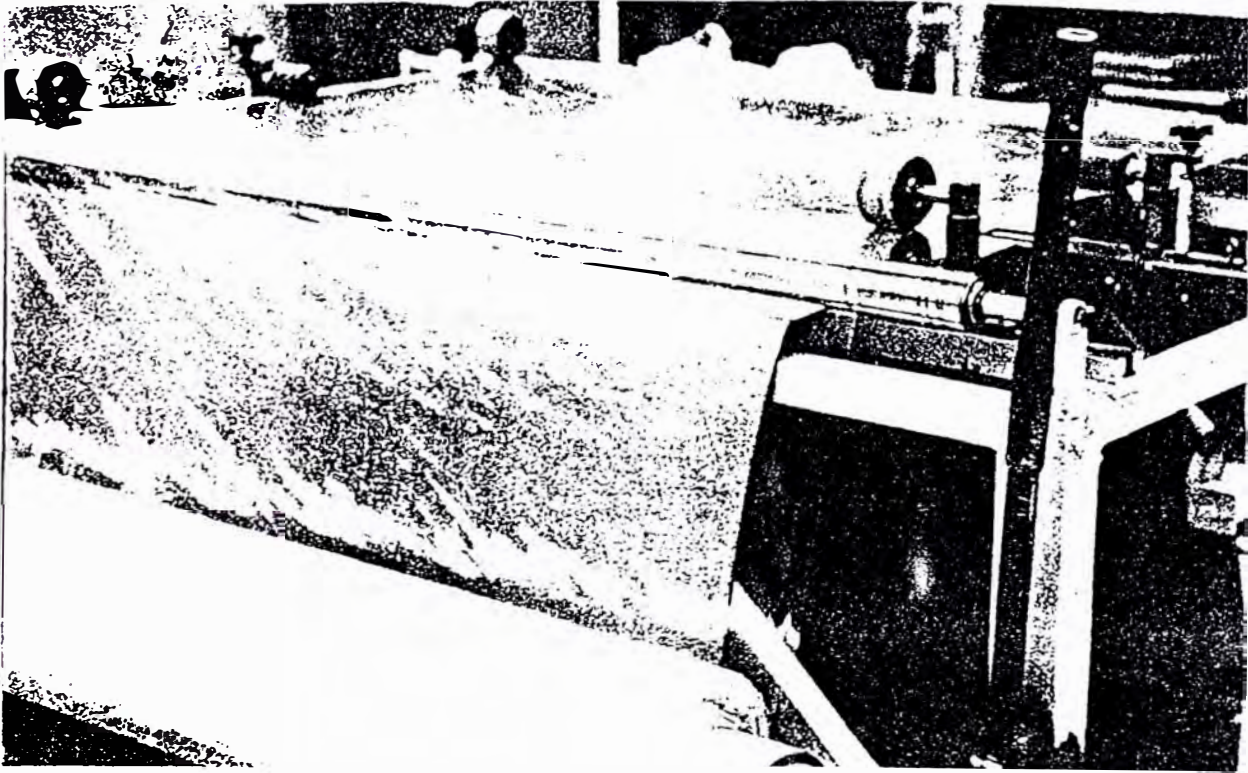
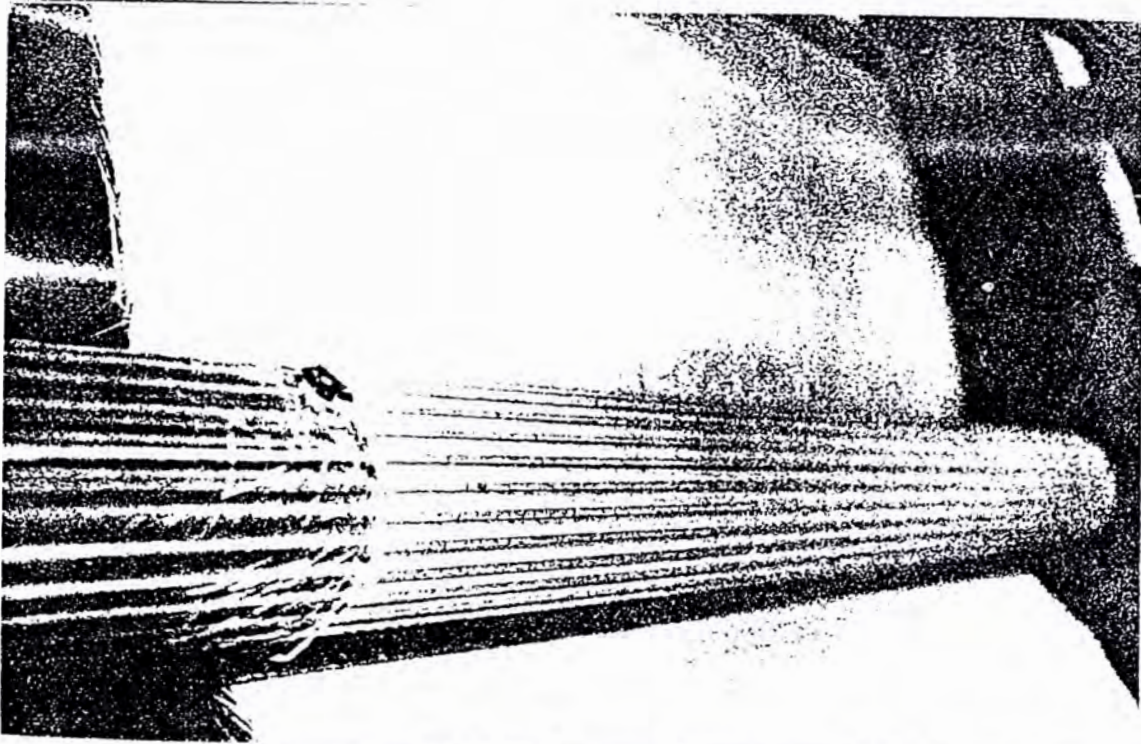
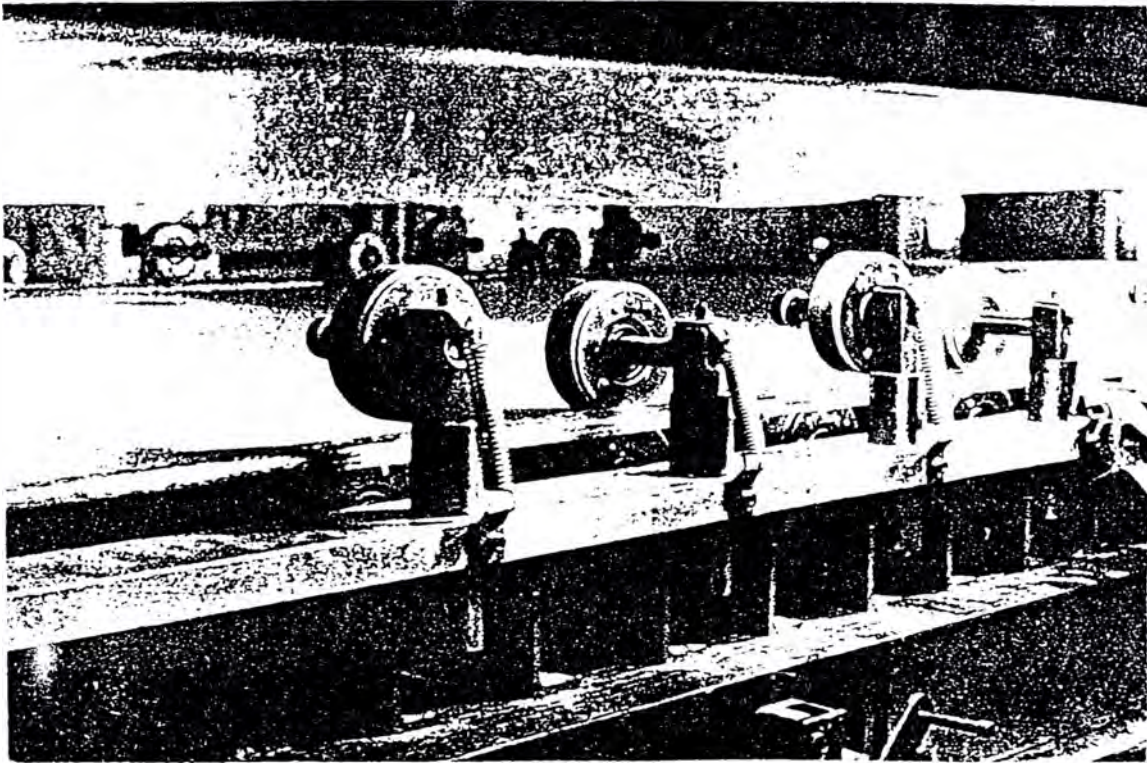
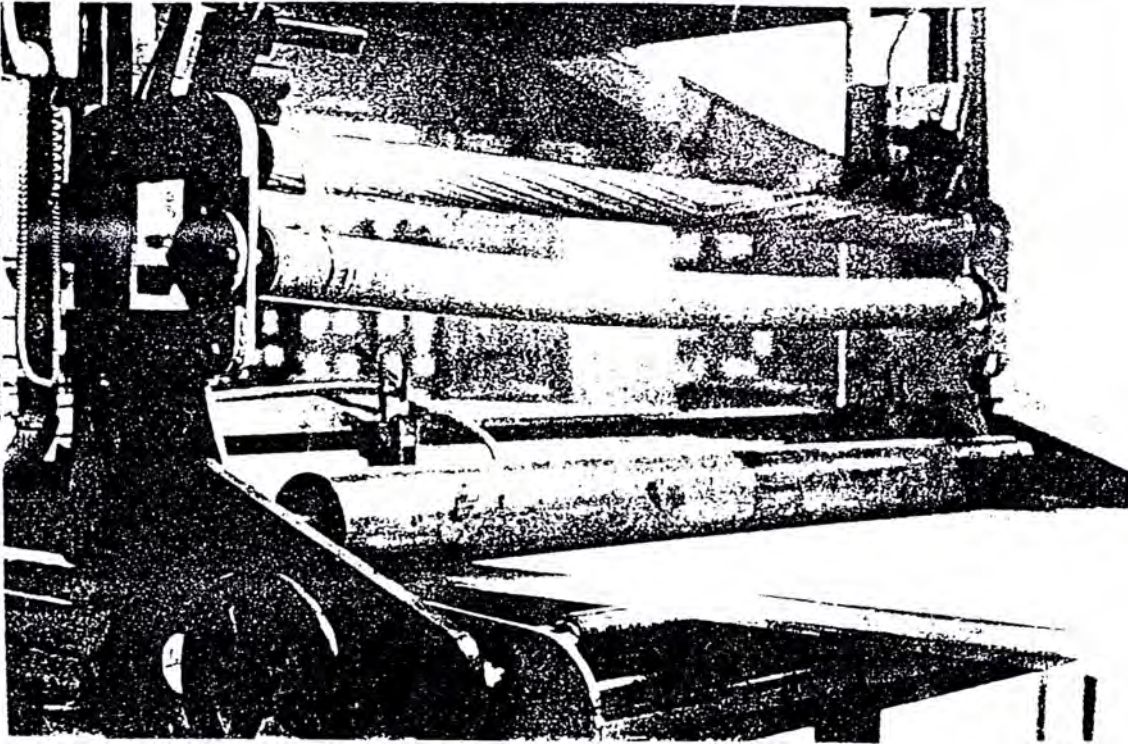


Fig. N°10 Rak de Roving

Fig. N°11.

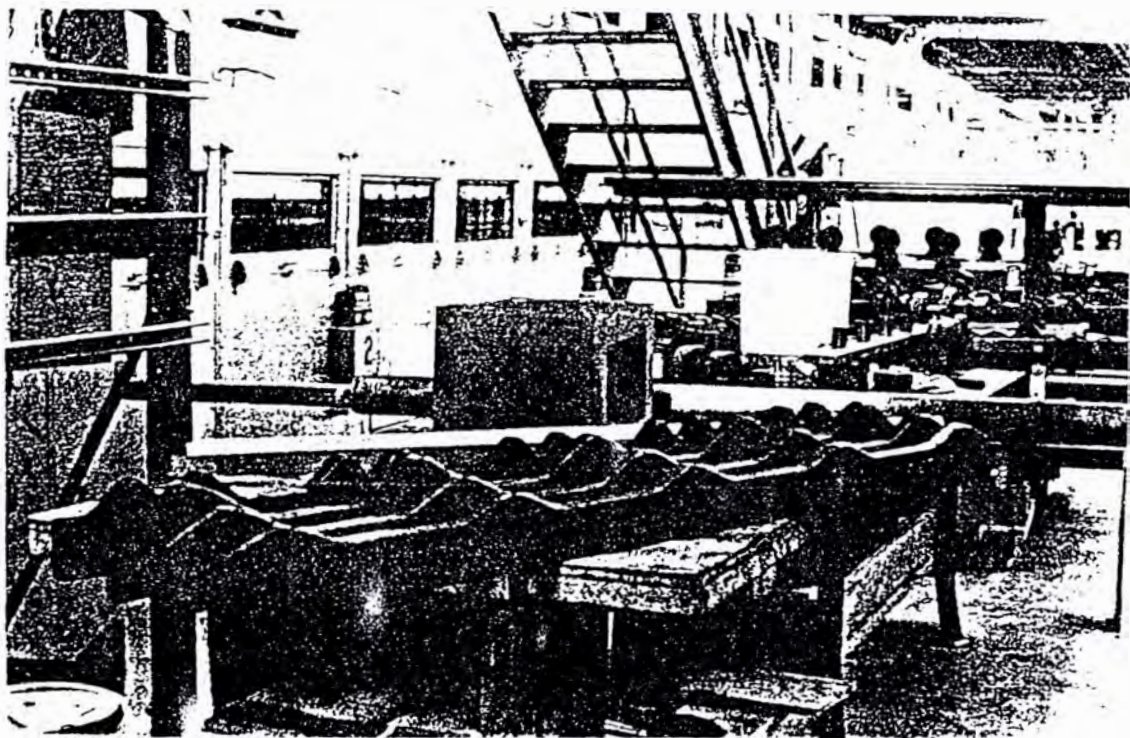
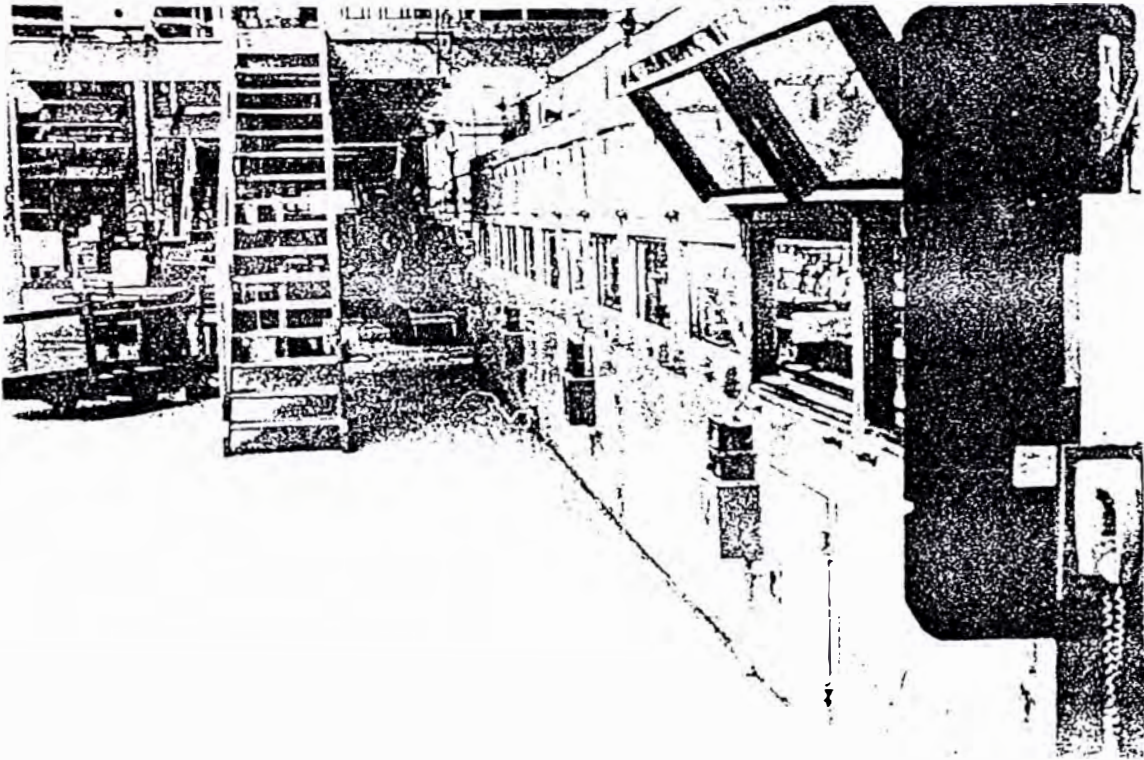
Alimentación de Fibra de Vidrio o Mat y Película de Poliéster inferior





Alimentación de Película de Poliéster superior y equipo de tensión de películas

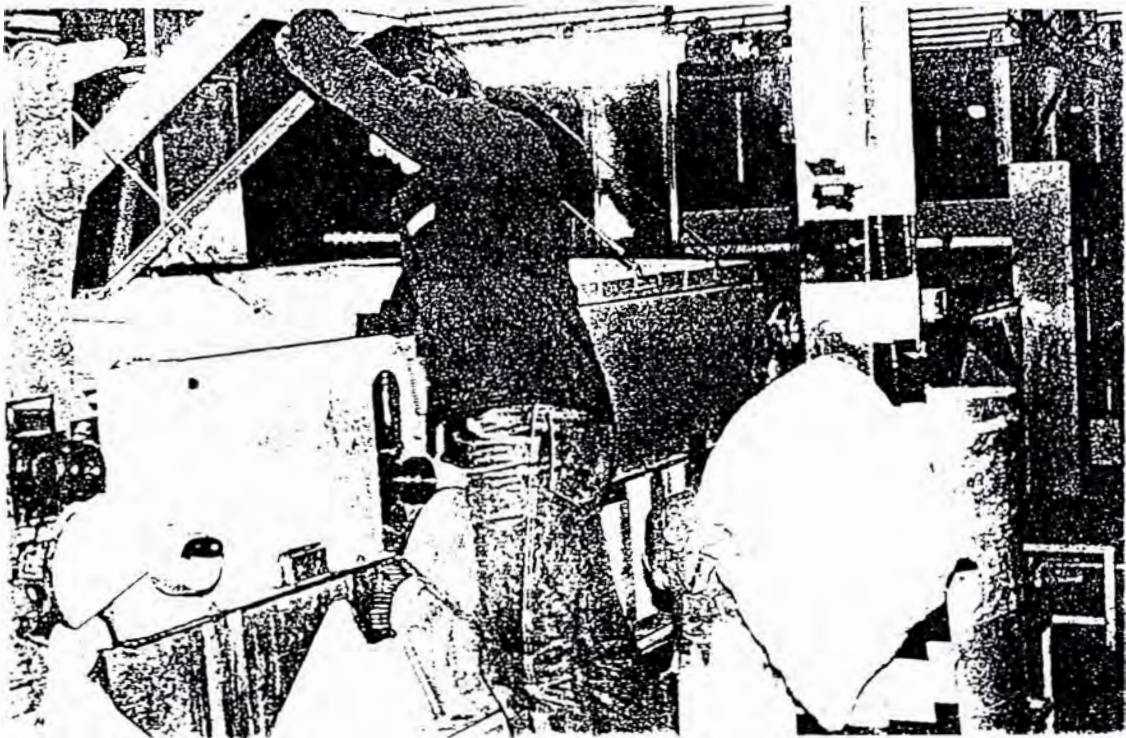
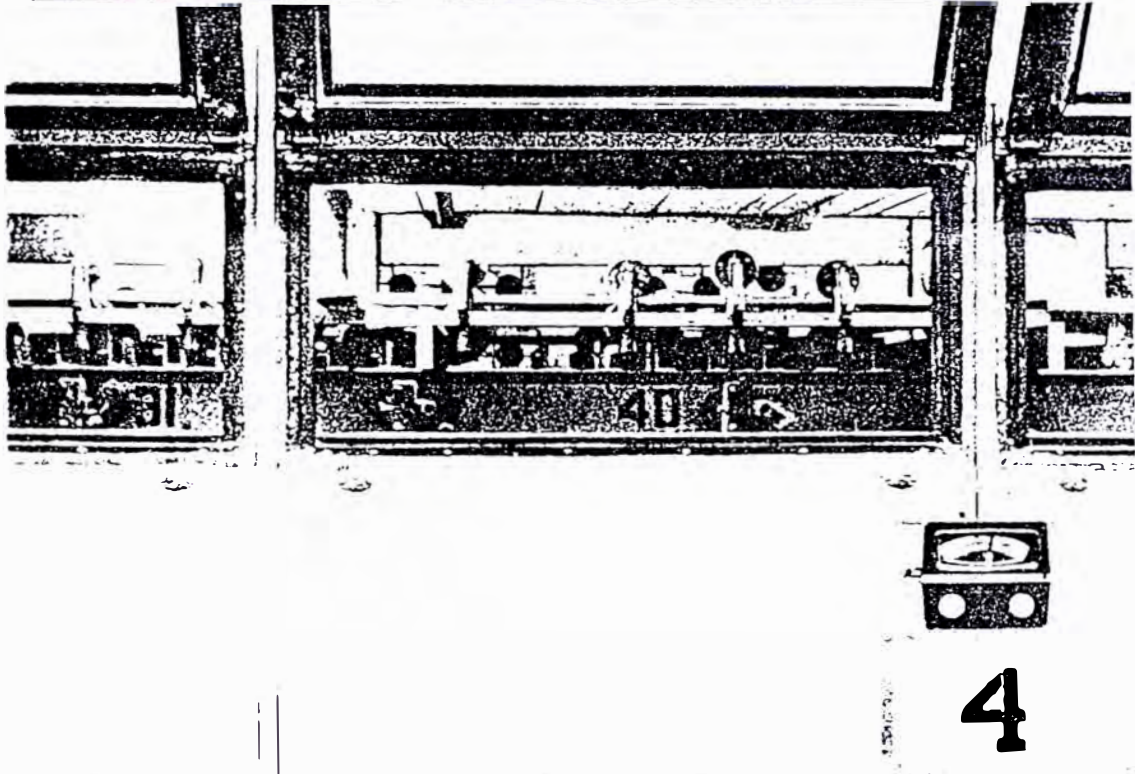
Fig. N°12.

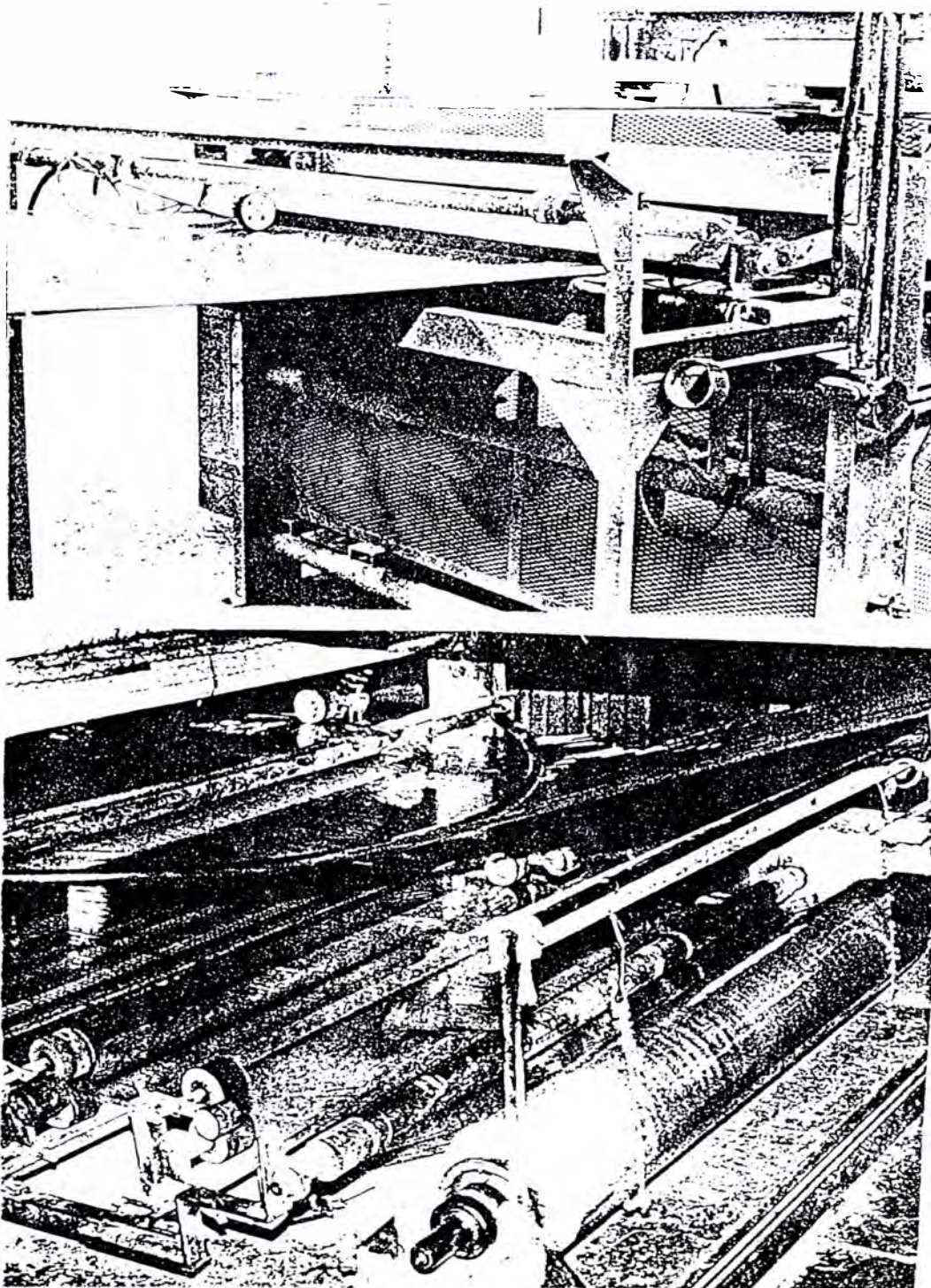


Horno de la Máquina y Matrices del Horno
Fig. N°13.

Fig. N°14.

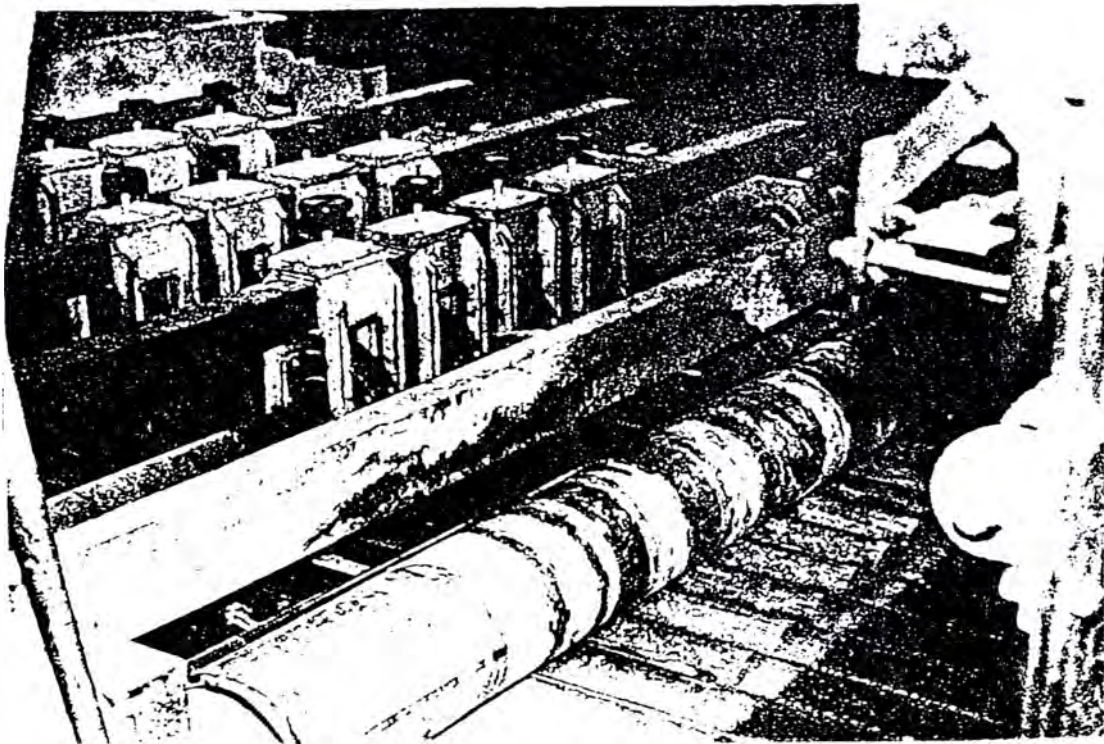
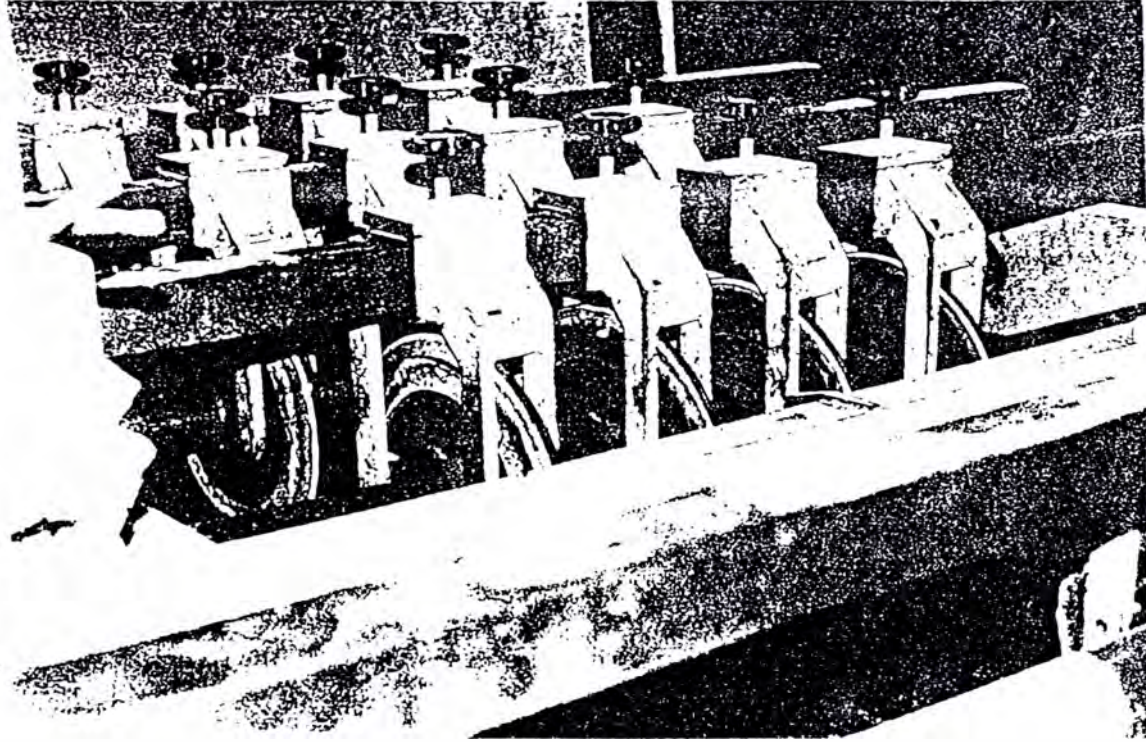
Vista Lateral del Horno y Trabajo de Inspección de la Plancha en el Horno





Equipo contador de Metros de Plancha fabricados y Recuperación de Películas
Fig. N°15.

Fig. N°16. [Equipo de Tracción o Póller]



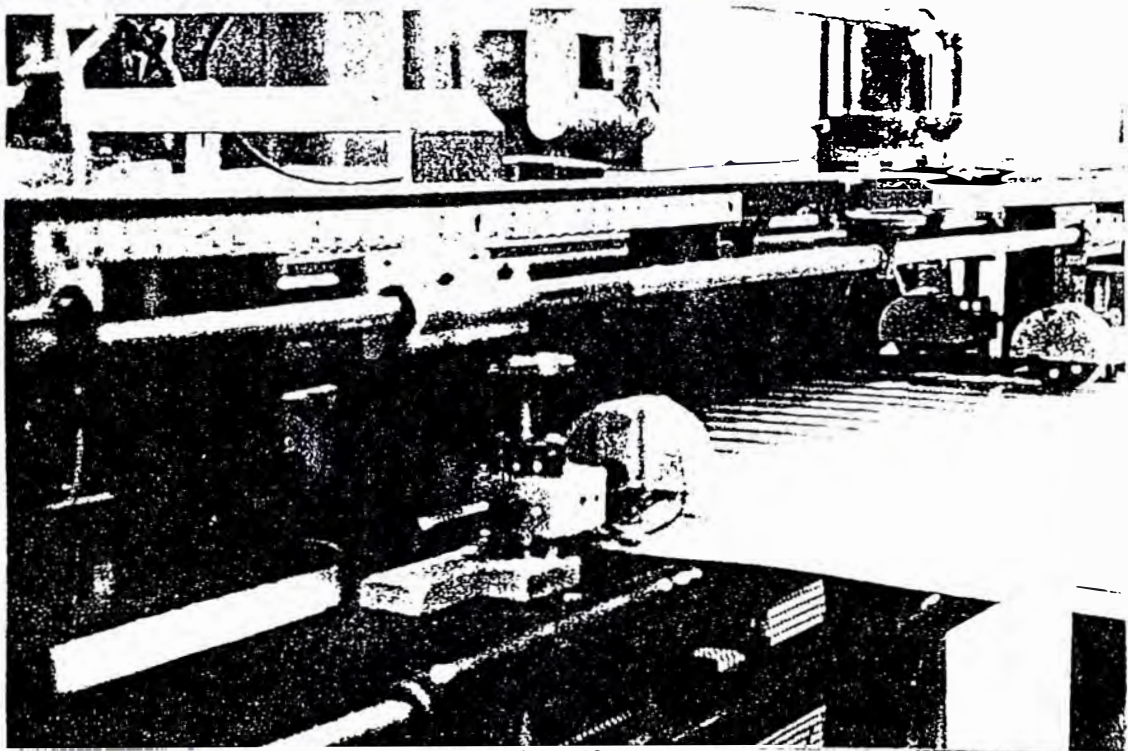
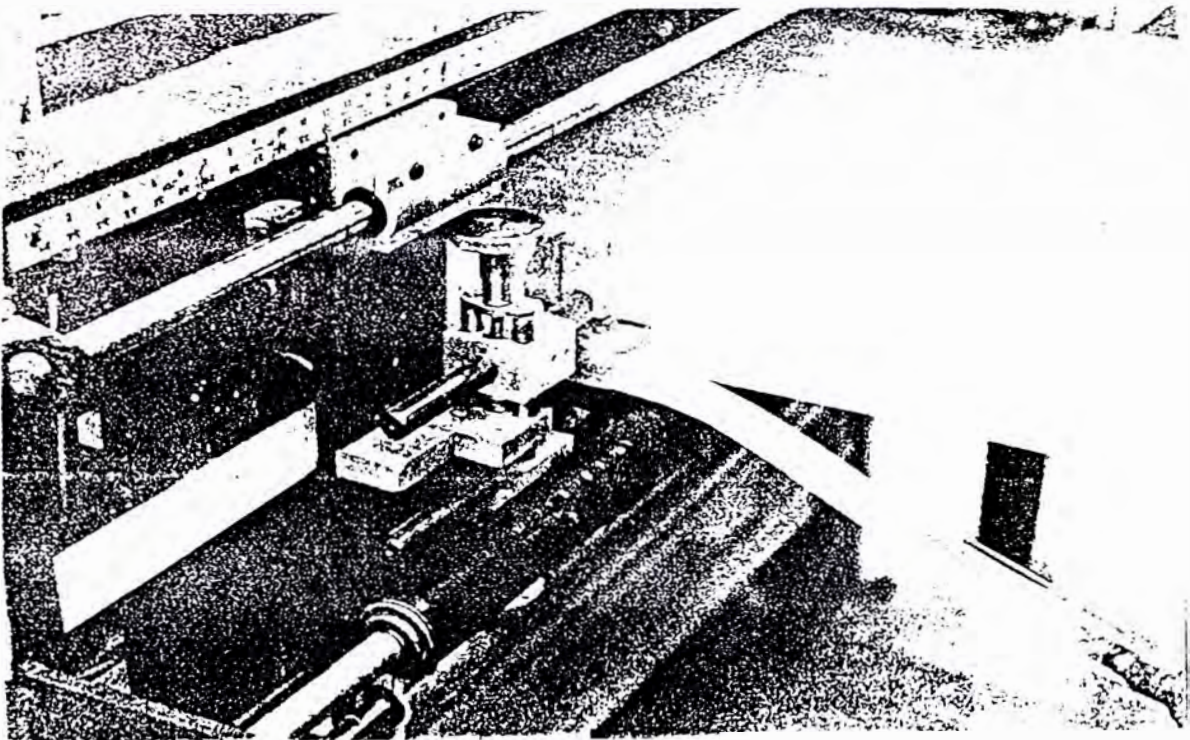
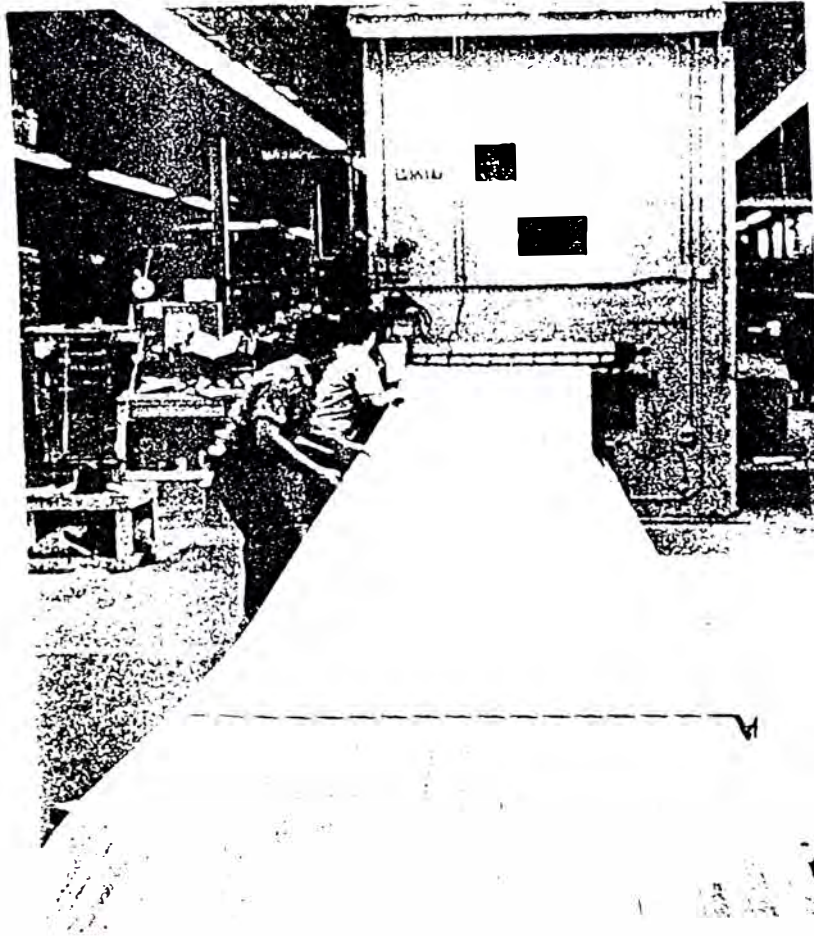
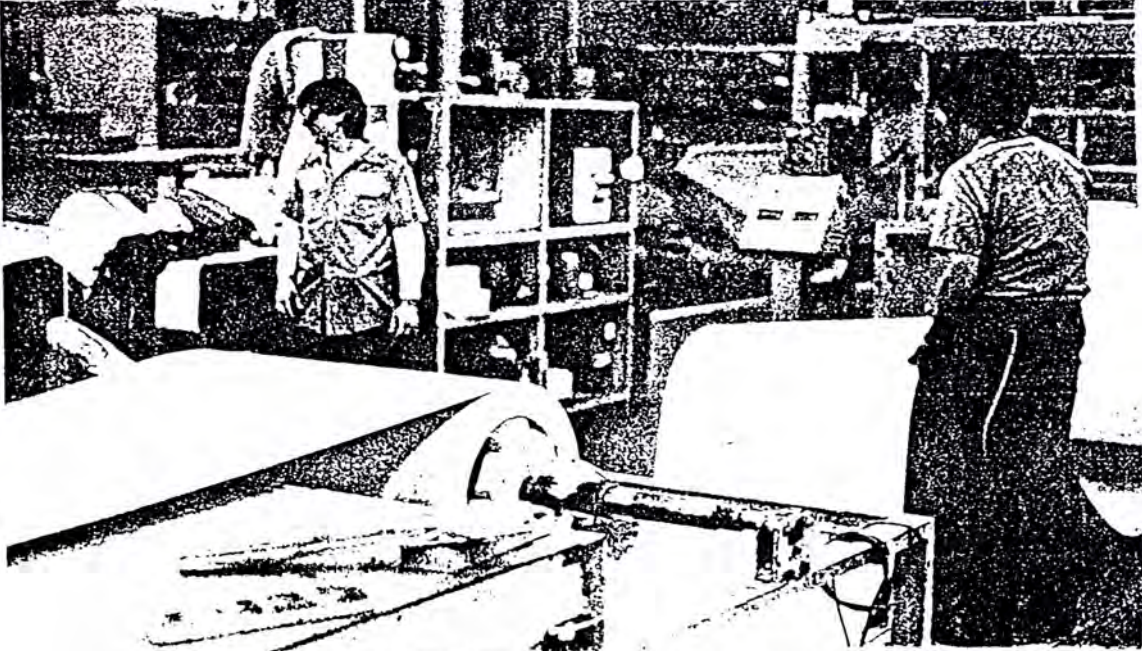


Fig. N°17.
Equipos de Corte Longitudinal

Fig. N°18.

Recepción de Productos terminados y Corte Transversal



F. SUSTENTACION DE LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y DE LOS CONCEPTOS OPERATIVOS COMPLEMENTARIOS

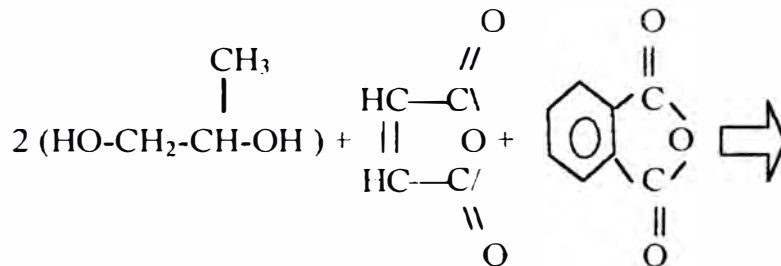
F.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES. Los conceptos fundamentales sobre los cuales descansa el trabajo de laminación continua en PRFV son:

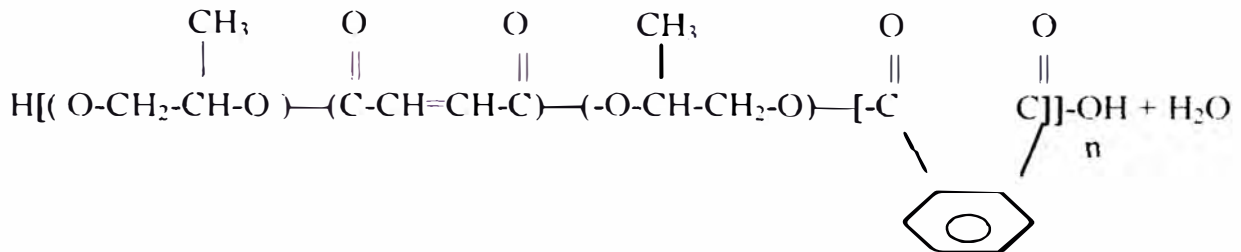
- a. Resinas poliéster insaturadas
- b. Curado y catalizadores de curado
- c. Activadores y aceleradores
- d. Selección del sistema de curado
- e. Refuerzos
- f. Filmes de laminación
- g. Otros

a. Resinas Poliéster insaturadas.

Las resinas poliéster son generalmente polímeros de condensación, que resultan de la reacción de ácidos dicarboxílicos con glicoles, y son polímeros lineales. Son clasificadas como saturadas o insaturadas dependiendo de la presencia o ausencia de dobles enlaces reactivos en el polímero lineal. Los poliésteres saturados tales como el politereftalato de etilenglicol son usados principalmente en el campo de las fibras y en la producción de filmes. Los poliéster insaturados son usados principalmente en combinación con fibras de refuerzo para la fabricación de una gran variedad de artículos. Como no poseen buenas propiedades de resistencia, en combinación con fibras de refuerzo se obtienen resultados satisfactorios para ser usados como materiales estructurales.

La reacción entre un ácido y un alcohol produce un éster y agua. Al usar alcoholes difuncionales y ácidos, las reacciones de esterificación ocurrirán en cada lugar reactivo hasta formar el polímero lineal. Esto es presentado esquemáticamente en la figura así:



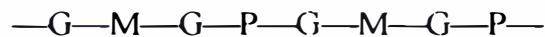


donde “n” designa la repetición de la unidad estructural.

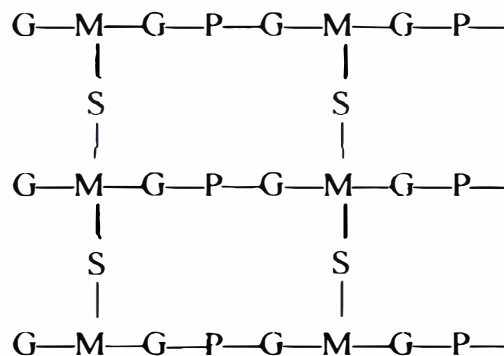
En forma simplificada: si,

- G = Glicol
- M = Acido maleico
- P = Acido ftálico

Entonces, el poliéster lineal sería:



El poliéster contiene insaturación en los grupos M. Como otros materiales insaturados pueden ser introducidos, estos pueden reaccionar con la insaturación del maléico y resultar en el entrecruzamiento del poliéster lineal para dar, un polímero tridimensional que puede ser representado como sigue:



Donde S representa al estireno ó a otro monómero de entrecruzamiento.

Usualmente, el poliéster insaturado que se vende en el mercado, son soluciones del poliéster lineal en monómero. Tales resinas generalmente contienen un inhibidor que previene de polimerización prematura. Para su uso normal, se agrega un peróxido catalizador que supera la inhibición y resulta en el polímero tridimensional antes mostrado.

b. Curado y Catalizadores de Curado.

b.1 Curado

La conversión de una resina poliéster del estado líquido al estado sólido se denomina el curado o endurecimiento. Ver Apéndice v.1.

El curado involucra la copolimerización de un monómero reactivo con las cadenas del poliéster.

Este mecanismo forma un entrecruzamiento tridimensional de las cadenas del poliéster, con el monómero, el cual convierte la resina en un material sólido infusible.

El curado de la resina, se inicia y propaga por radicales libres reactivos generados por la descomposición del catalizador de curado o iniciador. Este compuesto se agrega a la resina antes del procesamiento. Estos radicales son capaces de abrir los dobles enlaces, tanto en el monómero como en la cadena del poliéster. Por apertura de un doble enlace y la adición del radical al monómero o cadena del poliéster se genera un nuevo radical el cual, en su turno es capaz de abrir un nuevo doble enlace. Este proceso continúa hasta que todos los dobles enlaces se abren y la reacción se detiene automáticamente.

Teóricamente esto puede ser posible, pero de hecho las reacciones se van haciendo gradualmente más lentas y eventualmente se detienen, debido al incremento de inmovilidad de los reactivos en la red entrecruzada creciente.

Una resina poliéster curada, siempre contiene algún monómero libre.

La cantidad depende entre otras cosas del sistema de curado, la resina y la temperatura de curado.

En una resina curada dada a una temperatura fija, el contenido de monómero residual es una medida de la eficiencia del catalizador seleccionado. Post-curado a temperaturas elevadas da un decremento marcado en el contenido de monómero residual.

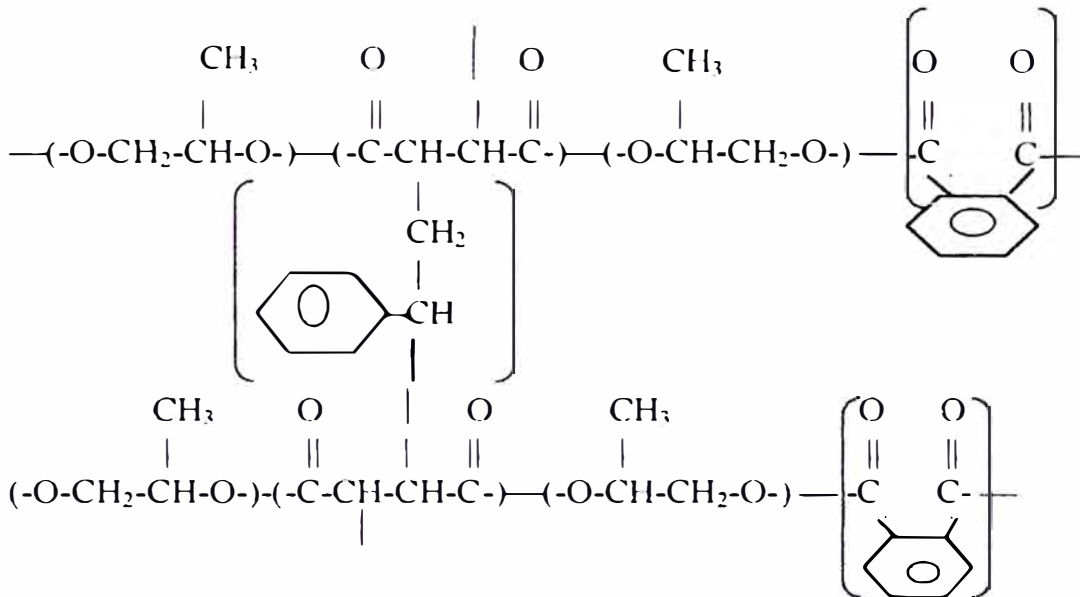
Las resinas poliéster, accesibles comercialmente, siempre contienen inhibidores. Estos compuestos se requieren para alargar la vida de almacenamiento de la resina. Estos inhibidores también ejercen alguna influencia en el curado. Ellos también reaccionan con los radicales libres formados por los catalizadores y los inactivan. Estos radicales inactivos son incapaces de iniciar la reacción de curado.

El inhibidor en su turno, también se elimina.

Tan pronto como el contenido de inhibidor se reduce a valores bajos, los radicales pueden empezar la reacción de copolimerización.

El contenido de inhibidor de una resina tiene una influencia distinta en el tiempo de gelado de la mezcla resina poliéster – catalizador. Por esta razón los inhibidores también son empleados para alargar el tiempo de gelado de la resina sin alteración de la cantidad de catalizador (Ver apéndices V.1 y V.7 al V.13).

La reacción de curado es:



b.2 Catalizadores.

Por su parte, los peróxidos orgánicos, son la fuente principal de radicales libres empleada en la industria de proceso de poliéster. Estos peróxidos orgánicos tienen el grupo químico característico -O-O- en común. Estos pueden ser considerados como derivados del peróxido hidrógeno: H-O-O-H.

Por el reemplazo de uno o ambos átomos de hidrógeno por un grupo orgánico, se pueden formar varias clases de peróxidos orgánicos: $R_1-O-O-R_2$

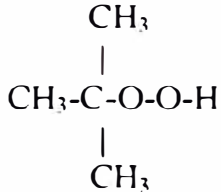
Donde R_1 : grupo orgánico

R_2 : puede ser hidrógeno o un grupo orgánico

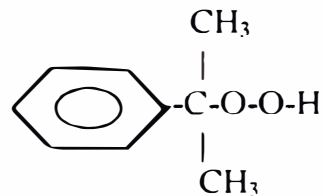
b.2.1 Hidroperóxidos: R-O-O-H

Rara vez son utilizados como catalizadores únicos. Se utilizan en mezclas con peróxidos de cetonas. Estos reducen la actividad de los últimos y así viene a expresarse en mayores tiempos de gelado y menores picos de temperatura. Por esto se recomiendan para el curado de secciones gruesas a manera de evitar exotermas demasiado altas.

Varios catalizadores accesibles comercialmente se basan en mezclas de hidroperóxido de terbutilo y peróxido MEK o peróxido de acetil acetona (PAA).



Hidroperóxido de Terbutilo



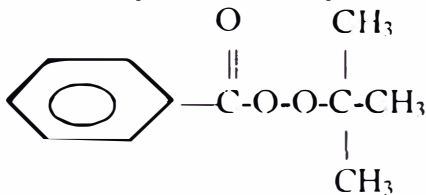
Hidroperóxido de Cumilo

b.2.2 Peróxidos de dialquilo: $\text{R}_1-\text{O}-\text{O}-\text{R}_2$

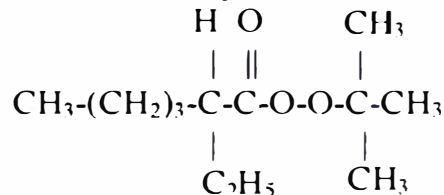
Son de importancia limitada para la industria de procesamiento de poliéster.

b.2.3 Peroxiésteres : $\text{R}_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{O}-\text{R}_2$

Los dos productos importantes en la industria del poliéster son :



Perbenzoato de terbutilo

Per-2-til-hexanoato de terbutilo
(Peroctoato de terbutilo)

Son muy usados en curado a temperatura media y alta como: en Pultrusión, Filament Winding, moldeados en prensa caliente.

El acelerador de cobalto, reduce las temperaturas críticas de los perésteres por 10°C, también la de los hidroperóxidos, por lo tanto la combinación da como resultado un curado rápido a 20°C.

b.2.4 Peróxidos de diacilo: $\text{R}_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}_2$

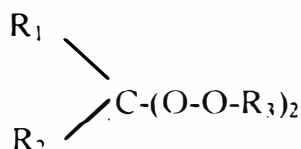
El Peróxido de benzoilo (PBO), es uno de los peróxidos que por más tiempo ha sido empleado en el poliéster insaturado. Se provee para la industria del poliéster como una pasta al 50%, en un plastificante o como una suspensión fluida libre que contiene 50% de peróxido.

Este peróxido es muy atractivo, en los casos en donde se requiere un curado rápido en particular a temperaturas bajas.



El peróxido de Bis-2,4 dicloro benzoilo es mucho más activo, lo que lleva por lo general a tiempos de gelado corto que ya no son de uso práctico. Sobretudo el post curado es pobre. Se usa como iniciador de polimerización para acrilatos y como un agente vulcanizante para hules de silicón.

b.2.5 Peroxicetales



Son iniciadores de primera importancia para el curado de resinas poliéster a altas temperaturas. Son muy útiles para las mezclas de moldes en prensa caliente.

b.2.6 Peróxido de cetonas

Es imposible dar una fórmula general debido a que se forman varios tipos de peróxidos durante la preparación del producto.

La formulación de peróxidos de cetona accesibles comercialmente son mezclas de estos tipos de compuestos peroxidicos. Los diferentes tipos de peróxido exhiben diferentes reactividades en las resinas poliéster cuando se usan junto con aceleradores de cobalto. Esta diferencia en reactividad es notable en el gelado como en el curado. Estas propiedades hacen imposible una composición directa entre diferentes tipos de formulaciones de peróxidos de cetonas sólo en base al contenido de oxígeno activo. El mejor método para comparar formulaciones de peróxido de cetonas en funcionamiento es en base a tiempo de gelado y curados iniciales.

Los peróxidos de cetonas bien conocidos son:

- Peróxido de metil etil cetona (PMEC)
- Peróxido de ciclohexanona (PCH)
- Peróxido de metil isobutil cetona (PMIBC)
- Peróxido de acetil acetona (PAA)
- Peróxido de alcohol diacetona (PADA)

Para la industria de proceso de poliéster los peróxidos de cetonas son de primera importancia. Estos son principalmente utilizados para el curado a temperatura ambiente, en conjunción con un acelerador de cobalto.

Algunos tipos de peróxidos de cetonas rinden pobremente en resinas de tipo éster vinílico. Cuando se usan junto con un acelerador de cobalto se observa gasificación muy severa y la resina gela lentamente o no del todo.

b.3 Actividad del catalizador

Puede ser expresada de diferentes maneras:

Contenido de oxígeno activo.- este contenido es una medida de la actividad de una cierta formulación de peróxido.

Tiempo de gelado.- para el curado a temperatura ambiente el tiempo de gelado es un parámetro excelente para determinar la actividad del catalizador. Cuando la determinación se lleva a cabo en una resina específica con cantidades fijas de catalizador y acelerador, es posible tener una buena comparación entre sistemas de curado. Las determinaciones de tiempo de gelado también son útiles para estudiar la influencia de inhibidores, cargas y disolventes en el curado.

Curado inicial y final.- el punto de gelado de una resina poliéster insaturada es la primera etapa en el curso del curado. La última palabra, en velocidad de este procedimiento, y de curado final, es determinado en gran parte por la capacidad de producción del procesador. Existen varios métodos para determinar la velocidad de curado. Se utiliza la determinación de dureza con instrumentos como el impresor Barcol, el impresor shore D y el instrumento de Péndulo Persoz.

Determinación de tiempo-Temperatura a temperaturas elevadas.- los catalizadores de altas temperaturas se prueban en actividad y eficiencia por el registro de la exotérmica a temperaturas elevadas. Se pueden evaluar:

- La eficiencia del sistema de curado (altura del pico)
- La cantidad óptima del peróxido (tiempo de gelado y pico de temperatura)
- La temperatura crítica del peróxido
- La influencia de aditivos como inhibidores, cargas, promotores, pigmentos, etc., en el curso del curado.

Nota: La temperatura crítica de un catalizador indica la temperatura a la que el catalizador en prueba, genera rápidamente radicales libres. Esta temperatura da al procesador o fabricante de PRFV una indicación de la temperatura mínima requerida para actuar el catalizador.

PEROXIDO	TEMPERATURA CRÍTICA(°C)
Peróxidicarbonato de Bis (4-terbutil ciclohexilo)	50
Peróxido de metil isobutil cetona	50

Per-2-etil-hexanoato de terbutilo	60
Peróxido de dibenzoilo	70
Peróxido de 1,1-diterbutil-3,5,5-trimetil ciclohexano	70
Peróxido de metil etil cetona	80
Peróxido de ciclohexanona	80
Perbenzoato de terbutilo	80
Hidroperóxido de terbutilo	80
Hidroperóxido de cumeno	90
Peróxido de terbutil cumilo	100
Peróxido de acetyl acetona	100

Tiempo de vida media.- tiempo necesario para descomponer la mitad del material a una temperatura dada. Las pruebas se llevan a cabo en un disolvente inerte como clorobenceno.

Monómero residual.- como el curado de una resina poliéster involucra la copolimerización de la cadena del poliéster con el monómero, usualmente estireno, entonces, la cantidad del monómero que queda en la resina curada es una indicación de la eficiencia del catalizador o sistema de curado. Este contenido se determina por análisis químico. Este monómero residual, no es sólo dependiente del sistema de curado empleado, sino además de la temperatura, tiempo, tipo de resina, altura de una posible exotermia, la presencia de aditivos como inhibidores.

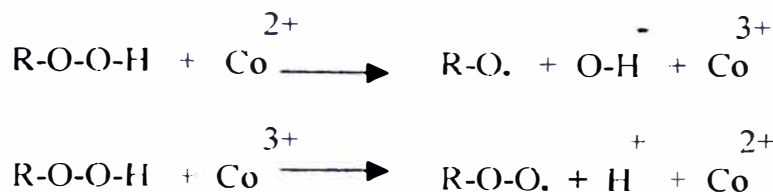
c. Activación y aceleradores.

c.1 Activación.- La descomposición de un peróxido orgánico puede tener lugar por cualquiera de dos causas: calor, o bajo la influencia de un agente reductor. Estos compuestos hacen posible el procesado de resina en una forma económica a temperaturas críticas de los catalizadores empleados. Cuando un peróxido orgánico en un sustrato apropiado se sujeta a calor, la unión de O-O se rompe y se forman dos radicales



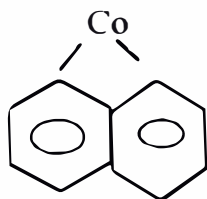
Estos dos radicales son capaces de empezar la reacción que depende de la naturaleza química de los radicales y la temperatura. Cuando un peróxido orgánico adecuado se sujeta a la influencia de un compuesto reductor este se descompondrá y se formarán los radicales libres.

El esquema de la descomposición que se muestra, es en base a un hidroperóxido y un acelerador de cobalto.

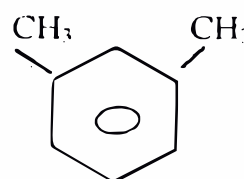


Las ecuaciones también muestran que el cobalto trivalente se reduce otra vez a la forma divalente original de tal manera que permanece activa durante la secuencia de curado total. Esto significa que verdaderamente pequeñas cantidades de cobalto eventualmente nos llevan a resultados óptimos, sin embargo la velocidad de curado será lenta.

En el caso del peróxido de dibenzoilo, este normalmente se acelera con la ayuda de aminas aromáticas terciarias como la dimetil anilina.



Naftenato de Cobalto



Dimetil Anilina (DMA)

c.2 Aceleradores.- es la habilidad de algunos compuestos para acelerar la descomposición de ciertos peróxidos orgánicos; son también llamados promotores, los cuales son capaces de descomponer un peróxido orgánico en radicales libres por debajo de la temperatura crítica de los productos involucrados.

Entre estos tenemos:

Compuestos de cobalto.- las sales de cobalto principalmente son derivados de ácidos grasos como el ácido -2-etil hexanoico, ácido-5,5-trimetil hexanoico y también de ácido nafténico. Se pueden obtener, comercialmente estos aceleradores de cobalto, como productos con 1%, 6%, 10% y 12% de contenido de cobalto. Los aceleradores de cobalto son casi exclusivamente empleados con peróxidos de cetonas. Ver apéndices V.8 a V.13.

Los aceleradores de cobalto también son eficaces con peroxiésteres, no obstante, se requieren temperaturas elevadas para tener las velocidades de producción requeridas.

Compuestos aromáticos terciarios.- las aminas aromáticas terciarias son pre-eminentemente el acelerador para el peróxido de dibenzoilo. La combinación

de PBO más acelerador de amina se caracteriza por el curado rápido de la resina aún a temperaturas bajas (10°C).

Son tres las aminas aromáticas terciarias que se utilizan visualmente como aceleradores para el PBO:

- N,N,-di etil anilina (DEA)
- N,N,-dimetil anilina (DMA)
- N,N,-dimetil paratoluidina (DMPT)

Estos tres compuestos exhiben diferencias de actividad entre ellos de alrededor de 3 a 8 veces. La DEA es el más lento, mientras que el DMPT es el más rápido.

Compuestos de vanadio.- estos aceleradores son aplicables con peróxidos de cetonas, peroxiésteres e hidroperóxidos. Las resinas poliéster usadas con uno de estos peróxidos y acelerada con compuestos de vanadio curan muy rápidamente.

Otros compuestos como el ácido ascórbico, tioles y fosfinas se han propuesto como promotores, pero con pocas excepciones nunca han conseguido aceptación en el mercado.

Promotores o coaceleradores.- en algunos casos el rendimiento de una combinación de peróxido orgánico-acelerador no satisface a los usuarios. En vez de escoger otra combinación o incrementar los niveles más altos que resultan inconvenientes económicamente, los promotores incrementan la actividad de los sistemas catalizador-acelerador, lo que se manifiesta en la reducción de los tiempos de gelado y curado. La aplicación de promotores es significativa bajo condiciones extremas de curado o cuando se requieren ciclos de curado extramadamente cortos. Los promotores bien conocidos son los aceleradores de amina terciaria para sistemas basados en peróxidos de cetonas y cobalto. El más empleado es la dimetil anilina.

d. Selección del sistema de curado.-

La industria del procesado de poliéster se caracteriza por una amplia división en los campos de aplicación y técnicas de aplicación. Por este hecho se requiere una gran diversificación de sistemas de catalizadores-aceleradores para cubrir el amplio campo y para garantizar un curado óptimo de la resina. La manera más práctica de hacer un agrupamiento de catalizadores para la industria del poliéster es de acuerdo a la temperatura de proceso. Una división práctica es en grupo.

- Curado a temperatura ambiente.- siempre el curado se lleva a cabo en combinaciones de catalizador-acelerador.

- Curado a temperaturas elevadas.- en estos procesos el peróxido se aplica algunas veces junto con un acelerador. Pero en muchos casos la adición de un acelerador es superflua.
- Curado a alta temperatura.- se lleva a cabo, con excepción de muy pocos casos, sólo con catalizadores. La velocidad de curado requerida se puede ajustar fácilmente y regular por la temperatura de curado y la selección del catalizador.

e. Refuerzos.-

Esta sección del informe está totalmente limitada, a los refuerzos utilizados comunmente en laminación continua: mecha o roving.

La mecha de fibra de vidrio es en pocas palabras, un haz de filamentos de fibras de vidrio agrupados y dispuestos en forma prácticamente paralela (la mecha, sin embargo, presenta en su conjunto una ligera torsión). Estas fibras de vidrio van recubiertas con un apresto que varía en su constitución, de acuerdo con el proceso que se usará para fabricar la parte de plástico reforzado y de acuerdo con la resina que, aunada a la fibra, formará dicha parte o artículo.

En una mecha normal, los filamentos están agrupados formando hilos y los hilos, a su vez, dispuestos en forma de mecha. De acuerdo al diámetro de los monofilamentos y al número de hilos en la mecha, esta tendrá una determinada densidad lineal (gr/km o TEX).

Generalmente se presentan en bobinas de alrededor de 25 cms. de alto y un peso aproximado de 20-25 kg. El rendimiento de un roving se define como el número de gramos en un kilómetro de una mecha, mientras que se llama, apresto de un roving, al recubrimiento que se da a los hilos que forman la mecha para que ésta sea compatible con la resina a usar.

Las planchas translúcidas de uso general poseen el refuerzo de vidrio muy cerca de la superficie. Con la acción del agua, el viento y los rayos ultra violeta, éstas se van degradando y en lapsos relativamente cortos (un año o menos), se produce la exposición de los bastones de fibra de vidrio provenientes del fieltro o de las mechas cortadas. Esto último acelera el deterioro debido a que por capilaridad, acumulación de tierra, acción de las aves, la chapa se degrada y ensucia, disminuyendo notablemente la translucidez, característica fundamental del material en esta aplicación.

El velo de superficie, formado por largas fibras de vidrio no capilares, aglomerados con una importante cantidad de colante, soluciona este problema común.

La constitución del velo es tal que absorbe gran cantidad de resina poliéster, con lo que se logra un laminado superficial muy rico en la misma. Su gramaje es el indicado para obtener un espesor de unas décimas de milímetro.

Todas estas características de los velos contribuyen a evitar la exposición de las fibras de refuerzo y por consiguiente a aumentar notablemente la vida útil de la plancha.

f. Películas de laminación.-

Son filmes de poliéster que deben reunir algunas características importantes tales como : excelente resistencia mecánica, maquinabilidad, estabilidad dimensional y térmica, resistencia a altas temperaturas y propiedades dieléctricas, a fin de proporcionar un alto desempeño en los diversos procesos de transformación sean mecánicos o físico químicos.

Cuando se utiliza filme de celofán, el éxito de la fabricación depende de si el filme es tratado adecuadamente, para controlar su contracción por pérdida de plastificante y humedad a la temperatura de curado.

Generalmente los filmes utilizados varían su espesor desde 12 micras hasta 70 micras. El primero de los casos es utilizado una sola vez y el panel terminado lleva consigo ambas películas, como también podrían ser ambos o uno de ellos retirados. Espesores de 50 micras, permiten un reuso de diez veces antes de ser retirado el rollo de producción; mientras que un espesor de 70 micras está dedicado por su costo a trabajos de laminación manual.

Las marcas más conocidas de filmes de laminación son : TERPHANE, de Rhodia S. A. y MYLAR, de DU Pont. En este último caso se ocupa mucho el tipo A y por razones de necesidad en época de escasez se ha usado el tipo C con buenos resultados. Además están las marcas SKYROL de Sunkyong Chemical Limited, CAPRAN UNIDRAW, HOECHST DIAFOIL, y otros.

En esta parte, merecen especial mención los filmes de poliéster conocidos con el nombre de MELINEX, que han desplazado, en los últimos años con mayor fuerza, el uso de los velos superficie.

g. Otros

Estireno.-

Además de bajar la viscosidad de los poliésteres y vinil ésteres, el monómero de estireno participa también de la reacción de curado, interligando las macromoléculas de las resinas. Es adicionado a la resina, siendo usado por el transformador o fabricante apenas para ajuste de viscosidad o como vehículo para aditivos, que entran en las formulaciones en cantidades muy pequeñas.

Inhibidores.-

Los inhibidores retardan el curado de las resinas, aumentando su tiempo de almacenamiento sin alterar su desempeño. Son usadas también para controlar el

inicio del curado (tiempo de gelatinización) de las resinas. Son muy utilizados para esta finalidad el terbutilcatecol (TBC), la hidroquinona, la parahidroquinona y otros. Los inhibidores son adicionados a las resinas durante su fabricación. Algunas veces los transformadores adicionan un poco más de inhibidor a la resina para ajustar el tiempo de gel y la exotermia del laminado durante el curado.

Absorvedores de ultravioleta.-

Estas sustancias absorben la energía de las radiaciones ultravioleta, disipándola de forma inócua (inofensiva). Estos absorvedores pierden su función protectora después de 2 o 3 años de uso. Son usados para esta finalidad hidroxibenzofenonas o fenil salicilatos. Los absorvedores ultravioletas son adicionados a la resina usados en laminación.

Pigmentos y colorantes.-

Son usados para colorear y en algunos casos proteger las estructuras de fibra de vidrio contra los rayos solares. Los pigmentos confieren opacidad a los laminados e impiden la inspección visual de los equipos. En algunas aplicaciones, el trióxido de antimonio (pigmento blanco) es usado como retardante de la llama. Los pigmentos generalmente son incorporados a las resinas predispersas en pastas no reactivas de poliéster. En este caso, es importante especificar pastas formuladas con resina adecuada.

Cargas minerales.-

Las cargas minerales reducen la exotermia y el encogimiento de los laminados en el proceso de curado. La alúmina trihidratada es usada en algunas aplicaciones con el objetivo de reducir la combustibilidad de los laminados.

La motivación principal para el uso de cargas en los laminados, es de naturaleza económica. Debido a su bajo costo, las cargas reemplazan a las fibras, que son más caras.

Además las cargas modifican otras características de los laminados:

- Reducen la translucidez
- Reducen el alabeo
- Reducen la exotermia
- Reducen la dilatación térmica
- Reducen el encogimiento
- Reducen las propiedades mecánicas
- Reducen la permeabilidad
- Reducen la rigidez
- Aumentan el peso
- Mejoran el acabado
- Retardan las flamas

Afectan la resistencia química.

Las cargas más utilizadas por la industria de la fibra de vidrio son la calcita, la alúmina hidratada y la sílica. Esta última es usada en la aplicación manual como carga inerte (alta resistencia química) de baja dilatación térmica, en recubrimientos anticorrosivos. La alúmina hidratada es usada como retardante de flamas de baja evolución de humo. La calcita es usada principalmente para reducir los costos de las piezas laminadas manualmente o con pistola.

Las grandes ventajas de la calcita (carbonato de calcio molido) respecto a otras cargas son : su precio reducido y su poca interferencia en la viscosidad de la resina. El hecho de que la calcita tenga poca influencia en la viscosidad del sistema carga-resina permite su uso en contenidos elevados, lo que junto con su bajo precio, la convierte en la mejor carga para la reducción de costos.

Desafortunadamente, la calcita presenta algunas desventajas, tales como: una resistencia química insatisfactoria y ligera solubilidad en el agua, lo que impide su utilización en ambientes corrosivos o en aquellos materiales que permanecen en contacto continuo con el agua. En este último caso, las sales solubles presentes en la calcita pueden provocar el surgimiento de burbujas de agua en el laminado, debido al fenómeno de ósmosis. La calcita sólo puede ser usada en ambientes secos, o en donde el contacto con el agua no sea constante. Las propiedades mecánicas de los laminados con carga son más bajas que las de aquellos que no las contienen. Eso se debe a la reducción en la cantidad de fibra de vidrio utilizada por metro cuadrado, para acomodar el uso de la carga. Sin embargo, en la mayoría de los casos, lo que realmente importa no es la resistencia del laminado, sino su rigidez, lo cual se incrementa cuando se usan cargas.

La calcita es agregada sencillamente en la resina y mezclada con batidores comunes – tipo hélice -. El contenido máximo de calcita es determinado por la viscosidad del sistema carga – resina.

Este contenido máximo es obtenido fácilmente en la práctica por ensayo y error dependiendo del tipo y viscosidad inicial de la resina, el tamaño y forma de las partículas de calcita, la temperatura y otras variables. Pese a que la calcita se puede mezclar fácilmente con la resina, utilizando batidores comunes, se recomienda, para obtener mejores resultados, usar los mezcladores de alto impacto, ya que rompen los aglomerados de partículas.

Parafina.-

La parafina sirve para reducir el ataque de solventes a la resina que cura expuesta al aire. Tales casos ocurren en ejecución de reparos, enmiendas y revestimientos. Puede ser usada también para mejorar la resistencia a las intemperies, a respingos y a vapores corrosivos. La parafina forma una barrera superficial sobre el laminado, que dificulta la evaporación de estireno y la penetración de oxígeno, reduciendo así la inhibición del curado de la resina expuesta al aire.

F.2 SUSTENTACION DE LOS CONCEPTOS OPERATIVOS

Hay conceptos operativos que son importantes conocer, a fin de obtener los mejores resultados en los procesos de laminación continua.

El primer grupo de estos conceptos tiene que ver directamente con los Rovings, sobretodo en lo que se refiere a su almacenaje, filetas de rovings, cortador/rodillos de máquina cortadora de roving, control de la estática, control de la pelusa de roving, largos de corte de roving.

Otro gran grupo de conceptos considera, las resina y sus ensayos, y finalmente es importante no olvidar los conceptos complementarios que tienen que ver con la película portadora (mylar, terphane, melinex, tedlar, y otros).

De esta manera, estaríamos abordando temas que tienen que ver con las tres materias primas de mayor relieve en la industria procesadora de laminas continuas.

Almacenaje de Roving

La fibra de vidrio se debe almacenar en un área que le permita equilibrarse con el ambiente donde se procesará. Si la fibra de vidrio se ha almacenado en un área con temperatura apreciablemente más fría que la de laminación, pueden ocurrir diferencias en el rendimiento (especialmente en las características de estática).

De ser posible, la máquina para laminación, además del área de almacenamiento temporal de la fibra, deben estar con temperatura y humedad controladas. Una temperatura de $75 \pm 10^{\circ}\text{F}$ ($24 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa de $50 \pm 10\%$ serían buenos valores. Mientras mejor se controle estos valores, más consistente será la procesabilidad. Las temperaturas altas (más de 85°F o 29.5°C) y humedades excesivas (más de 80%) tienden a causar mayor fricción dentro de las tuberías por donde es enviada la fibra al cortador. Esto, a su vez, podría dificultar la obtención de un flujo uniforme. Se dan casos en el que las fibras realmente se “pegan” dentro de los tubos, por la alta temperatura y humedad del verano. Asimismo, una temperatura o humedad demasiado bajas pueden causar que aumente la estática, lo que causará una distribución errática del vidrio y posiblemente más pelusa y partículas desprendidas que se adhieran al personal y a los equipos.

La fibra se debe almacenar en un área seca y cubierta

Filetas de Roving en el Rak.

La estructura de soporte de las filetas se debe diseñar de forma que esté en un segundo nivel y no apoyada en el piso. La tubería que se emplee para guiar el vidrio desde el sistema de filetas a la cortadora debe ser de acero inoxidable (tipo 304 o 316), ya que es muy resistente al desgaste y a la corrosión. El diámetro interior de la tubería debe ser cuando menos de $5/8''$ (16mm.). Los tubos se deben instalar de manera que se pueda colocar las fibras directamente debajo de ellos y el vidrio se jale directamente hacia arriba. La tubería se debe disponer con sus centros apartados 12 o

14 pulgadas, de manera que se adapten a la configuración de las bobinas que se les pondrán debajo. Al permitir que la fibra se extraiga directamente hacia arriba, se disminuye la posibilidad de que la fibra se atore o atrape entre la bobina y la bolsa o caja que la contiene.

Como mínimo, los extremos de los tubos deben estar achaflanados a 30 o 45 grados. Aún mejor sería emplear insertos de cerámica, de manera que la fibra no se roce con los bordes del tubo de acero inoxidable. El inserto de cerámica también evita el desgaste del borde del tubo. Además, si la fibra roza con los bordes afilados de la tubería, se puede generar demasiada pelusa.

Cualquier doblez que haya, debe tener radio menor de 12 pulgadas (305mm.). Si el radio del doblez es bastante menor de 2'' (51mm.) probablemente causará que haya pelusa ya que las fibras se romperán al pasar curvas de radio pequeño. Si el radio es mucho mayor, entonces la fibra estará demasiado tiempo en contacto con el tubo y sujeto a tracción. Esto aumentará la fricción y requerirá más fuerza de tracción en el conjunto de rodillos y rodillos guía.

La tubería debe tener la menor cantidad posible de dobleces. Al haber menos dobleces, será menor la fuerza de tracción que requerirá el cortador. Se sugiere que la fibra sea jalada directamente hacia arriba hasta un punto de suficiente altura sobre el cortador de manera que se requieran sólo uno o dos dobleces para alimentar la fibra hacia los rodillos y contrarodillos. Cualquier tramo largo de tubo debe estar en ángulo, de manera que siempre haya una ligera pendiente hacia abajo (hacia el conjunto de rodillos).

Si se emplea un trozo de tubo de plástico para acoplar dos tubos metálicos de diámetro menor, hay que verificar que los dos lados de la unión estén aterrizados, ya que el plástico actúa como aislante.

Para poder reponer la punta de una fibra que se reviente, se recomienda que la tubería sea continua desde la fileta hasta el conjunto de rodillos. Esto permitirá al operario "soplar" una punta nueva desde la fileta al cortador mediante un poco de aire comprimido.

La longitud de las filetas debe ser la menor posible. Un conjunto largo de tuberías sólo hará más difícil jalar las fibras que si la fileta es más corta. En general, es más fácil jalar las fibras "duras" a lo largo de los tubos que las fibras "blandas".

Cortador/rodillos guía

Verificar que el eje longitudinal del cortador y el del conjunto de rodillo estén alineados y completamente paralelos. El propósito de esto es evitar que haya presión desigual entre los dos lados, lo que haría que la fibra fuera jalada de manera no uniforme. Aunque puede no percibirse a la vista, es probable que una presión desigual de tracción puede causar que el cortador deposite cantidades variables de vidrio. El problema se debe a que la fibra patina en el cortador.

Debe haber al menos 3 a 5 libras de presión de jalado. Si se necesita menos que eso para detener el movimiento de una punta, es probable que se obtenga más

variación en el peso y contenido de fibra de la lámina de su producto. En ciertos casos, en que es suficiente un ligero frenado a la fibra para detenerla, se ha demostrado que hay problemas para controlar el contenido de ésta.

Se recomienda ampliamente tener dos rodillos guía. El emplear dos disminuye la posibilidad de que un extremo de la fibra deje de avanzar. Si un extremo se zafa del cortador y del rodillo guía, el segundo ayudará a reenhebrar ese extremo. Los rodillos guía se deben instalar con cuidado, verificando que el centro de sus ejes esté perfectamente paralelo al eje central del conjunto de rodillos. Cada rodillo debe tener su propio juego de cilindros de aire ajustables de 1.5 a 2 pulgadas (37 a 50 mm.) para controlar la presión de los rodillos guía contra el conjunto de rodillos. Es muy difícil, si no imposible, obtener presión igual en ambos extremos del rodillo guía si se emplean ajustadores de tornillo. El eje central del cilindro de aire debe estar en la misma línea que el centro del rodillo guía y el centro del conjunto de rodillos.

Antes de usarlo, cada conjunto de rodillos se debe rectificar en el torno, para que tenga el mismo diámetro en toda su longitud. No emplee aceite al tornearse, ya que esto contaminaría la superficie del conjunto de rodillos. La tolerancia del diámetro exterior debe ser de $\pm 0.01''$ ($\pm 0.254\text{mm.}$) o menor. Así, se logrará que el jalado de la fibra sea más uniforme a lo ancho del conjunto de rodillos. La mayoría de los conjuntos de rodillos en hule o poliuretano no están correctos aunque estén nuevos. Se sugiere un conjunto de rodillos que esté colado o moldeado sobre su eje. El eje se puede desmontar y colocarse en el torno para rectificar el conjunto de rodillo, y luego regresarlo a la línea de producción. De esta manera, se ha empleado dos o tres veces el mismo conjunto de rodillos, antes de devolverlo al fabricante para que recubra nuevamente los rodillos. También se emplean mangas premoldeadas, pero son más difíciles de remodelar. Su instalación en los ejes puede ser difícil si no se tienen las herramientas especiales.

Los rodillos guía del conjunto de rodillos también se deben rectificar en el torno para tener un diámetro uniforme. Este no debe variar más de $\pm 0.001''$ ($\pm 0.254\text{mm.}$). Como los rodillos guía se desgastan con el tiempo, se deben inspeccionar con un calibrador de redondez o de diámetro exterior, cada seis meses. El primer rodillo al que llega la fibra es el más importante, ya que es el que más se desgasta.

Un rodillo guía se debe montar lo más cerca posible del cortador, evitando que toque las navajas del cortador. Lo mejor es que este rodillo sea de unas 3'' (75mm.) de diámetro. Lo mejor es que no sea muy grande como algunas veces se ve, de 6'' (150 mm.) La distancia entre los rodillos y la presión aplicada a cada uno se deben ajustar en cada máquina de laminación para mantener al máximo la fuerza de tracción y al mínimo la cantidad de comba que se genera entre los rodillos. Si la comba es muy grande, las fibras tenderán a "saltar" sobre el rodillo cercano al cortador y no serán cortadas. Una vez que se logra una distancia aceptable de trabajo entre los rodillos, hay que construir un sistema que mantenga los rodillos paralelos y en el mismo lugar. Así, se reducen los tiempos de arranque cuando se instala un nuevo conjunto de rodillos. Si hay demasiada presión en el rodillo guía más cercano al

conjunto de rodillos, tenderá a irse alejando del cortador. Una presión excesiva también puede perjudicar la dispersión.

Si la máquina de laminación tiene un ancho de más de 60'' (1525mm.), tal vez haya que incrementar el diámetro de los rodillos guía. Ese mayor diámetro evitaría que el rodillo se arqueara al centro, lo que reduciría la presión de tiro y haría que hubiera menos fibra al centro de la lámina.

El número de puntas que va entrando al cortador depende del ancho de la lámina que se está fabricando y del contenido de vidrio y velocidad de línea deseados. La fibra se debe espaciar a cuando menos ¼'' (6mm.) de el cortador; de otro modo pueden darse problemas por fibras largas al hacer los cortes. Típicamente, el cortador funciona de 100 a 200 rpm. (200 a 400 pies por minuto) en una cortadora de 24'' (610 mm.) de circunferencia. Son posibles velocidades mayores o menores de el cortador, si su motor impulsor se puede controlar a tales velocidades. La velocidad del motor del cortador se debe poder controlar hasta $\pm 1/2$ rpm. a lo largo de toda su gama de velocidad de empleo.

Un sistema de soplado por aire puede ser útil para ayudar a mantener limpio el cortador de la máquina. Si se emplea, la presión del aire debe ser apenas suficiente para desprender cualquier fibra que se llegue a adherir al cortador. No debe ser tan fuerte que afecte la forma en que cae el vidrio sobre la lámina. El aire también se debe filtrar antes de su uso, para que la lámina no se contamine con aceite o agua. El soplado de aire debe oscilar de manera que cubra toda la superficie del cortador. El arreglo más preferible sería emplear pequeñas boquillas colocadas con sus centros cada 1'' (25.4mm.) sobre un múltiple que tenga un ciclo de 1'' (25.4mm.). Este último debe oscilar su ciclo unas 10 a 20 veces por minuto.

La elección del material para el conjunto de rodillos afectará la carga estática que se generará durante el corte. Los cambios en el rendimiento respecto de la estática podrían deberse a sutiles cambios químicos en el conjunto de rodillos. Ciertos estudios indican que un conjunto de rodillos de poliuretano puede cambiar con el tiempo. Se halló que los conjuntos de rodillos nuevos se desgastaban más que aquellos que se habían dejado curar a temperatura ambiente por espacio de varias semanas. Nunca se debe montar un nuevo conjunto de rodillos en la máquina al mismo tiempo que se instalan navajas nuevas; se ha demostrado que el conjunto de rodillos se daña. La práctica normal debe ser instalar el conjunto de rodillos con un cortador que tenga navajas "viejas", asentar uno o dos días el conjunto de rodillos, y luego cambiar las navajas. Empléese siempre la menor presión de cortador que se necesite para cortar la fibra. Incrementese la presión del cortador al irse desgastando las navajas y el conjunto de rodillos, pero sólo lo necesario para evitar los cortes alargados.

Se recomienda usar navajas tipo rasuradora y de acero inoxidable de alta calidad. Su espesor debe ser de 0.010 a 0.011 pulgadas (0.254 a 0.280 mm.) y deben sobresalir de 0.065 a 0.075 pulgadas (1.65 a 1.91mm.) de la cabeza del cortador. Para mantener al mínimo la vibración y obtener funcionamiento más suave, el cortador debe tener ranuras para las navajas que estén cortadas de modo helicoidal y

no recto. El cortador se debe mantener contra el conjunto de rodillos por medio de dos cilindros ajustables de aire, de 6 pulgadas.

Los escudos laterales son importantes para controlar el contenido de vidrio y el espesor de la orilla de la lámina. Los escudos laterales son, por lo general, de polietileno o policarbonato y de alrededor de $\frac{1}{2}$ " (12mm.) de espesor; también se emplea el acero inoxidable. Detrás de ellos debe haber el mínimo posible de soportes metálicos, ya que la fibra se adhiere a la pared opuesta a cualquier soporte metálico. Algunas instalaciones emplean además escudos frontales y traseros. La utilidad de un escudo trasero es la de impedir que las fibras cortadas lleguen a la sección dosificadora de resina de la parte posterior. El escudo del frente es menos útil. Los escudos laterales se deben poder ajustar, para permitir diversos anchos de la lámina. El área bajo el cortador debe estar tan despejada y libre de obstrucciones como sea posible.

Se necesita investigar todavía más el efecto de la altura del cortador sobre la uniformidad del vidrio. La mayoría de las máquinas de la laminación tienen el cortador instala unas 24" (635mm.) por encima de la película. En algunas instalaciones se han visto ventajas al instalar el cortador de manera que su altura se pueda aumentar o disminuir. Es probable que se logre una cama de fibras recortadas más plana y de distribución más al azar mediante una combinación adecuada de velocidad y altura de cortador, velocidad de línea y espaciado entre las fibras.

Existe la duda de si es mejor impulsar el cortador o el conjunto de rodillos. El cortador tiene un diámetro constante; el diámetro del conjunto de rodillos cambiará al rectificarlo en el torno. Esto hará que se noten diferencias en el control de velocidad (que normalmente se mide contando las revoluciones por minuto y asumiendo una circunferencia dada) basado en las rpm del conjunto de rodillos, cada vez que se cambia el conjunto de rodillos. Si el conjunto de rodillos es el impulsado, su sistema de control de velocidad debe poder compensarse por los cambios que se den en el diámetro del conjunto de rodillos.

Dependiendo del diseño de la máquina de la laminación, podría ser ventajoso emplear dos cortadores separados. Hay alguna evidencia de que la uniformidad de la fibra se mejora al usar dos cortadores. Como alternativa, un cortador se podría ajustar para cortar a $\frac{1}{2}$ pulgada (12mm.) y el otro a 1 pulgada (25mm.).

Control de la estática.

El aterrizado de las filetas y de la máquina de laminación es crítico en el control de la electricidad estática. Se deben instalar varias varillas de aterrizado, específicamente para la máquina. No se debe confiar esta función al conduit eléctrico de la fábrica. Una tierra aceptable sería una barra (usualmente varilla para concreto de $\frac{3}{4}$ " de (15 a 20 pies) 5 a 7m. de largo y enterrada en un agujero del piso.

La barra de aterrizado debe ser lo suficientemente larga como para llegar al suelo húmedo bajo el piso; si es posible, lo mejor es que se alcance algún manto acuífero subterráneo. Si el manto acuífero puede estar aislado de cualquier contaminación

debida a sustancias químicas desechadas en la región cercana a la barra, la efectividad de la barra se puede mejorar bombeando una solución de sulfato de cobre alrededor de la varilla metálica. Aunque podría funcionar un arreglo en el que las tiras de tierra (de cable trenzado calibre 3/0) se conectan a las estructuras de riel de las filetas sería mejor una tierra por separado. Así como se aterriza la estructura de las filetas, también se debe aterrizar el conjunto de los cortadores y el armazón de la máquina de laminación.

Se deben instalar, bajo el conjunto cortador-conjunto de rodillos, unas barras para la descarga de electricidad estática. Las barras deben tener "refuerzo de aire". Empleando "refuerzo de aire", se incrementa la distancia efectiva de trabajo de las barras, de 1 a 2 pulgadas (25-50mm.) hasta 15 o 18 pulgadas (380-460mm.). El aire que se emplee con las barras de estática debe estar limpio. Se debe instalar un filtro separado en su línea, que remueva todo el polvo, agua y aceite del aire que va hacia las barras de estática. Si no se emplea el filtro, a los pocos meses se tapan o harán corto circuito las barras de estática.

Una barra de estática se debe montar bajo el conjunto de rodillos hacia fuera de la línea central del conjunto de rodillos. La otra barra de estática se debe montar hacia fuera de la línea central del cortador. Las dos deben estar tan cerca como sea posible del chorro de fibras cortadas, sin que estén tan cerca que las fibras se acumulen encima de las barras de estática. Generalmente, esto requiere que las barras de estática se instalen unas 2 a 4 pulgadas (50 a 100 mm.) hacia fuera de la línea central y de 1 a 2 pulgadas (25 a 50 mm.) por debajo del cortador y el conjunto de rodillos. La posición más adecuada será distinta para cada máquina de laminación.

El tipo de conjunto de rodillos determina en que dirección cae la fibra del cortador, así que sería buena idea hacer que las barras de estática sean ajustables. Si se desea, se puede instalar una tercera o cuarta barra sobre el cortador y el conjunto de rodillos. Estas dos son menos importantes que las que van por debajo, pero pueden ayudar a que el cortador y el conjunto de rodillos se tapen menos.

Control de la pelusa.

La acumulación de pelusa es importante. La pelusa irrita al operario y también es un problema potencial si se acumula demasiada y cae sobre la lámina. Para levantar la pelusa, es más importante la velocidad del aire que su volumen. Aunque el volumen ayudará a eliminar vapores de estireno, la pelusa no se va a recoger si la velocidad no es también lo bastante alta. Teniendo esto en cuenta, se sugiere instalar un múltiple de recolección de pelusa sobre el cortador, inmediatamente encima del punto de salida de los tubos de la fileta. Un múltiple con una abertura de 1 o 2 pulgadas (25 o 50 mm.) y conectado a un ventilador extractor de alto volumen dará la suficiente velocidad para capturar las fibras. Aunque una gran campana ventiladora sobre el cortador ayudaría a remover los vapores de estireno, no tendría el suficiente movimiento de aire para realmente levantar y acumular la pelusa.

Probablemente no sea práctico instalar una gran campana sobre el área de las filetas y que tenga el suficiente flujo de aire para capturar la pelusa. Un método más eficiente es instalar un pequeño múltiple para cada fileta cuya velocidad sea suficiente para capturar la pelusa. Una pequeña “manguera de aspiradora” junto a cada entrada de tubo también funcionaría.

Cortes de media y dos pulgadas.

Si se desean fibras cortadas de $\frac{1}{2}$ pulgada (13mm.), se recomienda usar una cabeza cortadora menor. Lo mejor es una cortadora con circunferencia de 12 o 18 pulgadas. Esto se debe a que el menor radio de curvatura permite que las fibras de media pulgada “salten” de entre las navajas. Aunque algunas cortadoras tienen ranuras para instalar navajas cada media pulgada, estas ranuras (aunque se rellenen) causarán que haya un poco más de pelusa y a veces pueden cortar la fibra en pequeñas cantidades de menos de media pulgada de largo. Se recomiendan cabezas cortadoras separadas. Un fabricante de cortadoras recomienda que se empleen resortes de retención más anchos para mantener en su lugar la navaja. Esto permite que el retén se proyecte unas 0.030 de pulgada por sobre la cabeza cortadora.

Si se desean fibras cortadas de 2 pulgadas (50mm.), se puede emplear la misma cortadora que se usa para cortes de 1 pulgada. Para volúmenes bajos, quitar una navaja si y otra no en el cortador, reemplazando las navajas con espaciadores. El espaciador y el resorte deben montarse al ras de la superficie del mandril de corte, para evitar que el espaciador corte algunas de las fibras de 2 pulgadas a 1 pulgada. Para volúmenes mayores, como ya se dijo, podría ser útil tener una cabeza cortadora extra, reduciendo así los tiempos muertos asociados con los cambios. Se recomienda una cabeza cortadora extra con ranuras hechas exclusivamente para cortes a 2 pulgadas. Aunque las fibras de dos pulgadas pueden producir superficies mejores y propiedades de laminado ligeramente superiores, no se acomodan fácilmente en costillas y radios.

Control e Inspección

- a) De materias primas (ver página siguiente)

Resinas	{	Tiempo de gel	}
		Viscosidad e índice tixotrópico	}
		Peso específico	}
		Estabilidad	}
		Curado (dureza barcol)	}
		Contenido de estireno	}
		Número ácido	}
	Contenido de humedad	}	

Gelcoat	{	Poder de cobertura	}
		Repetibilidad de colores	}
		Tiempo de gel en película	}
		Pérdida por ignición	}
		Brillo	}

{	Acelerante	{	Concentración de metal	}
Catalizador		{	Reactividad	}
		{	Contenido de humedad	}
		{	Contenido de oxígeno activo	}
Estireno		{	Presencia de inhibidores	}
		{	Presencia de humedad	}
Fibra de vidrio		{	Pérdida por ignición	}
		{	Gramaje	}
		{	Contenido de humedad	}
Cargas		{	Contenido de humedad	}
		{	pH	}
		{	Peso específico	}
		{	Absorción de aceite	}
		{	Granulometría	}

b) Del proceso (ver página siguiente)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Control de burbujas} \\ \text{Tiempo de gel} \\ \text{Dureza Barcol} \\ \text{Curva de reacción} \\ \text{Condiciones de operación} \end{array} \right\}$$

c) De productos terminados

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Control} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Tac} \\ \text{Dureza Barcol} \\ \text{Control de burbujas} \\ \text{Test de acetona} \\ \text{Control dimensional} \\ \text{Peso} \end{array} \right\} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ensayos} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Normas técnicas} \\ \text{ASTM, BS, DIN, SPI} \end{array} \right\} \end{array} \right\}$$

ASTM D – 2563

Especificaciones para clasificación de los efectos visuales en laminados de Plástico Reforzado y partes fabricadas con P.R.F.V.

ASTM D – 2583

Determinación de la dureza superficial de los P.R.F.V. – Dureza Barcol

ASTM D – 2584

Determinación del contenido de Resina y Fibra de Vidrio

UNE 53 – 028

Materiales Plásticos. Determinación de la pérdida al fuego

UNE 53 – 269

Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio. Determinación de la pérdida al fuego.

UNE 53 – 270

Materiales Plásticos. Ensayo de Dureza Barcol.

UNE 53 – 280

Materiales Plásticos. Determinación de las características de tracción de los materiales plásticos reforzados con fibra de vidrio bajo la forma de placas.

UNE 53 – 288

Determinación de las características de flexión de los materiales plásticos reforzados con fibra de vidrio por el método de los tres puntos de carga.

UNE 53 – 301

Placas onduladas o nervadas traslúcidas de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Características y métodos de ensayo.

UNE 53 – 316

Materiales Plásticos. Determinación de la resistencia química de los materiales lásticos reforzados con fibra de vidrio.

Película portadora

La película es una importante fuente de estática, tanto al irse desenrollando como al ir pasando por los puntos de contacto de la máquina. Se ha detectado que una escobilla de cobre que hace contacto con la película es útil para reducir la estática que produce esta. La escobilla se debe instalar de manera que no quede cubierta de resina si se llega a rasgar la película.

Las arrugas en la película pueden causar problemas de humectación porque faltaría resina en una región específica de la película. Para reducir la tendencia a arrugas, la película se debe ir desenrollando uniformemente. Empleando varios rodillos fijados con imanes a la base de la máquina y colocados en ángulo a las orillas de la película, se puede ayudar a que la película pase plana y sin arrugas. También se ha observado la utilidad de un rodillo arqueado o flexible para mantener la película estirada y plana. Estos rodillos se instalan inmediatamente antes o después de la sección dosificadora de resina.

La película debe contener cierta cantidad de nylon. El nylon reduce la cantidad de estireno y reduce la elongación de la película.

En general, una película de 1mil (0.0254mm) es de espesor suficiente si la película es predominantemente de nylon. La película de polietileno debiera ser más gruesa para evitar el rasgado o estirado de la película. En algunos casos, el fabricante de película da un tratamiento a la superficie de ésta, para que se suelte más fácilmente.

La película no debiera estirarse. Se debe instalar en el rollo de película algún tipo de dispositivo de control de tensión. Unos frenos ajustables de tipo magnético o de fricción también pueden mejorar la manera como se suministra la película. Se han dado casos en los que los cojinetes se atascan y la película se va suministrando como un acordeón (primero demasiada y luego muy poca). Esto a su vez causa que la cantidad de fibra que se deposita sea variable, con zonas en las que se alterna demasiada fibra y después muy poco.

Para controlar estrictamente la cantidad de resina depositada en la película, es importante controlar la cantidad de resina en cada sección dosificadora de resina. Si el nivel de resina varía en cualquiera de las secciones, debido a un bombeo inadecuado, también variará la cantidad de resina sobre la película. Se deberá emplear algún tipo de dispositivo mecánico u óptico de retroalimentación, que ayude a balancear la cantidad de resina en ambas secciones dosificadoras y que mantenga constante la "cabeza" hidráulica. Un buen control de la cantidad de resina en la película permitirá un mejor control del peso y contenido de fibra sobre la película. Diversos estudios sugieren que cuando menos unas 5" (125mm.) de película estén humectadas antes de las cuchillas dosificadoras, para reducir la variación en peso de resina.

Para evitar que haya fibra no humectada en las orillas de la película, la fibra que quede junto a las orillas se debe soplar levemente hacia el interior de la lámina, antes que la segunda película cierre el "sandwich" de laminado.

G. CONTROL DE EJECUCION

A continuación se describen de manera cualitativa y cuantitativamente cada una de las etapas de ejecución del proceso de fabricación de planchas en plástico reforzado con fibra de vidrio.

Etapas N°1: Control de alimentación de Resina Virgen.-

De estanques con capacidad de 20 TM., se envía a planta de formulación de resina. Previamente esta habrá pasado por los ensayos de rigor.

Etapas N°2: Control de la preparación del desmoldante.-

El desmoldante se prepara de acuerdo a una simple formulación:

Monoestireno.....95%

Parafina sólida..... 5%

Etapas N°3: Control de la preparación del acelerante de cobalto al 6%

Acelerante de Cobalto al 10%.....60%en peso

Aguaras.....40%en peso

Una manera más confiable, es sustituir el aguaras por monoestireno.

Esta tercera etapa se debe de cumplir, cuando el sistema acelerador/catalizador está formado por el Co al 6% /MEK.

Etapas N°4: Control de Monoestireno.

Un dato práctico es dosificar monoestireno a la mezcla sólo hasta que la resina tenga 80'' de viscosidad en copa ford N°4 a 20°C, y siempre y cuando no sobrepase el 10% en peso

A continuación se mencionan las densidades del monoestireno a diferentes temperaturas:

Densidad del Monoestireno	
T (°C)	Densidad (gr/cm ³)
0	0.9238
5	0.9193
10	0.9150
15	0.9106
20	0.9063
25	0.9019
30	0.8975
35	0.8928
40	0.8887
45	0.8842

Etapa N°5: Control de la preparación de la pasta color o dispersión de pigmento.

Para pasta no reactivas sin carga y con pigmentos inorgánicos, se tiene:

Resina poliéster no reactiva30%

Pigmento inorgánico en polvo..... 70%

Nota. Los contenidos reales varían según dimensión de las partículas de pigmento, viscosidad del poliéster, tipo de pigmento y viscosidad final deseada.

Etapa N°6: Control de las cargas:

La carga podrá ser calcita (carbonato de calcio), alúmina hidratada y sílica. Estas cargas, debido a su bajo precio, reemplazan a las fibras que son más caras. Se sugiere dosificar entre un 5% y 50%.

Etapa N°7: Control sobre la preparación de la mezcla: ver Apéndice V.3.

1) Alimentación de resina virgen

2) Dosificación de desmoldante: 0.1-0.2%. Agitación de 2 a 3 min.

3) Dosificación de acelerante de Co al 6%.: 0-0.2%

4) Dosificación de monoestireno: 0-10%.

5) Dosificación de la dispersión de pigmento (pasta color): 0.1% en el caso de las planchas traslúcidas y 4.0% en el caso de las planchas opacas.

Etapa N°8: Control del Gel coat :

A continuación se presentan algunas fórmulas básicas

Gel coat blanco con carga:

Resina rígida.....65.5%

Resina flexible.....12.7%

Aerosil 200 o 300..... 1.6%

Talco blanco micronizado..... 16.5%

Tinuvin..... 0.16%

Dióxido de Titanio..... 3.5%

Estireno..... (*)

(*) Agregar en viscosidad suficiente para ajustar la viscosidad hasta 1900 a 2200 cpo.

Gel coat blanco sin carga:

Resina rígida.....83.0%

Resina flexible.....10.5%

Cab-O-sil o Aerosil 200 o 300.....2.0%

Tinuvín.....	0.2%
Dióxido de Titanio.....	4.3%
Estireno.....	(*)

Gel coat incoloro con carga:

Resina rígida.....	67%
Resina flexible.....	12%
Aerosil 200 o 300.....	1.5%
Tinuvín.....	0.15%
Talco micronizado.....	19.35%
Estireno.....	variable

Gel coat incoloro sin carga:

Resina rígida.....	88.0%
Resina flexible.....	9.8%
Aerosil 200 o 300.....	2.0%
Tinuvín.....	0.2%
Estireno.....	variable

Etapa N°9 Control del Catalizador, Peróxido de metil etil cetona (MEK):

Este peróxido deberá tener aproximadamente un 9% de oxígeno activo, y se dosificará de un 0.5 a un 3.5%.

Etapa N°10 Control de la película de poliéster:

Se manejan 3 anchos de película: 1168mm (46''); 1346mm (53''); 1473mm (58''), en dos tipos: 200 A que tiene 50 micras de espesor y buena estabilidad al calor. Puede ser reusado unas diez veces; y el 48 A de 12 micras de espesor y de un solo uso.

Etapa N°11 Control del MAT y/o velo de superficie:

El MAT puede ser usado si se requiere planchas gruesas, debido a que por su apresto o binder se mantienen las fibras unidas y se evitan las zonas más ricas en resina y pobres en vidrio ("arrastre") que son muy quebradizas. Los mat's de uso común son los de 225, 300, 450, gr/cm² en 1.25m de ancho. La diferencia de vidrio que faltara se compensa con roving picado. Además según solicitud se pueden color uno o dos velos. En el caso de 1 velo su ubicación dependerá de donde se encuentre el medio agresivo al momento de su instalación. En el caso de 2 velos, se colocarán de tal manera que se forme un sandwich, donde las capas exteriores serán el velo y el interior esté formado por el mat y roving

picado. Existen velos de diferente contenido de vidrio. Son comunes en el mercado los de 20, 25, y 30 gr/m². Se considera para efectos de cálculo que la relación R/f es de 10.

Etapa N°12 Control de la alimentación de fibra de vidrio:

Se calcula el gramaje de acuerdo a : (ver Apéndice V.2)

$$G(\text{kg} / \text{m}^2) = \frac{\text{espesor}(\text{mm.})}{2.392}$$

Por lo tanto las RPM de la máquina picadora de roving será:

$$RPM = \frac{G(\text{Kg} / \text{m}^2) * V(\text{m} / \text{min.}) * \text{Ancho de banda}}{N^{\circ} \text{ Hebras de roving} * 0.001463}$$

Esta última relación sirve para roving con TEX de 2400gr/km y R/f = 2.4

Etapa N°13 Control de Temperaturas

Este control está sujeto al curado de la resina.

No existe un perfil de temperatura pre establecido para todos los tipos de planchas en sus diferentes espesores, puesto que está en función del % de acelerante, % de monoestireno, % de MEK, largo de la mesa de impregnación del roving, largo de la mesa de premoldeado, largo de hornos, velocidad de la máquina, espesor del panel y otros .

Usando un medidor de Temperatura de no contacto del tipo termómetro de infrarojo, se puede controlar la temperatura localmente, a lo largo de toda la máquina. En términos generales se pondrá especial cuidado en que la temperatura de la plancha en la zona de gel este entre 60 a 65 °C y que la máxima temperatura de la plancha oscile entre 120 a 135°C. Por debajo de esta última temperatura, la plancha podría salir sin dureza suficiente, y por encima, la película de poliéster sufriría deterioro acelerado y el producto contracciones muy grandes.

Además la temperatura en la mesa de impregnación variará entre 30 a 80°C, mientras que en el horno será como aparece a continuación:

Zona de hornos en el sector de gelificación: 80-90°C

Zona de hornos en el sector de desprendimiento de calor: 60-70°C

Zona de hornos en el sector final (zona de curado): 25-50°C

Temperatura de descarga de las planchas: no mayor de 25°C

Etapa N°14 Control de Velocidad de producción.

La velocidad esta sujeta al sistema acelerador/catalizador, al % de acelerante, al % de catalizador, al perfil de temperaturas, al largo de la máquina, etc.

Cuando se trabaja con sistemas que manejan el hidroperóxido de cumeno, se pueden desarrollar velocidades de hasta 20 m/min, mientras que resinas con sistemas de curado Cobalto/MEK, desarrollan velocidades de 1 a 10 m/min.

H. DETERMINACION DE LA PERFORMANCE

Las tres propiedades estructurales más importantes para los laminados son dureza, resistencia a la flexión y resistencia al corte. Todas estas propiedades dependen del grosor del laminado. La resistencia al corte está directamente relacionada al espesor, la resistencia a la flexión está relacionada al espesor al cuadrado y la dureza al espesor al cubo.

A pesar de la importancia obvia del espesor, algunos fabricantes hoy en día no tienen un acuerdo estandarizado para estimar y determinar el espesor de los laminados. Algunas fábricas establecen estándares de espesor, de medidas hechas a muestras cortadas de las partes de producción, algunos usan pruebas de laboratorio y le piden al laboratorio involucrado que haga la medición, y algunos confían en los datos publicados por los vendedores de tejidos de vidrio.

Los laboratorios de prueba y el personal de fábrica frecuentemente se equivocarán en la medida del espesor. Un micrómetro medir sólo los toques o partes altas de los montones de fibra de vidrio que ha sido proyectada, dando una lectura errónea. Los calibradores son mejores, pero los resultados son todavía ambiguos. ¿Debería uno medir los toques de la superficie ondulada, los valles, o promediar diez o más lecturas por todas partes?

Hay un método el cual establecerá un promedio del espesor muy preciso y proporcionará resultados consistentes para los parámetros de funcionamiento estructural y la estimación de peso. De hecho, si los laboratorios de prueba utilizaran este método (lo que pesa por lo que se quema) en vez de tratar de medir el espesor, los resultados de prueba de las propiedades mecánicas mostrarían una dispersión de datos muy pequeña. El método se basa en las densidades de la fibra y la resina.

Por ejemplo sabiendo que el vidrio sólido y la resina pesan 13.29 y 6.23 libras por "plataforma", respectivamente y conociendo el peso del tejido y por yarda o pie cuadrado y el porcentaje de vidrio, podemos determinar de manera muy precisa el espesor del laminado terminado.

Determinación del espesor de un laminado que está compuesto por una capa de mat (1.5 oz/ft²) y un tejido (24 oz/yd²) sabiendo que el porcentaje de vidrio al laminar el mat es de alrededor de un 35% y del tejido de un 50% de vidrio.

Ya sabemos que las densidades del vidrio y la resina son respectivamente 13.29 y 6.23 lb/(ft²*pulg.)

Calculando espesores debido al vidrio

$$\text{MAT} = 1.5 \text{ oz/ft}^2 = 0.09375 \text{ lbs/ft}^2$$

$$0.09375/13.29 = 0.0071'' \text{ de espesor} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Tejido} = 24 \text{ oz/yd}^2$$

$$0.1667/13.29 = 0.0125'' \text{ de espesor} \dots\dots\dots(2)$$

Calculando los espesores debido a la resina

$$0.09375/0.35 = X/0.65, \text{ luego } X = 0.1741 \text{ lb/ft}^2,$$

$$\text{entonces } 0.1741/6.23 = 0.0279'' \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$0.1667/0.5 = Y/0.50, \text{ luego } Y = 0.1667 \text{ lb/ft}^2,$$

$$\text{entonces } 0.1667/6.23 = 0.0268'' \quad \dots\dots\dots(4)$$

Luego el espesor del laminado está dado por la suma de (1), (2), (3) y (4)

$$\text{Espesor del laminado} = 0.0743''$$

Si el laminado tiene un contenido hueco (desocupado) por ejemplo de un 2% entonces el espesor de esta capa será: $0.0743/0.98 = 0.0758''$

En el apéndice se muestran los espesores para diferentes gramajes. Los espesores, por capa de tejidos comúnmente usados en materiales que difieren en los contenidos de vidrio, y según las políticas de compra de cada taller, se calculan de la misma forma.

Estos espesores se calculan por el método antes señalado y son precisos y convenientes para el uso en diseño y estimación.

Aunque un material sea mat, tejido de filamentos, unidireccional, biaxial, o de tejido triaxial, no hay diferencia en el espesor en ningún porcentaje de vidrio. Los tejidos unidireccionales, por supuesto, tienen factores de empaque mayores lo que resulta en porcentajes de vidrio mayores.

Los cálculos del ejemplo antes mencionado, pueden ser generalizados según las expresiones que se mencionan a continuación:

$$\left[\frac{G_{mat}}{d_{vidrio}} + \frac{G_{mat} * (R/f)_{mat}}{d_{resina}} \right] + \left[\frac{G_{tejido}}{d_{vidrio}} + \frac{G_{tejido}(R/f)_{tejido}}{d_{resina}} \right] = \text{espesor}$$

que simplificado nos da la ecuación general siguiente:

$$G_{mat} * \left[\frac{1}{d_{vidrio}} + \frac{(R/f)_{mat}}{d_{resina}} \right] + G_{tejido} \left[\frac{1}{d_{vidrio}} + \frac{(R/f)_{tejido}}{d_{resina}} \right] + \dots\dots\dots = e$$

Si para todos los tipos de materiales de vidrio se usa la misma relación R/f, se obtiene finalmente: (ver Apéndices V.5 y V.6)

$$\text{Espesor} = (G_{mat} + G_{tejido} + G_{\dots\dots\dots}) * \left[\frac{1}{d_{vidrio}} + \frac{(R/f)}{d_{resina}} \right]$$

Por otro lado, para un mismo porcentaje de vidrio, los laminados construidos con fibras continuas tienen propiedades mecánicas en la dirección de las fibras, superiores a las construidas con fibras picadas. Es sabido que los laminados construidos con fibras picadas tienen las mismas propiedades mecánicas en cualquier dirección del plano de la lámina (isotropía planar),

mientras que los producidos con fibras continuas tienen propiedades diferentes, conforme la dirección considerada (anisotropía)

Para que un ingeniero pueda especificar estructuras de fibra de vidrio adecuadas a sus necesidades es necesario que sepa estimar las propiedades mecánicas de este material. Esto puede ser hecho con modelos simples, que permitan hacer dicha estimación a partir de las propiedades de las fibras de vidrio y de las resinas, bien como un porcentaje y un arreglo de los refuerzos en el laminado.

	Poliéster	Fibras de vidrio
Módulo de elasticidad E (kg/cm^2)	30.000 – 40.000	730.000
Elongamiento a la ruptura	1,0 – 4,0	1,2 – 2,5
Resistencia a la tracción (kg/cm^2)	400 – 700	8.700 – 18.000
Relación de Poisson	0,33	0,22
Densidad (gr/cm^3)	1,10 – 1,20	2,60

La tabla de arriba muestra valores considerados típicos para los poliésteres y las fibras de vidrio. El módulo de elasticidad de las fibras depende de su composición. Para un vidrio tipo E, este módulo puede ser considerado igual a 730.000kg/cm^2 . El elongamiento a la ruptura de las fibras, así como su resistencia a la tracción dependen del proceso de fabricación, variando en los intervalos mostrados en la tabla. El elongamiento a la ruptura y la resistencia a la tracción de los poliésteres dependen de su composición.

Cuando están sometidos a esfuerzos, los laminados se deforman. Mientras sean de pequeña magnitud, existe proporcionalidad entre las tensiones y las deformaciones. En esta región de proporcionalidad, las fibras y la resina trabajan solidarias, unidas, y se deforman en conjunto. Cuando las deformaciones alcanzan un determinado nivel, comienzan a acontecer las primeras separaciones entre las fibras y la resina. Las fibras localizadas transversalmente en dirección a los esfuerzos se separan de la resina, liberando energía y emitiendo señales que pueden ser detectadas y analizadas. Aumentando el esfuerzo, esta separación se torna más acentuada y la resina también comienza a fisurarse debido a la concentración de tensiones que ocurre cuando las fibras se separan de ella. En ese punto, las resinas resilientes son más tolerantes que las rígidas fisurándose en niveles de deformación más elevados. Esto se hace evidente comparando los diagramas tensión vs deformación de laminados construidos con resinas rígidas o flexibles, donde puede ser observado que las rígidas inician las emisiones acústicas en niveles de deformación inferiores a las flexibles. Al fisurar, las resinas también

emiten señales perceptibles. Las propiedades mecánicas de los laminados son establecidas principalmente por el porcentaje y por el arreglo de las fibras de vidrio. Las resinas tienen un papel importante en los elongamientos que inician o fisuran los laminados, más no en su capacidad de resistir los esfuerzos, que están determinados principalmente por las fibras.

Estas afirmaciones pueden ser mejor entendidas analizando los diagramas tensión versus deformación de laminados construidos con resinas rígidas y flexibles (resilentes). La figura a continuación muestra esos diagramas.

Los diagramas tensión vs deformación muestran que las resinas más flexibles son más compatibles con un tratamiento superficial de las fibras, a presentar las primeras señales de falla en niveles de deformación $-\epsilon_c-$ más elevados, aumentando así mismo la falla de proporcionalidad. El elongamiento a la ruptura $-\epsilon_r-$ es determinado esencialmente por el porcentaje y arreglo de las fibras de vidrio en el laminado, siendo poco influenciado por la resina.

El módulo tangente $-E-$ es mostrado como se ve independiente del tipo de resina. Esto es apenas una aproximación de la realidad, porque las resinas pueden tener módulos diferentes que afectan estas propiedades. Pero, esas diferencias son muy pequeñas siendo poco relevantes por lo mismo en laminados con bajos porcentajes de vidrio. De la misma manera el módulo secante $-E_s-$ es la resistencia a la tracción (en la ruptura) $-\sigma_r-$ es poco influenciado por la resina.

La proporcionalidad entre las tensiones y las deformaciones acontece por cuanto el laminado trabaja solidario, con pequeñas deformaciones. Al ser iniciada la separación entre las fibras y la resina, con la emisión de las primeras señales acústicas, las deformaciones aumentan más acentuadamente que las tensiones y la curva de tensión vs deformación tiende a ser achatada. Este achatamiento prosigue, cada vez más intenso, antes de ocurrir la ruptura del laminado.

Las deformaciones en que las primeras emisiones acústicas se manifiestan son representadas por ϵ_c del diagrama tensión vs deformación. Estas deformaciones dependen del grado de adherencia entre las fibras y la resina y del elongamiento a la ruptura de la resina. Los poliésteres rígidos, quebradizos, con pequeño elongamiento a la ruptura emiten señales acústicas indicativas de fisuramiento a las deformaciones inferiores de las más resilentes, con gran elongamiento a la ruptura. Por lo tanto, el elongamiento ϵ_c , indicativo de las primeras fisuras, es controlado por la resina y el grado de adherencia de las fibras de vidrio. Cuanto más resilente es una resina es mayor su compatibilidad con el tratamiento superficial de las fibras, mayor es el elongamiento ϵ_c .

El elongamiento a la ruptura ϵ_r , es controlado por las fibras de vidrio porque esto ocurre cuando ellas se rompen, independientemente del grado de fisuramiento de la resina.

Observando los diagramas tensión vs. Deformación de la figura, podemos concebir los módulos de elasticidad para los laminados. El módulo tangente que coincide con el inicio de la curva, mantiene proporcionalidad entre las tensiones y las deformaciones. Los laminados son dimensionados para trabajar en esa banda de proporcionalidad. El módulo secante es la función de la tensión y elongamiento del laminado a la ruptura, siendo definido por la relación :

$$E_s = \sigma_r / \epsilon_r$$

El módulo secante no tiene utilidad práctica. El módulo tangente, por otro lado es extremadamente importante para cálculo estructural. El módulo tangente es siempre mayor que el secante, pudiendo ser estimado por la expresión:

$$E = K * V_v * E_v + (1 - V_v) * E_r$$

Donde:

E: módulo tg. del laminado a tracción

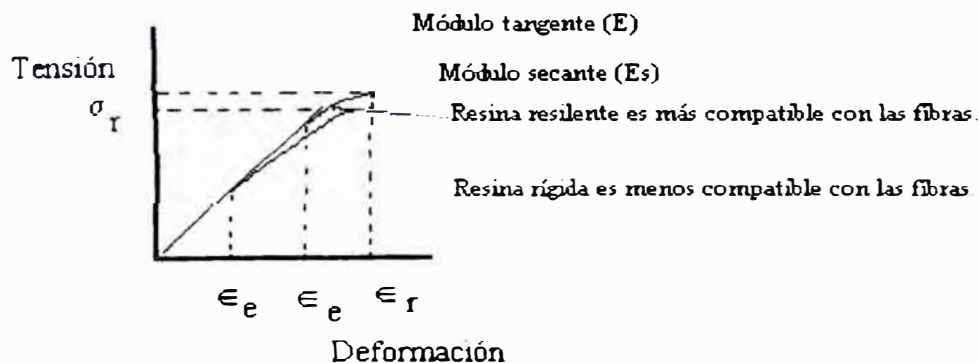
V_v: % de vidrio en volumen

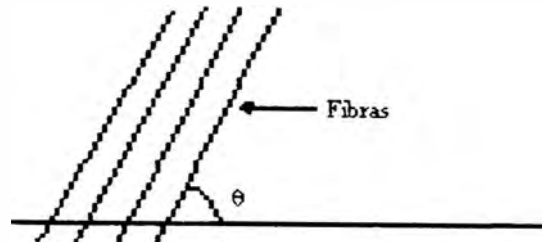
E_v: módulo a tracción del vidrio

E_r: módulo a tracción de la resina poliéster

K: coeficiente de aleatoriedad de las fibras.

El coeficiente de aleatoriedad K toma en consideración el arreglo de las fibras de vidrio en el laminado. Para fibras picadas dispuestas aleatoriamente las camadas, $K = 3/8$. Para fibras continuas $K = \cos^2\theta$, siendo θ el ángulo entre los ejes de las fibras y la dirección en la cual se desea conocer el módulo de elasticidad.





Además si d es la densidad del laminado, entonces tenemos que:

$$d = \frac{100}{\frac{\%vidrio}{d_{vidrio}} + \frac{\%resina}{d_{resina}} + \dots} \quad (\text{ver Apéndice v.4 y v.5})$$

$$\%vidrio \text{ en volumen} = V_v = \frac{\frac{\%vidrio \text{ en peso}}{d_{vidrio}}}{\frac{\%vidrio \text{ en peso}}{d_{vidrio}} + \frac{\%resina \text{ en peso}}{d_{resina}}}$$

Por lo tanto el módulo de elasticidad de Planchas PRFV es:

$$E = K * V_v * E_v + (1 - V_v) * E_r$$

Si las planchas son fabricadas de manera continua, y utilizando una relación $R/f = 2,4$ ($V_p = 30\%$; $V_v = 16,5\%$), el módulo de elasticidad será:

$$E = 70218.75 \text{ Kg/cm}^2.$$

De la misma manera, si las planchas son fabricadas manualmente y con relación $R/f = 2,0$ ($V_p = 33\%$; $V_v = 18,5\%$), el módulo de elasticidad será:

$$E = 75093.75 \text{ kg/cm}^2.$$

Resumiendo se podría concluir que el módulo de elasticidad de las Planchas de PRFV es:

$$E = 70.000 \text{ kg/cm}^2$$

Aunque nuestro interés está puesto en planchas, se dan las siguientes relaciones como información general:

$$\text{Para Fibras Picadas, } E = \frac{3}{8} * V_v * E_v + (1 - V_v) * E_r$$

Para Tejidos de 600gr/m²

$$E_{\theta} = (\cos^2 \theta * 0.28) * V_v * E_v + (\sin^2 \theta * 0.72) * V_v * E_v + (1 - V_v) * E_r$$

Para Tejidos de 800gr/m²

$$E_{\theta} = \left(\cos^2 \theta * \frac{1}{2} \right) * V_v * E_v + \left(\sin^2 \theta * \frac{1}{2} \right) * V_v * E_v + (1 - V_v) * E_r$$

Para Fibras enrolladas

Si llamamos V_{cv} y V_{pv} a los porcentajes volumétricos de fibras continuas y picadas, respectivamente, en el laminado estructural:

$$(Ee)_{ax} = E_{ea} = \cos^2 \theta * V_{cv} * 730.000 + \frac{3}{8} * V_{pv} * 730.000 + (1 - V_{cv} - V_{pv}) * E_r$$

$$(Ee)_{circ} = E_{ec} = \sin^2 \theta * V_{cv} * 730.000 + \frac{3}{8} * V_{pv} * 730.000 + (1 - V_{cv} - V_{pv}) * E_r$$

	90°	54.75°	70°
E _{ea}	55.000	140.000-180.000/t	60.000
E _{ec}	260.000-460.000/t	267.000-480.000/t	350.000-670.000/t

Para Combinación de mantas y tejidos

$$E = \frac{t_m * M * E_m + t_t * E_t * T + 0,35 * E_r}{M * t_m + T * t_t + 0,35}$$

donde:

- E : módulo de tracción del laminado
- t_m : espesor de cada camada de manta
- M : número de camadas de manta
- t_t : espesor de cada camada de tejido
- T : número de camadas de tejido
- E_m : módulo de tracción de las mantas
- E_t : módulo de tracción de los tejidos

0.35mm : espesor de resina no reforzada (0,25mm de laminado interno y 0,10mm de laminado externo).

E_r : módulo de tracción de la resina.

El módulo de flexión es extremadamente sensible a la posición relativa de las mantas y tejidos dentro de la estructura. Por esta razón, no podemos presentar una expresión simple para estimarlo sin que sea conocida la disposición de cada camada de refuerzo dentro del laminado. Suponiendo que la estructura sea construida bien balanceada, esto es, solamente con mantas (poco común) o con intercalación de mantas y tejidos (usual), podemos sugerir que el módulo de flexión sería igual al 85% del de tracción, es decir,

$$E^* = 0.85 * E$$

Los valores siguientes son usados en la expresión para calcular el módulo de elasticidad de laminados compuestos con mantas y tejidos,

$$E_r = 30.000 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$t_m = 1,0 \text{ mm} (\text{manta de } 450 \text{ g} / \text{m}^2, 30\% \text{ de vidrio})$$

$$E_m = 70.000 \text{ kg} / \text{cm}^2 (30\% \text{ de vidrio})$$

$$t_t = 1,0 \text{ mm} (\text{tejido de } 600 \text{ g} / \text{m}^2)$$

$$(E_t)_{axial} = 70.000 \text{ kg} / \text{cm}^2 (\text{tejido de } 600 \text{ g} / \text{m}^2 \text{ con la trama en dirección axial})$$

$$(E_t)_{circunf} = 140.000 \text{ kg} / \text{cm}^2 (\text{tejido de } 600 \text{ g} / \text{m}^2 \text{ urdiembre en dirección circunf})$$

De esta manera:

$$E_a = \frac{70.000 * M + 70.000 * T + 10.500}{M + T + 0.35}$$

entonces, $E_a \approx 70.000 \text{ kg} / \text{cm}^2$

$$E_c = \frac{70.000 * M + 140.000 * T + 10.500}{M + T + 0.35} \text{ kg/cm}^2$$

entonces, $E_c \approx \left(70.000 + 70.000 * \frac{T}{M + T} \right) \text{ kg} / \text{cm}^2$

En estas últimas expresiones M y T son el número de capas de mantas y de tejidos, respectivamente en el laminado total.

A continuación se muestra algunos laminados típicos para tanques verticales cilíndricos con sus respectivos módulos de elasticidad.

Las mantas utilizadas son de 450g/m^2 y los tejidos son de 600g/m^2 . Los tejidos son laminados con trama en dirección axial.

El espesor total del laminado en mm es

$$t = M + T + 0,35$$

donde M y T son respectivamente el número de capas de mantas y de tejidos. Los módulos de flexión son tomadas iguales a 85% de los respectivos módulos de tracción.

Construcción	T (mm)	Ea (kg/cm²)	Ec (kg/cm²)	Ec*t (kg/cm²*mm)
VMMTM	4.35	70.000	87.000	378.000
VMMM TM	5.35	70.000	84.000	450.000
VMMTMTM	6.35	70.000	93.000	590.000
VMMM TMTM	7.35	70.000	90.000	660.000
VMMTMTMTM	8.35	70.000	96.000	800.000
VMMM TMTMTM	9.35	70.000	93.000	870.000
VMMTMTMTMTM	10.35	70.000	98.000	1.010.000
VMMM TMTMTMTM	11.35	70.000	95.000	1.070.000
V + 7M + 5T	12.35	70.000	99.000	1.220.000
V + 8M + 5T	13.35	70.000	96.000	1.280.000
V + 8M + 6T	14.35	70.000	100.000	1.430.000
V + 9M + 6T	15.35	70.000	98.000	1.500.000
V + 9M + 7T	16.35	70.000	100.000	1.630.000
V + 10M + 7T	17.35	70.000	98.000	1.700.000
V + 10M + 8T	18.35	70.000	101.000	1.850.000
V + 11M + 8T	19.35	70.000	99.000	1.915.000
V + 11M + 9T	20.35	70.000	101.000	2.055.000
V + 12M + 9T	21.35	70.000	100.000	2.130.000
V + 12M + 10T	22.35	70.000	101.000	2.250.000

A continuación se enumeran cuatro de las diferencias más sustanciales entre el acero y el PRFV:

ACERO	PRFV
1. Es isotrópico	1. Es anisotrópico
2. Propiedades mecánicas bien definidas	2. Propiedades mecánicas dependen del espesor y posición relativa, por lo tanto, usa métodos de aproximación sucesiva para hacer dimensionamientos $E_f=0.85E_t$
3. $E_t = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ por lo tanto E_{acero} es mucho mayor que E del PRFV	3. E_t oscila entre 70.000 (30% fibras picadas) y 300.000 (70% fibras enrolladas)
4. Puede acomodar eventuales concentraciones de tensiones con deformaciones plásticas. Elong. Máx=0.07%.	4. La elong. es menor que la máxima admisible. Elong. máx.= 0.25% El espesor del PRFV = 2(espesor acero) como mínimo. El espesor del PRFV = 9(espesor acero máx.)

Finalmente, hay que agregar que el método para dimensionar estructuras es establecido por la teoría de elasticidad, sin embargo, el criterio para el cálculo estructural es escogido libremente por el ingeniero. Existen tres criterios para hacerlo:

Criterio N°1: Estabilidad.-

Presión crítica ≥ 4 (Presión actuante)

Este criterio se aplica a equipos bajo cargas de compresión y que pueden colapsar.

$$C_s = \frac{\text{Presión crítica}}{\text{Presión actuante}}$$

Criterio N°2: Resistencia.-

Este criterio se aplica a equipos sometidos a tracción, flexión o compresión

$$C_s = \frac{\text{Tensión de ruptura}}{\text{Tensión admisible}}$$

Mientras que la tensión de ruptura se determina por ensayos de laboratorio, el C_s se escoge. Finalmente la tensión admisible es calculada.

Según la norma BS:4994,

$$C_s = 3 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5$$

donde:

$$k_1 = f \text{ (tipo de proceso de laminación; valores de 1.5 a 3.0)}$$

$k_2 = f$ (pérdida de resistencia por ataque físico o químico. Es 1.2 para 17% de pérdida y 2.0 para 50% de pérdida)

$k_3 = f$ (temperatura; su valor oscila de 1.0 a 1.25)

$k_4 = f$ (efecto de cargas cíclicas; su valor oscila entre 1.1 a 2.0)

$k_5 = f$ (temperatura de trabajo y del grado de curado de la resina; varía entre 1.1 a 1.5)

Es decir tomando los mínimos y máximos valores de $C' : [6.5, 67.5]$

Criterio N°3: Deformación.-

Este criterio se apoya en ensayos de corrosión bajo tensión y bajo deformación, los cuales no son realizados rutinariamente por los fabricantes de resina o por los fabricantes de equipos, debido a que son relativamente costosos y por eso son hechos solamente para aplicaciones muy críticas y repetitivas que los justifiquen como es el caso de tubos enterrados usados para conducción de agua y alcantarillado. En ausencia de estos ensayos se tiene que la norma BS:4994 sugiere que el elongamiento admisible no debe ser mayor al 10% del elongamiento de la resina, mientras que la norma ASTM D-3299 considera conservadoramente que siempre debe ser el 0.1%. Antonio Carvalho, afirma que el elongamiento admisible debe ser establecido en función del surgimiento de las primeras microfisuras en el laminado. Procediendo de esta forma, asegura que se discrimina entre las resinas rígidas y las flexibles y que podemos trabajar con mayor seguridad. Sostiene además que los laminados no deben ser sometidos a elongamientos superiores al 25% de aquellos en que ocurren las primeras microfisuras.

I. EVALUACIONES ECONOMICAS

En primer lugar, necesitamos separar los costos en : Fijos y Variables.

Los costos variables son las materias primas y materiales auxiliares, mientras que los fijos están representados por la mano de obra, seguros, salarios, depreciaciones, gastos administrativos, honorarios, costo financiero, etc.

Una vez conocidos los costos fijos, el problema es como prorratear el total obtenido. Para esto se considera a la fabricación y administración como una entidad única y se toman las hora hombre de cada departamento productivo como base del prorrateo.

Los departamentos que incurren en mano de obra directa son considerados "centros de costos".

Los costos fijos pueden ser directos o indirectos. Los costos fijos directos son aquellos atribuibles directamente a los distintos departamentos, sin ninguna ambigüedad. Un ejemplo : los gastos de arrendamiento son considerados como un costo fijo indirecto, debido a no estar vinculados directamente a ningún departamento.

El problema fundamental de los costos fijos está en la adopción de criterios de distribución de estos, entre los productos.

El prorrateo de los gastos fijos, se hace en 2 niveles: en primer lugar, los fijos indirectos se distribuyen entre los departamentos tomando como base de prorrateo la capacidad de mano de obra directa disponible. Los costos fijos directos de cada departamento aunados de la parte prorrateada de los indirectos, son asignados a los productos proporcionalmente al valor de la mano de obra directa utilizada en la transformación. De este modo los distintos departamentos productivos absorben costos fijos indirectos en proporción a la cantidad de horas hombre directas de cada uno.

Luego los costos fijos directos e indirectos son prorrateados entre los productos, según la cantidad de horas hombre directas utilizadas en las transformación.

A continuación veremos como se pueden estimar los costos variables de los distintos departamentos productivos.

Los principales centros de costos de los procesos en plástico reforzado con fibra de vidrio son:

1. Moldes
2. Laminación
3. Ensamblaje
4. Pintura
5. Embalaje

Departamento 1 – Moldes.

Los costos variables pueden ser desglosados en tres rubros:

- a. Costo del modelo: que incluye madera, clavos, pegamentos, pasta, cera para pulir, poliéster, lijas, solventes, etc.
- b. Costo del laminado del molde, incluye al gelcoat, la resina de laminación, la fibra de vidrio, brochas, rodillos y otros.
- c. El costo total del molde. El costo de la estructura del molde, que incluye los materiales utilizados en la construcción de los refuerzos, de la estructura metálica tubular, ruedas, etc, usados para facilitar el manejo, inclinación y movilización del molde.

El costo total del molde (fijo y variable) debe ser distribuido entre las piezas producidas en él. Para fines de estimación de los costos se sugiere considerar como estándar la laminación de 500 piezas por molde.

El costo total (fijo y variable) de los moldes corresponde aproximadamente a 20 veces el costo total de la pieza laminada, excluidos los costos de ensamblaje, pintura y embalaje. De esta manera, si cada molde es usado 500 veces, la incidencia del costo del molde, por cada pieza será aproximadamente:

$$\frac{20}{500} \bullet 100 = 4\% \text{ del costo total de la pieza (laminado)}$$

Si se moldean sólo 100 piezas en cada molde, en vez de 500, el costo representará el 20% del costo del laminado. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la cantidad de piezas que serán moldeadas. Al estimar el costo de los moldes, se debe de recordar que hay situaciones en las cuales no es necesario construir moldes (se copia el molde de una pieza ya existente) ni estructurar el laminado del molde (moldes de pequeñas dimensiones), por lo que se deberá proceder a los descuentos correspondientes.

Por lo general los moldes como rubro de gastos son considerados directamente en el cálculo del resultado del período. Cuando se utilizan, es conveniente considerarlos como parte del activo circulante. En algunos casos (moldes de embarcaciones que son producidos durante varios años) se consideran como parte del activo fijo de la empresa.

Departamento 2 – Laminación.

- a) Gel coat.- los costos variables en que se incurre corresponden al gel coat, MEKP, cobalto y materiales auxiliares. Como regla general los materiales auxiliares se consideran en un 10% del costo del gel coat.
Si este es aplicado con pistola, se deben calcular las pérdidas correspondiente al material que cae fuera del molde. Esas pérdidas corresponden a una franja de 7 cms de ancho a lo largo del perímetro del molde y es tomada en cuenta por el factor de pérdidas.

$$\text{Factor de pérdidas} = 1 + 0.07 \cdot \frac{P}{A}$$

Donde P : perímetro de rebaba de la pieza en metros

A : Área de la pieza en m²

Entonces el costo variable del gel coat es :

$$(CV)_{gel} = (1.1)(0.5)(gel)(A) \left(1 + 0.07 \cdot \frac{P}{A} \right)$$

donde 0.5 corresponde a 0.5 kg /m² de gel coat y (gel) es el precio del gelcoat ya catalizado y acelerado en \$/kg.

b) Laminado.-

Consideremos el laminado con un espesor estructural "t" mm, y la siguiente composición en peso:

Resina.....69.0%

Fibra de vidrio.....30.0%

MEKP.....0.7%

Cobalto.....0.3%

El peso del laminado es: $Peso = (A)(d)(t)$

Donde d: es la densidad del laminado (1.5 gr /cm³)

El espesor del gel coat (0.25mm a 0.5 mm que corresponden a 500 gr/m²) no es considerado como estructural.

Para estimar el costo de las materias primas:

$$\text{Resina} = (0.69)(Re)(1.5)(t)(A)$$

$$\text{Fibra de vidrio} = (0.30)(Ro)(1.5)(t)(A)$$

$$\text{Catalizador} = (0.007)(Cat)(1.5)(t)(A)$$

$$\text{Cobalto} = (0.003)(Co)(1.5)(t)(A)$$

Donde Re, Ro, Cat, Co: son los precios de cada material en \$/kg.

Los costos de las materias primas deben ser multiplicadas por un factor de pérdidas en el que se toma en cuenta el desperdicio de material por rebaba.

$$\text{Factor de pérdidas} = 1 + 0.07 \cdot \frac{P}{A}$$

P : perímetro de rebaba (m)

A: área de la pieza (m²)

0.07: franja de rebaba de 7 cm. que acompaña al perímetro de la pieza.

Los costos de los materiales auxiliares (desmoldante, pasta, lijas, rodillos, brochas, láminas, cera para pulir, acetona, etc.), pueden ser sumados a cada producto, como una fracción del costo de las materias primas.

Es común estimar estos gastos en un 10% del costo de las materias primas.

El costo variable es entonces:

$$(CV)_{am.} = (1.1) \left[(0.69)(Re) + (0.30)(Ro) + (0.007)(Cat) + (0.003)(Co) \right] \\ \bullet (1.5)(t)(A) \left[1 + 0.07 \bullet \frac{P}{A} \right]$$

Finalmente el costo variable del departamento de laminado es :

$$(CV) = (CV)_{gel} + (CV)_{am.}$$

Departamento 3 – Ensamblaje

Los costos variables de este departamento son muy pequeños. Incluyen tornillos, remaches, pegamento, pasta, lija, discos de corte, etc.

Departamento 4 – Pintura

Los costos variables incluyen a todos aquellos materiales usados en la preparación de la superficie (lijas, solventes, pasta, etc.) y también la pintura, el “primer” y el barniz.

Departamento 5 – Embalaje

Dependiendo del producto, los costos de embalaje pueden asumir valores relativamente elevados.

A la medida en que las piezas pasan por los distintos departamentos, los costos fijos y variables se suman, según los criterios ya presentados. Por ejemplo, al pasar por el departamento de pintura, el incremento del costo será:

$$\text{Costo de la pintura} = (CV)_4 + \left(\frac{HH_4}{HH} \bullet CFI + CFD_4 \right) \bullet \frac{hh_4}{HH_4}$$

Siendo:

CV_4 = Costo variable agregado en el departamento de pintura.

HH_4 = Total de horas hombre directas disponibles en el departamento de pintura.

HH = Total de horas hombres disponible en la empresa

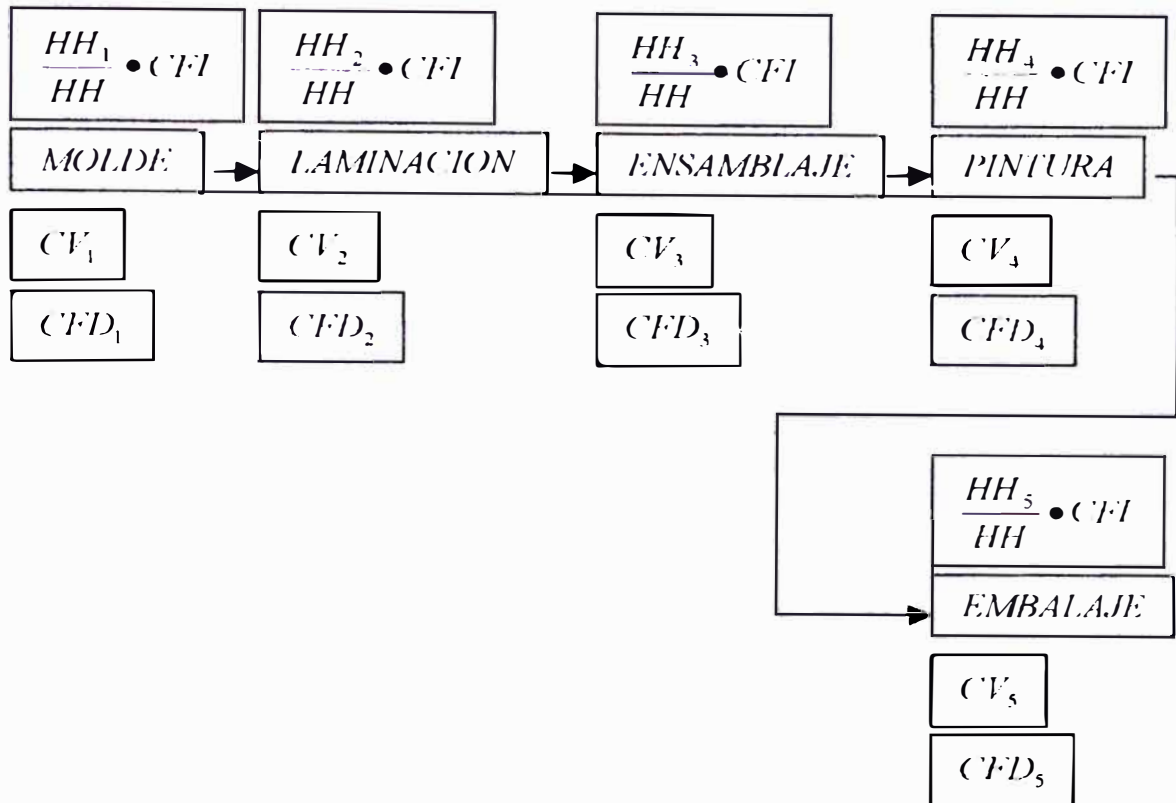
CFI = Costos fijos indirectos de la empresa.

CFD_4 = Costos fijos directos del departamento de pintura.

hh_4 = Horas hombre directa requeridas para pintar la pieza.

El costo final de la pieza es obtenido por la suma de los gastos parciales implicados en cada departamento.

Luego, la aplicación de costos en los diferentes departamentos productivos será:



Donde:

CFI = Costos fijos indirectos

$CFDi$ = Costos fijos directos del departamento i

CVi = Costos variables incluidos en el departamento i

HHi = Total de horas/hombre directas disponibles en el departamento i .
Corresponde a la capacidad de mano de obra directa del departamento i .

HH = Total de horas/hombre directas disponibles en la empresa.
Corresponde a la suma de la mano de obra disponible en todos los departamentos productivos.

$$HH = HH_1 + HH_2 + HH_3 + HH_4 + HH_5$$

J. CONCLUSIONES

- El método de fabricación de planchas plásticas reforzadas con fibra de vidrio, por contacto a mano es parte del pasado. Lo mismo ocurre en el caso de los procesos de prensado. Hoy se cuenta con sistemas de laminación continua.
- Partiendo de la premisa que todo lo que se mide se puede controlar y todo lo que se controla se puede mejorar, este método es de lejos la alternativa actual para la fabricación masiva de planchas.
- El método en mención, permite el uso de resinas de más bajos costos. La fibra o MAT es reemplazado por el roving, de más bajo precio. La productividad aumenta de valores que van desde los 3,8 kg/H.H. a los 30 kg/HH. De la misma manera, la capacidad de procesamiento aumenta de 75.000 a 1.100.000 kg/año. La cantidad, calidad y oportunidad de la gran diversidad de productos se incrementa a valores sencillamente increíbles e imposibles de alcanzar a través de los métodos tradicionales. Al mismo tiempo disminuye la mano de obra. Ver apéndices V.19 al V.22.
- Como los procesos son con temperatura, hay un menor consumo de acelerantes y catalizadores.
- Es posible ocupar hasta un 10% de monoestireno dependiendo de la resina, para ajustarla a una viscosidad compatible con la temperatura y los requerimientos de la producción (350 Cpo).
- El sistema acelerante – catalizador, que los pocos años de experiencia han permitido utilizar de manera amplia, ha sido hasta el momento : acelerante de cobalto-peróxido de metil etil cetona. Este es un sistema para procesos de curado en frío. Hay sistemas que aún no han sido muy difundidos ni utilizados, y son sistemas de acelerante – catalizador para procesos de curado en caliente. Estos sistemas utilizan al peróxido de cumeno como catalizador principal. Se consigue elevar drásticamente las velocidades de fabricación y los índices de productividad.
- Una de las desventajas principales de este método de producción es el consumo de energía. Esta afecta directamente al costo del producto. Para controlarla se debe llevar una contabilidad mensual del valor de la energía consumida y relacionarla con el tonelaje producido (Energía/producción: BTU/lb, Kw/kg, Kw/m, etc.)
- Otra desventaja es el desperdicio (waste). Este es un factor importante de controlar en cualquier proceso productivo puesto que en palabras simples significa: cuánto dinero estamos tirando al tacho de basura. Toda línea de producción en plásticos reforzados con fibra de vidrio no admite re-proceso. Sus productos no son reciclables ni tampoco autodegradables.
- Otro indicador industrial que merece la atención debida es la seguridad. El entrenamiento del personal debe ser continuo. Este indicador industrial puede ser expresado como Índice de gravedad; Índice de frecuencia o Tasa de riesgo anual.

- Se debe mencionar que las mayores limitantes de este proceso productivo, son la longitud de la máquina (superiores a 50 mts), así como la necesidad de fabricar, salvo que se cuente con personal altamente calificado y experimentado, grandes cantidades de productos y no los niveles bajos de planchas que se pueden fabricar con los métodos tradicionales. En el Apéndice V. 23 se describen las medidas de cuatro planchas, de la enorme cantidad de modelos que se pueden fabricar.
- Finalmente, quien desee embarcarse en el apasionante mundo de la fabricación de planchas de plástico reforzadas con fibra de vidrio ha de contar con una Ingeniería de Producción junto a una Ingeniería de Calidad. Se debe contar con algún tipo o nivel de Control de Calidad en sus materiales, procesos y productos. Hay seis pasos que se deberán recordar al organizar una gestión de calidad: 1. Determinar metas y objetivos; 2. Determinar métodos para alcanzar las metas; 3. Dar educación y capacitación; 4. Realizar el trabajo; 5. Verificar los efectos de la realización; 6. Emprender la acción apropiada. Por otro lado, al montar un laboratorio de control de calidad, que naturalmente estará acorde a la capacidad de producción, tipo de producto y proceso, y requisitos de los clientes, se tendrá en cuenta los tres distintos niveles de laboratorio que se mencionan a continuación. Naturalmente como se comprenderá, los límites para cada nivel no son ni precisos, ni rígidos, y queda a criterio de los responsables máximos de la conducción de la empresa la decisión de qué nivel se ajusta a sus necesidades, o de cuándo y cómo pasar de uno a otro.

Laboratorio básico, apto y al alcance del pequeño taller.

Laboratorio industrial, dirigido a la mediana empresa.

Laboratorio de investigación y desarrollo, anexo al anterior y orientado a grandes empresas, líderes en tecnología de procesos o productos.

III. RESUMEN

Las aplicaciones de los plásticos se han desarrollado y extendido a todos los sectores industriales.

El crecimiento más notable lo ha tenido un material compuesto llamado Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV ó FRP), que combina las características de una matriz, que es un sistema resinoso que incluye otros productos además de la resina, tales como acelerantes, catalizadores, rellenos, cargas, pigmentos, estabilizantes, lubricantes, plastificantes, autoextinguientes, estabilizadores a la luz, etc., y de un refuerzo, la fibra de vidrio, que constituye el elemento determinante en las propiedades mecánicas y de resistencia del conjunto. Cada uno de los componentes tiene un propósito bien definido, las resinas son aglutinantes, dan la rigidez, proporcionan la forma y la mantienen, ligan las fibras para proporcionar un todo unido e íntimo; las fibras son los elementos que reciben los esfuerzos y los resisten haciendo un papel similar al acero en las estructuras de hormigón armado, en tanto, es muy importante el concepto direccional en ellas, ya que si el esfuerzo coincide en dirección con la fibra, el plástico reforzado tendrá una mejor condición de resistencia mecánica.

El mundo de los PRFV, a pesar de los años, aún es un mundo que se mueve en gran parte por la experiencia de quienes los fabrican.

Se olvida fácilmente que cuando se necesita determinar una aplicación ya sea en la industria minera, pesquera, de alimentos o cualquier otro tipo, es primordial comprender en primer lugar por qué los plásticos se comportan en determinada manera, qué hace que un material sea resistente a un medio ácido, resistente a la abrasión o resistente a la temperatura.

No se puede diseñar sin comprender y tener en mente conceptos de estructura, morfología, propiedades y criterios técnicos adecuados a cada situación, sólo así la solución integral se transforma en realidad. De otro modo sólo tenemos un "desastre integral", que no es culpa de los materiales, sino de quienes los fabricaron sin un soporte técnico adecuado.

De todos los procesos en plástico reforzado con fibra de vidrio, el de laminado continuo no tiene hasta ahora un solo libro de consulta, por lo que el presente informe será un valioso aporte a los pocos profesionales que trabajan en el rubro.

Este informe conjuga toda la tecnología que envuelven las formulaciones, procesos, formas de aplicar y métodos de formación en trabajos de laminación continua de Planchas en plástico reforzado con fibra de vidrio.

Glosario de Términos empleados en la Industria del Plástico Reforzado

Activador. o acelerador o promotor, es el compuesto o agente empleado para activar la aceleración de polimerización de un plástico termofijo.

Aditivo. Sustancia cualquiera que al ser agregada a la resina en cantidades usualmente pequeñas le otorga propiedades específicas.

Aglutinante. o binder o ligante o aglomerante, es la resina o sustancia destinada a mantener unidas las fibras de vidrio en un fieltro para hacer posible su libre manipulación.

Ampolla. o burbuja o bubble u hoyo o poro, es un globo de gas atrapado dentro de un plástico.

Aramida. Un tipo de material orgánico de gran orientación derivado de la poliamida (nylon) pero incorporando a su estructura anillos aromáticos. Usado primariamente por ser una fibra de gran módulo de elasticidad. Kevlar y Nomex son ejemplos de aramidas.

Carga. o relleno o filler, es un material inerte generalmente en polvo agregado a una mezcla de plástico, con el fin de reducir costo, modificar propiedades físicas y mecánicas, impartir color o mejorar la textura superficial.

Catalizador. o iniciador, es una sustancia que inicia y sostiene la reacción química que conduce al endurecimiento de una resina. Es impropriadamente llamado catalizador.

Colchoneta. o Mat conjunto de fibras cortas que se mantienen unidas al azar por medio de un aglutinante.

Composite PRF. Plástico Reforzado con fibra.

Composite PRFA. Material compuesto por fibras de aramida y una matriz.

Composite PRFC. Material compuesto por fibras de carbono unidas por una matriz polimérica.

Composite PRFS. Plástico reforzado con fibra sintética, composite de fibra sintética (aramida, PE.) en matriz polimérica.

Composite TPRFV. Termoplástico reforzado con mats de vidrio.

Compuesto. o composite o compound, mezcla de resinas, cargas, aceleradores, etc., para ser moldeados generalmente con la ayuda de presión y temperatura.

Chop o filamento cortado o chopped strand, son cortes o secciones de fibra de vidrio en longitudes de 0.6 a 5 cm.

Curado. es el cambio de las propiedades físicas de un material por medio de una reacción química que puede ser condensación, polimerización o vulcanización. Generalmente efectuada por la acción de calor y catalizador, solos o combinados con o sin presión.

DIN. Colección de normas alemanas "Deutschen Normenausschus" (DNA) referentes a todos los sectores de la técnica. El significado literal original de la sigla es: "DAS IST NORM".

Desmoldante. o separador o agente de despegue, es una sustancia que impide la adhesión del laminado al molde y facilita su contracción o separación.

Diluyente. sustancia líquida que aumenta el volumen de la solución y reduce el costo y la viscosidad.

Dureza. resistencia a fractura y cargas físicas. Es la resistencia de una sustancia al mellado superficial. En los materiales termoendurentes es un indicador del correcto curado puesto que un curado insuficiente se revela en una dureza inferior al valor normal. Los más usados son dureza Barcol y dureza Rockwell.

Endurecedor. agente de curado o de endurecimiento químico aplicable a resinas epoxi. No es un catalizador porque forma parte del producto final.

Estireno. o monómero o vinilbenceno. Producto que diluye resina poliéster pero al favorecer enlace reticular forma parte del producto. Diluyentes no reticulables se evaporan, caso de disolventes en lacas, tintas y pinturas.

Fiberglas. Nombre comercial del vidrio textil de producción del grupo Owens-Corning Fiberglas Co. de Toledo, Ohio-USA.

Fibra de carbono. Es una fibra hecha de un precursor por procesos de oxidación, carbonización y grafitización.

Fibra de vidrio. filamentos empleados para reforzar materiales plásticos. La fibra de vidrio tipo "E" es el refuerzo mayormente empleado en compuestos plásticos.

Gel. Nombre empleado para designar una masa gelatinosa obtenida de una solución coloidal. La etapa en la que la resina aumenta su viscosidad hasta un estado semisólido o cristalino.

Gel Coat. Capa superficial de resina en un laminado de plástico reforzado. Esta capa proporciona el acabado impartiendo además resistencia química o al intemperismo.

Gramaje. Aplicable a colchoneta, cortada, cosida o de hilo continuo y se expresa en gr/m^2 . Generalmente 300 – 450 – 600 gr/m^2 o su equivalente en onzas/ pie^2 (1, 1.5 y 2 onzas respectivamente).

Hand-lay-up. Disposición a mano en el molde del refuerzo y de la resina para su conformación y curado. Corresponde a nuestra formación a mano por contacto.

Inhibidor. Sustancia que "frena" la reacción química. Empleado en monómeros y resinas para prolongar la vida en almacenamiento.

ISO. Abreviación de "International Standards Organization" o "International Organization for Standardization", Organización Internacional para la Normalización.

Laminado. Unir hojas de material por medio de adhesivo, empleando presión y calor. Se refiere principalmente a hojas planas.

L.C.M. (Liquid Composite Molding) Nombre genérico para una serie de sistemas de moldeo en los que una resina líquida (usualmente poliéster

termofija) cargada o no, se introduce a cavidades de molde (hembra y macho) y se distribuye en el material de refuerzo empleando presiones diferenciales, vacío, presión o ambos, permitiendo su curado. Estas tecnologías híbridas reciben distintos nombre, y se llaman entre otros: VART (Vacumm Assisted RTM), VIPC (Vacumm Infusion Processing), SRIM (Structural Reaction Injection Molding), SCRIMP (Seeman Composites Infusion Molding Process), etc.

Melinex. Película de poliéster fabricado por ICI films que tiene como propósito reemplazar al velo superficie en los paneles.

Micra o Micrón. La milésima parte de 1mm (0,001 mm).

Mil. La unidad usada en mediciones de diámetros de hilos de fibra de vidrio. 1 mil = 0.001 pulgadas.

Mylar. Película de poliéster marca DüPont.

Número Métrico o Nm. Sistema de clasificación de los hilados basado en la expresión “longitud/masa”, se expresa en metros por kilogramo de hilo.

Petalillo. (Woven Roving) Tejido bidireccional (90°) fabricado a partir de roving.

Pigmento. Material finamente dividido e insoluble que imparte color a la sustancia a que es agregada.

Poliéster. Producto resultante de la reacción a temperatura de un ácido y alcohol, con agua como subproducto. En nuestro caso nombre común a los poliésteres no saturados.

Polímero. Compuesto formado por la reacción de moléculas unitarias que tienen grupos funcionales que les permiten combinaciones para obtener elevados pesos moleculares bajo condiciones apropiadas. Los polímeros pueden formarse por polimerización (adición) o policondensación (polímero de condensación). Cuando dos o más monómeros diferentes reaccionan el producto obtenido se llama copolímero. Si los monómeros son iguales sera homopolimerización.

Polimerización. Reacción química en la que las moléculas de monómero se unen entre sí para formar moléculas más grandes y cuyo peso molecular es múltiplo del de la sustancia original.

Post curado. (after bake) En ciertas resinas el curado completo y la obtención de óptimas propiedades mecánicas se logra por medio de la exposición de la resina curada a mayores temperaturas que las del curado inicial. Este segundo paso es llamado post-curado y es requerido ya que si se emplearan temperaturas más altas durante el proceso inicial de curado la velocidad de reacción sería excesiva y no controlable.

Precursor. Para las fibras de carbón y grafito son las fibras de rayón, PAN.

PRFV. Sigla que resulta de la abreviación de las palabras: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio.

Refuerzo. (Reinforcement) Material empleado principalmente para impartir “fuerza” a los productos plásticos, ejemplo: algodón, rayón, fibra de vidrio,

etc. y que es impregnando con la mezcla de plástico. No debe ser empleado como sinónimo de carga.

RIM. Abreviatura de Resin Injection Molding. Método de formación por inyección de resina líquida en un molde cerrado, en el que se ha colocado previamente el refuerzo seco (también RTM de Resin Transfer Molding). No debe confundirse con el estampado por inyección de termoplásticos o premix.

Roving. Filamento de fibra de vidrio en paralelo y sin torsión que forman una cuerda constituida generalmente por 60 cabos.

Sheet Molding Compound o SMC. Material en hoja formado por fibras de vidrio de 10 a 50 mm de largo impregnadas con una resina poliéster de características apropiadas, convenientemente cargada, catalizada, espesada y estabilizada, lista para estampar.

Sílica pirogenada. Material que imparte tixotropía.

Spun roving. Esteras formadas por mechas continuas o hilados voluminizados o rizados.

Tedlar. Es una marca registrada por DüPont para sus películas y productos a base de PVF (Fluoruro de Polivinilo)

Terphane. Es un film de politereftalato de etilenglicol obtenido por un proceso de extrusión en primera plana seguido de un estirado bidimensional. Es fabricado por Rhodia S.A.

Tex. Término empleado para clasificar roving. Se expresa en gramos/unidad de longitud, ejemplo 2400 grs equivale al peso de 1000 mt. de roving.

Tiempo de almacenamiento. (Storage life) Periodo de tiempo durante el cual el material puede ser almacenado bajo condiciones especificadas y permanece con características apropiadas para su uso.

Tiempo de trabajo. (Pot life) Tratándose de una mezcla de resina, el tiempo comprendido entre la catalización y el gelado, tiempo durante el cual la resina debe ser aplicada.

Título de un hilado. Define el "grosor" de un hilado o producto textil cualquiera expresándose en unidades según el sistema adoptado; los títulos que generalmente se utilizan son:

Título en decitex: peso en decigramos de 1 km de hilo

Título en denier: peso en decigramos de 900 m de hilo (aprox. 1000 yardas).

Título en número métrico (Nm): longitud en metros de 1 gramo de hilo.

Título expresado en centenares de yardas por libra.

Velo. (Surfacing Mat) Colchoneta de fibra de vidrio sumamente delgada, que en ocasiones se encuentra estampada o decorada proporcionando así un efecto decorativo. Este material asegura una superficie rica en resina, aumentando la resistencia al intemperismo o agentes químicos y evita además el afloramiento de la fibra de vidrio empleada como refuerzo, su peso varia de 20 40 grs/m².

IV. BIBLIOGRAFIA

- LIBROS

- 1) CCP Cook Composites and Polymers. POLIESTER PRODUCTS APPLICATIONS MANUAL. Editado por CCP, 7th Edition; Kansas City, Missouri, EE.UU; 1990; 175 págs.
- 2) Composites Institute of the Society of The Plastics; INTRODUCCION TO COMPOSITES, Reference Handbook. Editado por SPI; Washington, DC; 1995; 109 págs.
- 3) Dársié Duilio; LOS PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRAS DE VIDRIO PRFV; Editorial América Lee; Bs.A. Argentina; 1986; octava edición; 320 págs.
- 4) De María Ruiz M.R. / Ramos Carpio M.A.; INGENIERIA DE LOS MATERIALES PLASTICOS; Ediciones Diaz de Santos; Madrid; 1987; 347 págs.
- 5) Dubois J. Harry and Pribble Wayne I; PLASTICS MOLD ENGINEERING HANDBOOK, Van Nostrand Reinhold Editorial, New York; 1987; Fourth Edition; 736 págs.
- 6) Gallego Fernández Norma/Martinez Sánchez Ricardo/Peniche Covas Carlos/Prieto Gonzales Sylvia/Rieument Briones Jacques; QUIMICA FISICA DE LOS POLIMEROS; Editorial Científico Técnica; Ciudad de La Habana; 1987; 377 págs.
- 7) Instituto de Seguridad del Trabajo; ADMINISTRACION DEL CONTROL DE PERDIDAS; Editado por Instituto de Seguridad del Trabajo; Santiago de Chile; 1996; 200 págs.
- 8) Koscina Alvarez Dinko Zvonimir y Olmos Jara Angel Miguel. MEMORIA: “PROCESOS DE FABRICACION, ELABORACION Y APLICACIONES DEL POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO FRP”; Universidad de la Serena. Facultad de Ingenieria. Departamento de Mecánica.
- 9) Mc Graw-Hill Companies. “MODERN PLASTICS”. Encyclopedia '97; New York; Págs. A4-G155.
- 10) Meza Honorato Alejandro. “ANALISIS FÍSICO QUÍMICO DE POLIESTERES Y FABRICACIÓN DE PROBETAS CON DIFERENTES TIPOS DE POLIESTERES”; Refinería de Concón. Concón, Chile. 29 págs.
- 11) Michaeli /Wegener/Capella; TECNOLOGIA DE LOS COMPOSITES/PLASTICOS REFORZADOS; Hanser Editorial; Barcelona; 1990; 182 págs.
- 12) Mohr Gilbert, Oleesky Samuel, Shook Gerald, Meyer Leonard; MANUAL SPI DE TECNOLOGIA E INGENIERIA DE PLASTICOS REFORZADOS/COMPUESTOS. Society of the Plastics Industry; Madrid; España; 340 págs.

- 13) Olivares O., Felipe; MANUAL DE DISEÑO EN PLASTICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO. 1º Edición. Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana; Santiago, Chile; 1995; 294 págs.
- 14) Owens Corning Fiberglass Ltda; GUIA DE LAMINAÇÃO MANUAL E A PISTOLA; Editado por Owens Corning Fiberglass Ltda; Sao Paulo, Brasil; 130 págs.
- 15) Parrilla Corzas, Felipe; RESINAS POLIESTER, PLASTICOS REFORZADOS; 14º Edición. Alpha Owens Corning/Méxicana; México, D.F.; Julio, 1998; 359 págs.
- 16) Seymour Raymond B.; INTRODUCTION TO POLYMER CHEMISTRY; International Student Edition; Mc Graw Hill; Kogarusha, Ltd. Tokyo; 1971; 437 págs.
- 17) Vitrofibras S.A.; FIBRA DE VIDRIO. REFUERZO DE PLASTICOS; Editado por Vitrofibras; México D.F.; 1996; 2da. Edición; 145 págs.
- 18) Xavier de Carvalho, Francisco José; FIBERGLASS x CORROSÃO; Brasil; 1992; 441 págs.

- REVISTAS

- 1) AENOR; 1987; "Placas onduladas y nervadas traslúcidas de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Características y métodos de ensayo". Norma Española.
- 2) AENOR; 1990; "Plásticos reforzados con fibra de vidrio. Determinación de la pérdida al fuego". Norma Europea ENGO.
- 3) AMBITEC; 1998; Propuesta técnica planta de tratamiento de Riles POLITEC S.A. Págs. 1 al 14.
- 4) BASF; March 1974; "Methods of producing GRP articles" Technical Information. Págs 1-14.
- 5) BASF Española S.A.; Enero 1979; "Estabilidad química de las marcas de Palatal reforzados con fibras de vidrio". Información técnica. Págs. 1-29.
- 6) Bour Thomas C. / PPG Industries and Bob Lacovaryl / CFA; Sep. 95; "Snapshots. Manufacturing Glass Fiber". Revista Composites Fabrication . Págs. 7-12.
- 7) British Standards Institution; 1973; "Specification for E Glass Fibre Chopped Strand Mat for the Reinforcement of Polyester Resin Systems". BS 3496; 1973; 13 págs.
- 8) Carvalho Filho. 23 y 24 Mayo 1984; "Dimensionamiento estructural de laminados en fibra de vidrio" III Congreso Brasileiro de Plástico Reforzado. Págs 1-46.
- 9) Chirpich Larry March 1994. "How easy is Gel coating". Revista Fabrication News. Págs 17 a20
- 10) DU Pont; 1985; "Mylar Polyester Film. Setting the Standard"; Manual técnico de films para trabajos en laminado continuo y manual. Págs. 1-10.
- 11) Durán de la Fuente Hernán. Año2 -Nº7- Marzo-Abril 1994; "Hurgando en la Basura". Revista de Descontaminación industrial , Recursos Energéticos y Ecología, INDUAMBIENTE. Págs. 6-18.
- 12) F.R."Rick" Vees/Knytex Company. Sep. 95; "Picking Knit. Knit Fabrics Demystified". Revista Composites Fabrication. Págs. 13-21
- 13) FEMOGLAS; 1994; "Producción de Láminas de Plástico Reforzado con Cubrimientos de "Melinex 301"". Boletín Técnico. Págs. 1-11.
- 14) Fiberglas Canada Inc. Editorial Offices. Summer 1987. "High-performance panels replace asbestos siding". Diario Fiberglas Canada Inc. RP. Report. Pág. 1.
- 15) Gallagher Ronal B. And Clinton H. Robinson/Atochem North America Inc. April 95; "Understanding Methyl Ethyl Ketone Peroxides". Revista Composites Fabrication. Págs. 8-12.
- 16) Gili Enric y Fermín Capella. Dic. 1994-Enero 1995; "Colorantes y pigmentos: Herramienta de imagen de los plásticos". Revista Plásticos Universales; Págs 56 a 66.
- 17) HARTING; 1996; "Catálogo Técnico de Resinas para Aplicaciones en Plásticos Reforzados con Fibras de Vidrio". Págs. 1-28.

- 18) ICI. Films; 1988; "Health and Safety Aspects of "Melinex" Polyester Film". Manual Técnico de Información de películas protectoras.
- 19) IRANOR; 1975; "Materiales Plásticos. Determinación de la Resistencia Química de Materiales Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio".
- 20) IST. Instituto de Salud del Trabajo; Mayo 1995; "Amenaza potencial de los solventes para la salud y la productividad"; Revista Noticias de Seguridad; pág. 4-10; 33-36; 46.
- 21) Jorquera Patricio. "Tecnología de Polímeros. Pultrusión". Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas IDIEM. ID688; Págs. 1-25.
- 22) Laguna Castellanos. Centro de Ingeniería de Polímeros, CIP Chile, Vol 5, año2; 1997; "Procesos de transformación de Plásticos: Pultrusión"; Revista Polímeros aplicados; Págs 59-68.
- 23) Madruga E.L.; Junio 1995; "Para que sirven los polímeros". Revista de Plásticos Modernos; Nº 468; Págs. 524-530.
- 24) Manolis Sherman Lilli; Julio 1995; "Nuevas Resinas, Alta Tenacidad y otras propiedades deseables"; Revista Tecnología del plástico; Edición 59; Págs 18-34.
- 25) Naitove Matthew H. y Paul Dickard. Agosto-Sept 86; "Plásticos reforzados". Revista Tecnología del Plástico. Nº8. Págs 6-16.
- 26) Owens Corning Fiberglass; June 1979; "Recommended Testing Procedures for Polyester Resins. Contact Molding". Folleto técnico; 31 págs.
- 27) PROYECTAM. 1998. Propuesta Técnica Planta de Riles POLITEC S.A. Págs. 1-8.
- 28) RHÖNE-Poulenc Chile; 1993; "Terphane. Film de Polyester". Manual Técnico de películas de poliéster para trabajos en laminado continuo. Págs. 1-6.
- 29) Scott Crump/ Cook Composites and Polymers. Nov/Dec.95. "Evaluating the durability of Gel Coats using outdoor and accelerated weathering techniques". Revista Composites Fabrication. Págs 9-14.
- 30) Steinman Gary March 1994. "Gel coat Manufacturing". Revista Fabrication News. Págs 10-13.
- 31) Strong Brent. November-December 1996. "Controlling Polyester Curing". Revista Composites Fabrication. Págs. 14-18.
- 32) Studenberg Joseph E. March 1994. "High Performance Gel coats". Revista Fabrication News. Págs 14-16.
- 33) Sumerak Joseph E. " Por primera vez se comprenden las variables de la pultrusión". Condensado de Exposición en la Conferencia del SPI sobre Plásticos reforzados y composites en Atlanta. Págs. 44-48.
- 34) Torres E. Santiago. Set-Oct.97. "Los residuos al banquillo". Revista Induambiente. Año 5-Nº28; Págs. 14-54.
- 35) Vitro fibras S.A.; "Normas de Seguridad. Recomendaciones para el manejo de la resina poliéster y sus reactivos". Págs. 1-11.
- 36) Vitro fibras S.A.; 1995; "Control práctico de materias primas y terminadas de plástico reforzado con fibra de vidrio". Boletín técnico. Págs. 1-15.

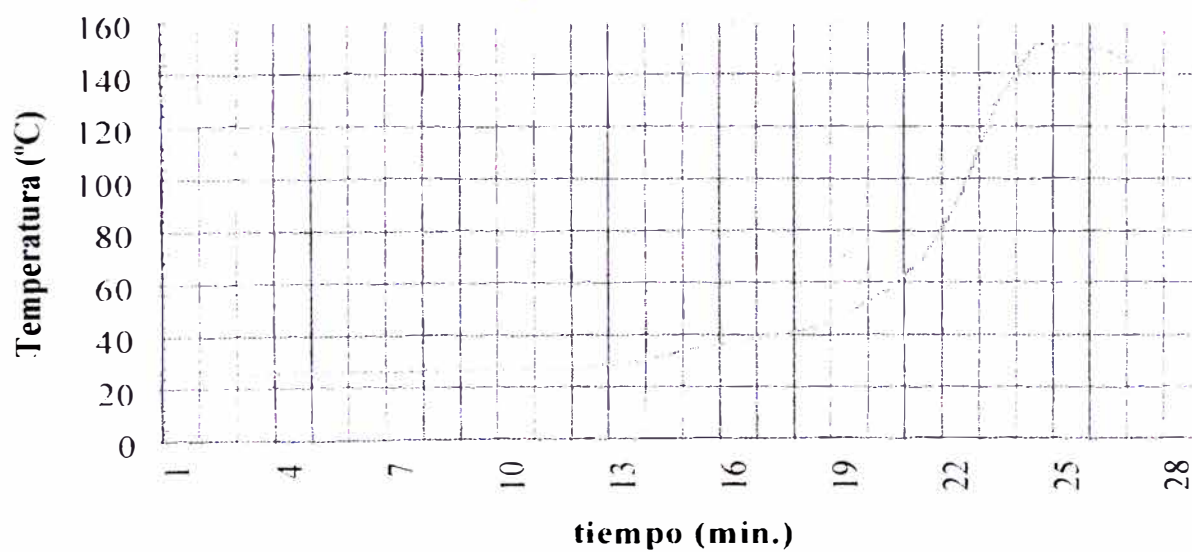
- 37) Weber Ken and Frank Long/The Norac Company, Inc. April 95; "The Pros and Cons of Dual Catalyst Systems". Revista Composites Fabrication. Págs 14-18.
- 38) Westinghouse R & D Center. Feb. 87. "Cura de Pinturas y acabados por radiación ultravioleta". Revista Industria Internacional. Vol 16. Nº1. Pág 40.
- 39) Zwecker J. Agosto 1993. "Nuevas resinas de poliester insaturado con baja emisión de estireno". Revista Plásticos reforzados/Composites. Año 2. Nº5. Págs 16-19.

V. APENDICES

V.1 Desarrollo de la reacción de polimerización de una resina

tiempo (min.)	Temperatura (°C)	tiempo (min.)	Temperatura (°C)
1	25.3	15	35.3
2	25.5	16	37.3
3	25.7	17	39.7
4	26	18	42.7
5	26.1	19	48.2
6	26.3	20	56.9
7	26.5	21	69.1
8	26.7	22	93.2
9	26.9	23	129.9
10	27.1	24	151.3
11	27.5	25	152
12	28	26	148.4
13	29	27	142.8
14	32.2	28	138.8

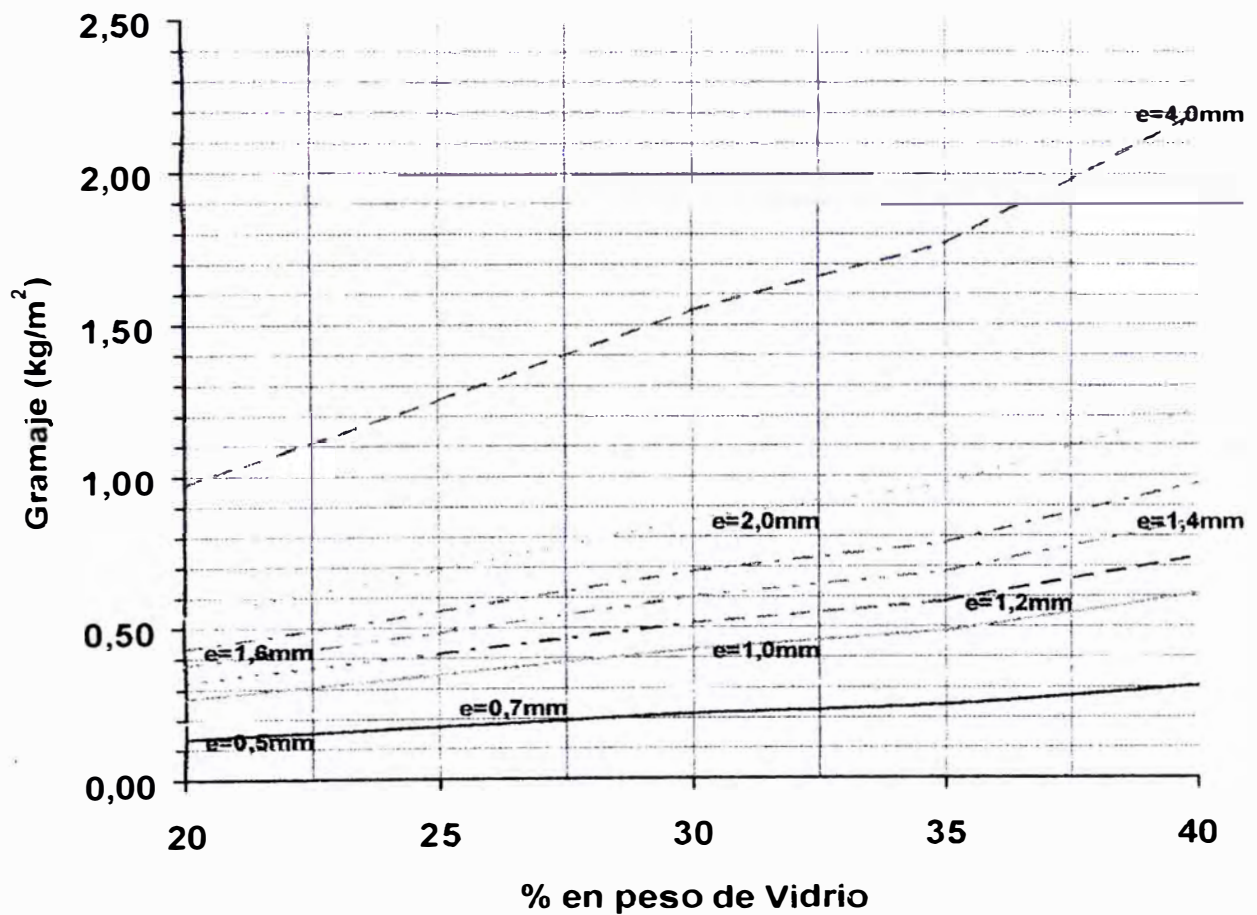
Ensayo de Gel Time



V.2 Diagrama de Gramajes de fibra en función del espesor del laminado.

R/f	% peso de vidrio	Espesores (mm)							
		0.5mm	0.7mm	1.0mm	1.2mm	1.4mm	1.6mm	2.0mm	4.0mm
4:1	20	0.134	0.188	0.269	0.322	0.376	0.430	0.537	0.971
3:1	25	0.173	0.242	0.346	0.415	0.484	0.554	0.692	1.250
2 ⅓:1	30	0.214	0.300	0.428	0.514	0.600	0.685	0.857	1.548
2:1	35	0.243	0.340	0.486	0.583	0.681	0.778	0.972	1.756
1 ½:1	40	0.305	0.427	0.610	0.731	0.853	0.975	1.219	2.202

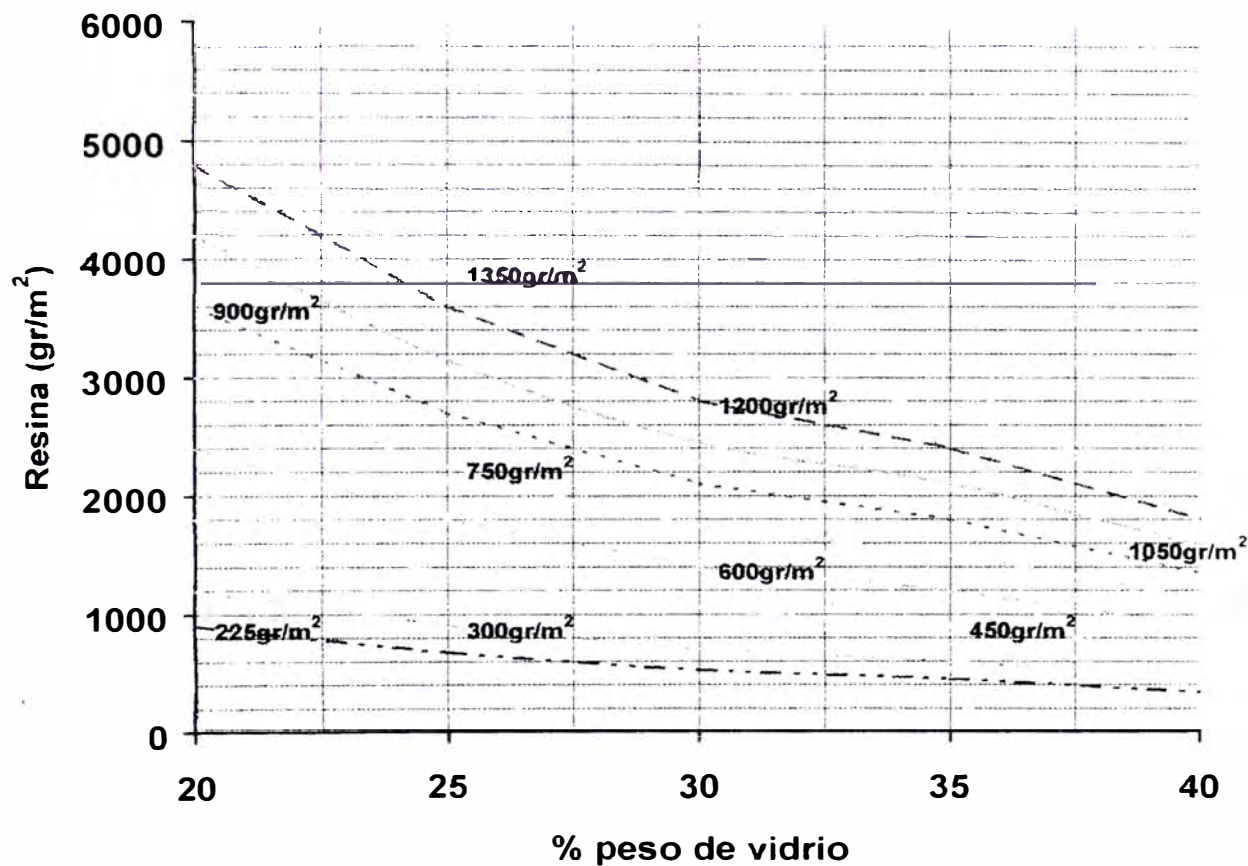
Gramajes de fibra de vidrio (kg/m²)



V.3 Consumos de Resina en función del gramaje de fibra de vidrio

R/f	% peso de vidrio	Fibra (gr/m^2)								
		225 (gr/m^2)	300 (gr/m^2)	450 (gr/m^2)	600 (gr/m^2)	750 (gr/m^2)	900 (gr/m^2)	1050 (gr/m^2)	1200 (gr/m^2)	1350 (gr/m^2)
Consumos de Resina (gr/m^2)										
4:1	20	900	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400
3:1	25	675	900	1350	1800	2250	2700	3150	3600	3900
$2\frac{1}{3}$:1	30	525	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150
2:1	35	450	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700
$1\frac{1}{2}$:1	40	338	450	675	900	1125	1350	1575	1800	2025

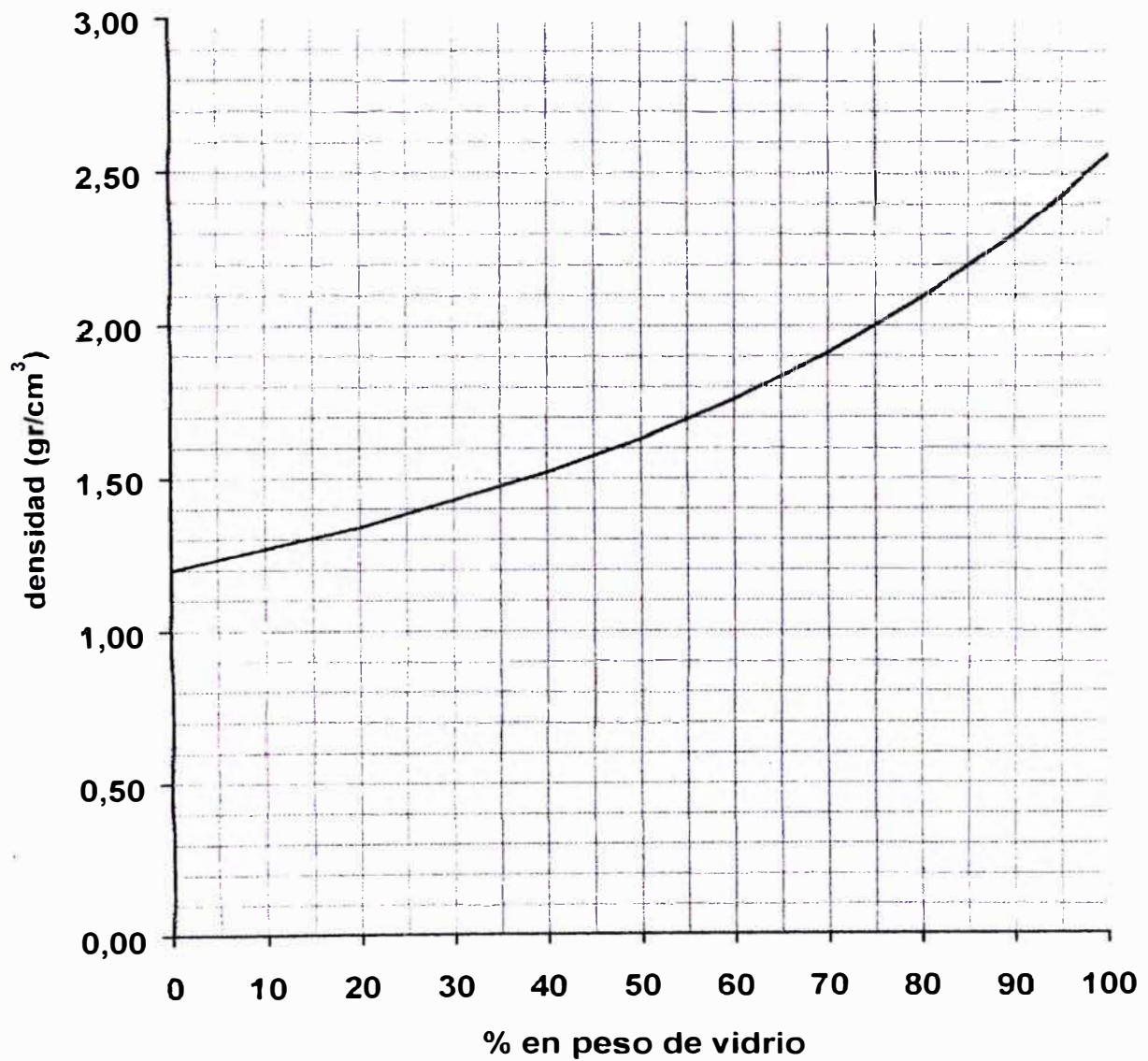
Consumos de Resina (gr/m^2)



V.4 Densidad del laminado (según % en peso de vidrio)

% en peso de vidrio	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Densidad (gr/cm^3)	1.20	1.27	1.34	1.43	1.52	1.63	1.76	1.91	2.09	2.30	2.56

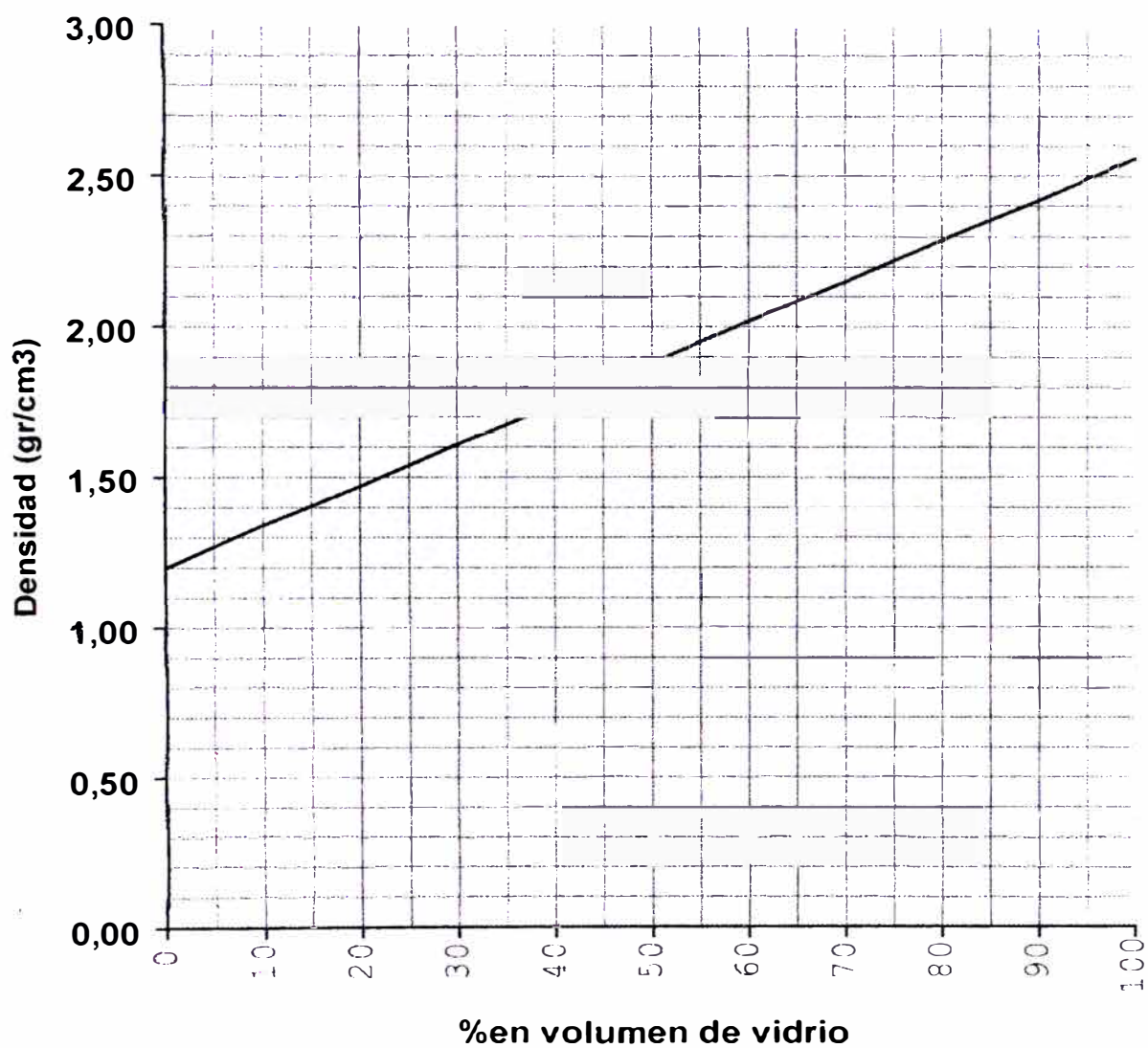
Densidad del Laminado (gr/cm^3)



V.5 Densidad del laminado (según % en volumen de vidrio)

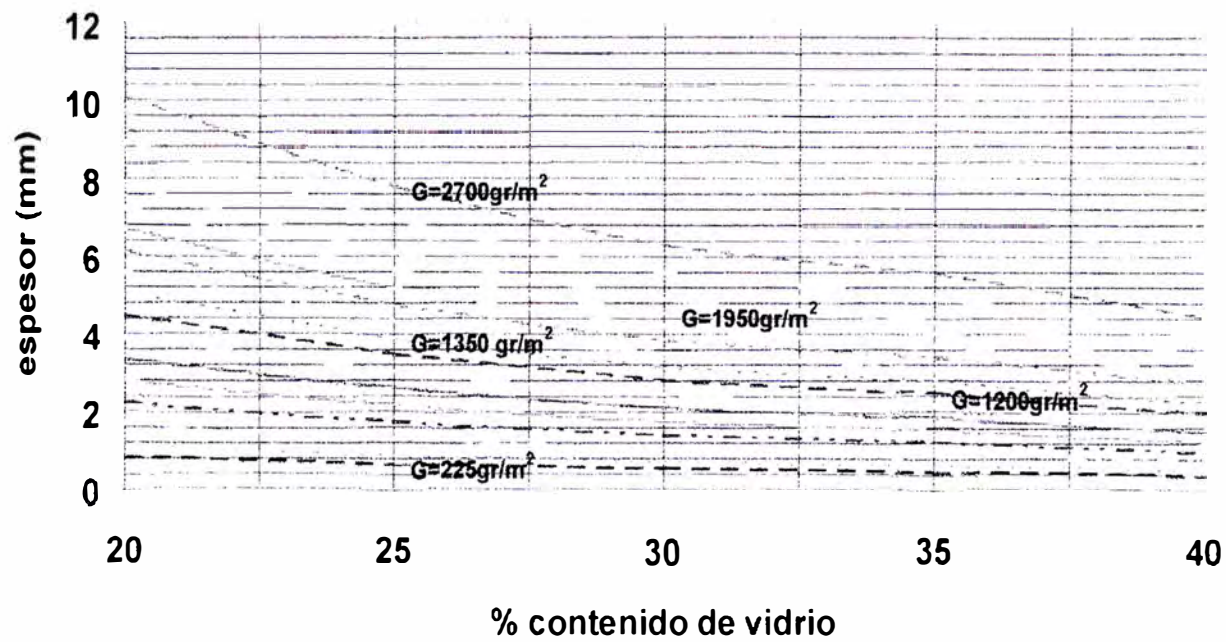
% en volumen de vidrio	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Densidad (gr/cm ³)	1.20	1.34	1.47	1.61	1.74	1.88	2.02	2.15	2.29	2.42	2.56

Densidad del laminado (gr/cm³)



V.6 Diagrama de Espesores de laminado en función de los % en peso de vidrio y resina.

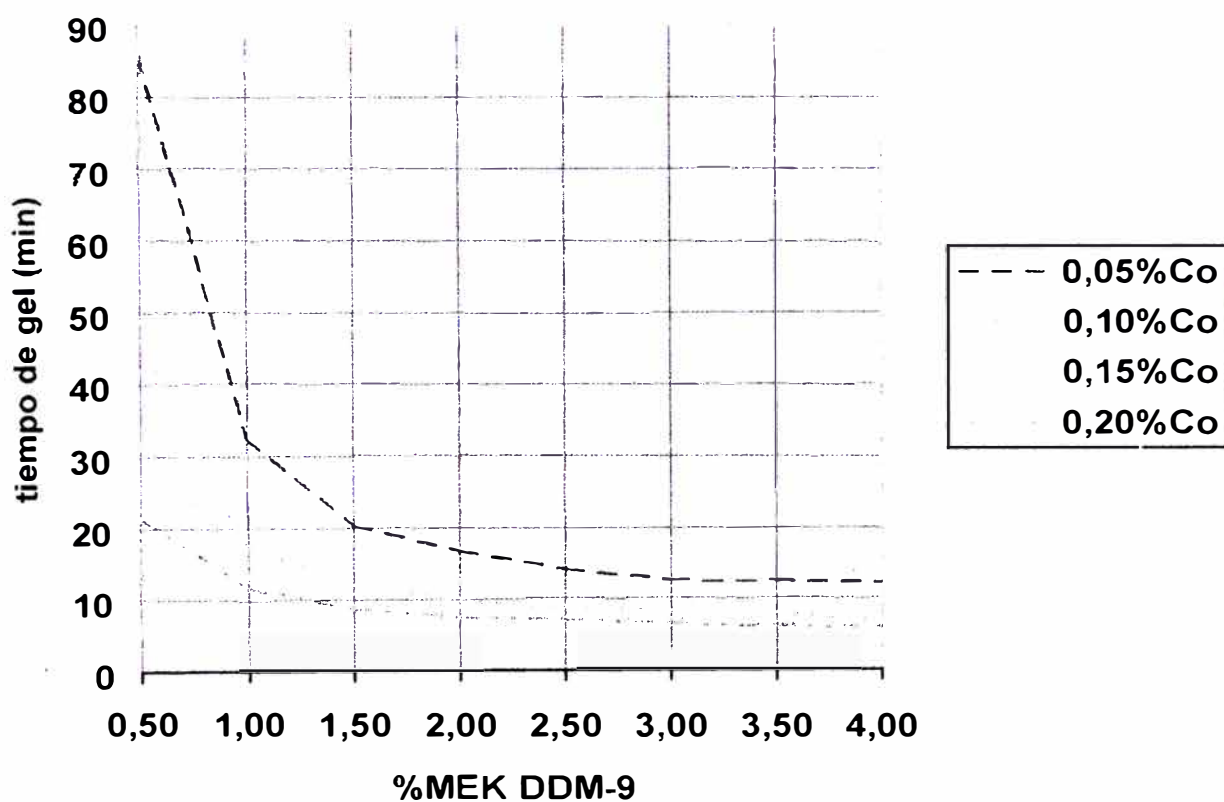
R/f	% en peso de vidrio	Gramajes (gr/m^2)															
		225	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2400	2700
		Espesores (mm)															
4:1	20	0.84	1.12	1.68	2.23	2.79	3.35	3.91	4.47	5.03	5.59	6.14	6.70	7.26	7.82	8.94	10.1
3:1	25	0.65	0.87	1.30	1.73	2.17	2.60	3.04	3.47	3.90	4.34	4.77	5.20	5.64	6.07	6.94	7.80
$2\frac{1}{3}$:1	30	0.53	0.70	1.05	1.40	1.75	2.10	2.45	2.80	3.15	3.50	3.85	4.20	4.55	4.90	5.60	6.30
2:1	35	0.46	0.62	0.93	1.23	1.54	1.85	2.16	2.47	2.78	3.09	3.39	3.70	4.01	4.32	4.94	5.55
$1\frac{1}{2}$:1	40	0.37	0.49	0.74	0.98	1.23	1.48	1.72	1.97	2.21	2.46	2.71	2.95	3.20	3.45	3.94	4.43



V.7 Tiempos de gel de Resina P-40JE (resina ortoftálica, para usos generales), a diferentes dosificaciones de Acelerante de Cobalto al 10% y de Peróxido de MEK

%MEK (DDM-9)	0.05% Co	0.10% Co	0.15% Co	0.20% Co
	Tiempos de gel a 25°C (min.)			
0.5	85.60	46.32	31.87	21.58
1.0	32.55	17.13	13.55	11.75
1.5	20.22	12.17	9.22	8.70
2.0	16.67	9.80	8.02	7.50
2.5	14.15	8.75	7.20	6.97
3.0	12.42	8.17	6.98	6.43
3.5	12.38	7.83	6.47	6.03
4.0	12.00	7.10	5.75	5.82

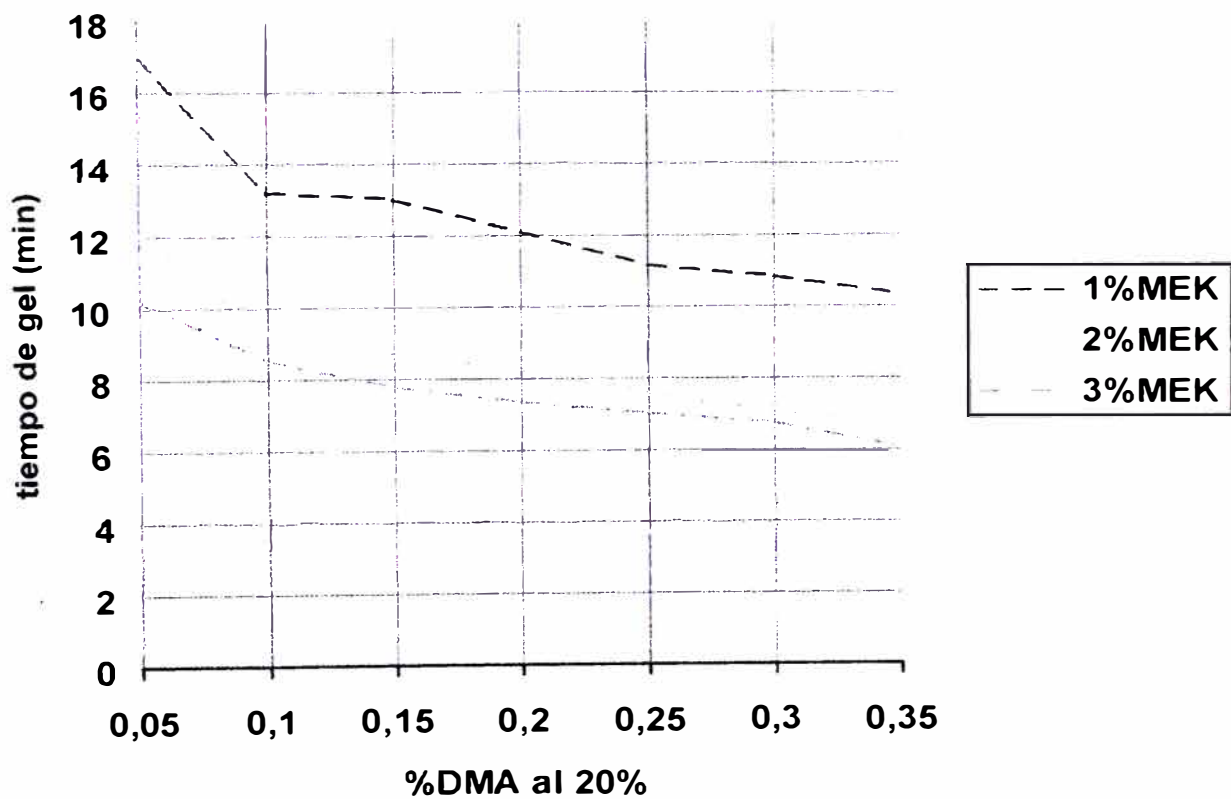
Resina P-40JE con Co al 10%



V.8 Tiempos de gel de Resina P-40 JE (resina ortoftálica, para usos generales) acelerada con 0.1% de Cobalto al 6%, para diferentes dosificaciones de DMA (dimetilanilina) y de peróxido de MEK DDM-9.

% DMA al 20%	1% MEK	2% MEK	3% MEK
	Tiempo de gel a 25°C (min.)		
0.05	16.92	12.07	10.20
0.10	13.20	9.28	8.53
0.15	13.03	8.73	7.77
0.20	12.10	8.25	7.35
0.25	11.17	7.60	7.03
0.30	10.83	7.08	6.75
0.35	10.33	6.83	6.05

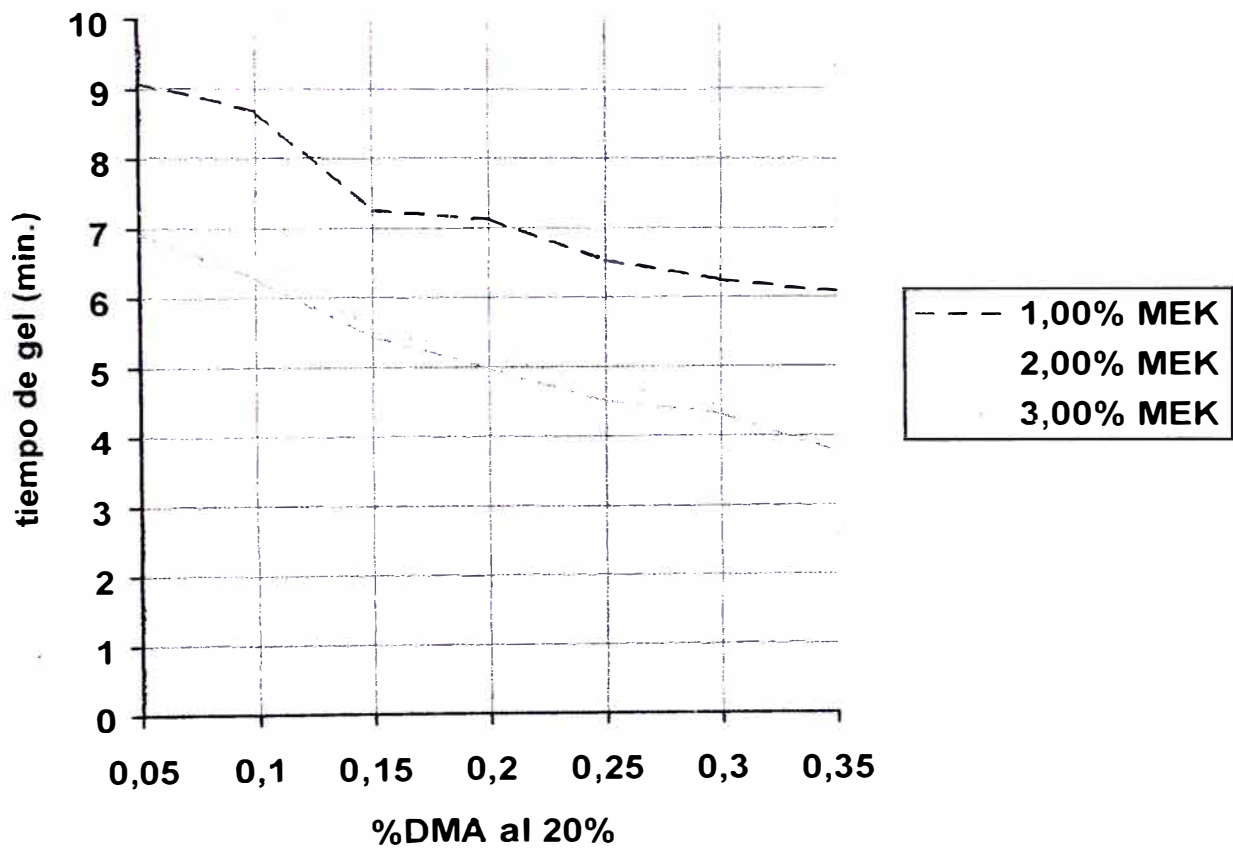
Resina P 40 JE con 0.1%Co al 6%



V.9 Tiempos de gel de Resina P 40JE (resina ortoftálica, para usos generales), acelerada con 0.2% de Cobalto al 6%, para diferentes dosificaciones de DMA (dimetilnilina) al 20% y Peróxido MEK DDM-9.

% DMA al 20%	1% MEK	2% MEK	3% MEK
	Tiempo de gel a 25°C (min.)		
0.05	9.08	7.25	6.93
0.10	8.68	6.75	6.28
0.15	7.25	5.53	5.43
0.20	7.12	5.17	4.97
0.25	6.53	4.73	4.50
0.30	6.23	4.43	4.32
0.35	6.07	4.00	3.75

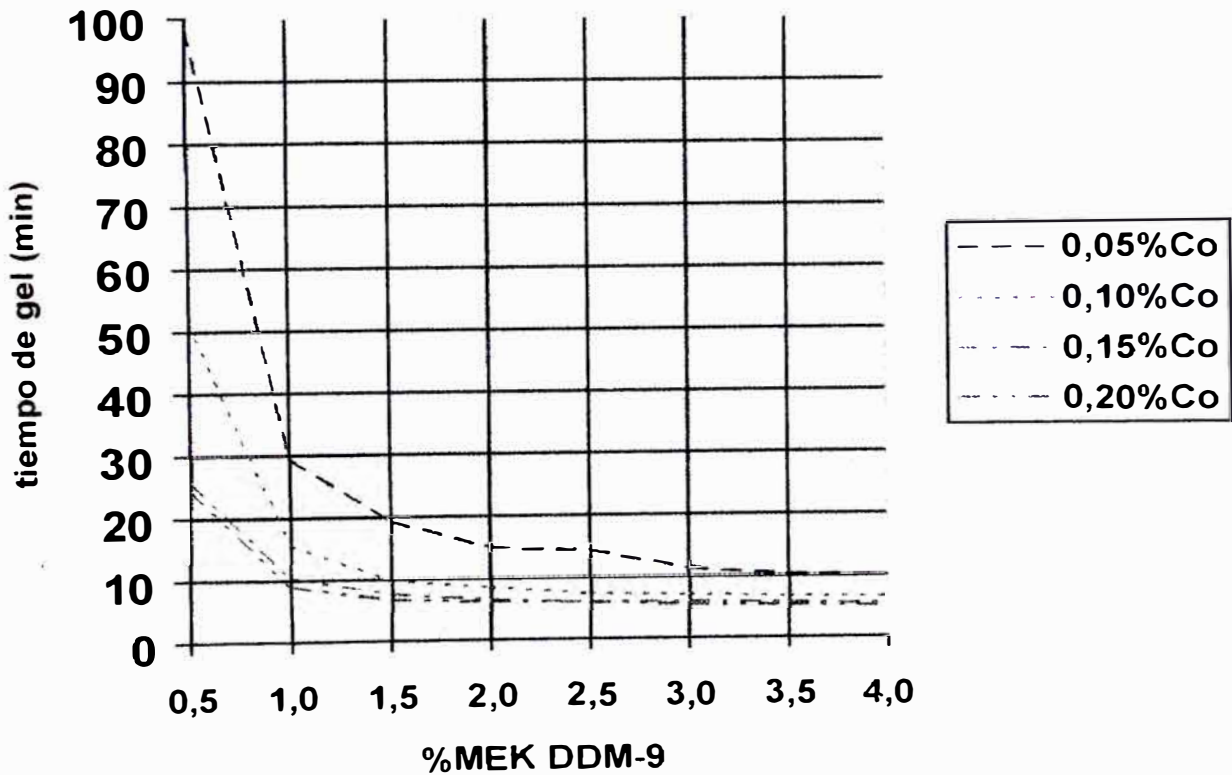
Resina P 40JE con 0.2% Co al 6%



V.10 Tiempos de Gel de Resina P – 90L (resina ortoftálica, de uso en laminación continua), a diferentes dosificaciones de Acelerante de Cobalto al 10% y de Peróxido de MEK

%MEK (DDM-9)	0.05%Co	0.10%Co	0.15%Co	0.20%Co
	Tiempo de Gel a 25°C (min.)			
0.5	98.37	51.40	25.58	24.3
1.0	29.55	15.58	10.33	8.92
1.5	19.23	9.73	7.6	6.68
2.0	14.98	8.55	6.57	6.17
2.5	14.50	7.35	6.00	5.92
3.0	11.17	7.03	5.92	5.43
3.5	10.20	6.72	5.67	5.28
4.0	10.02	6.50	5.42	5.10

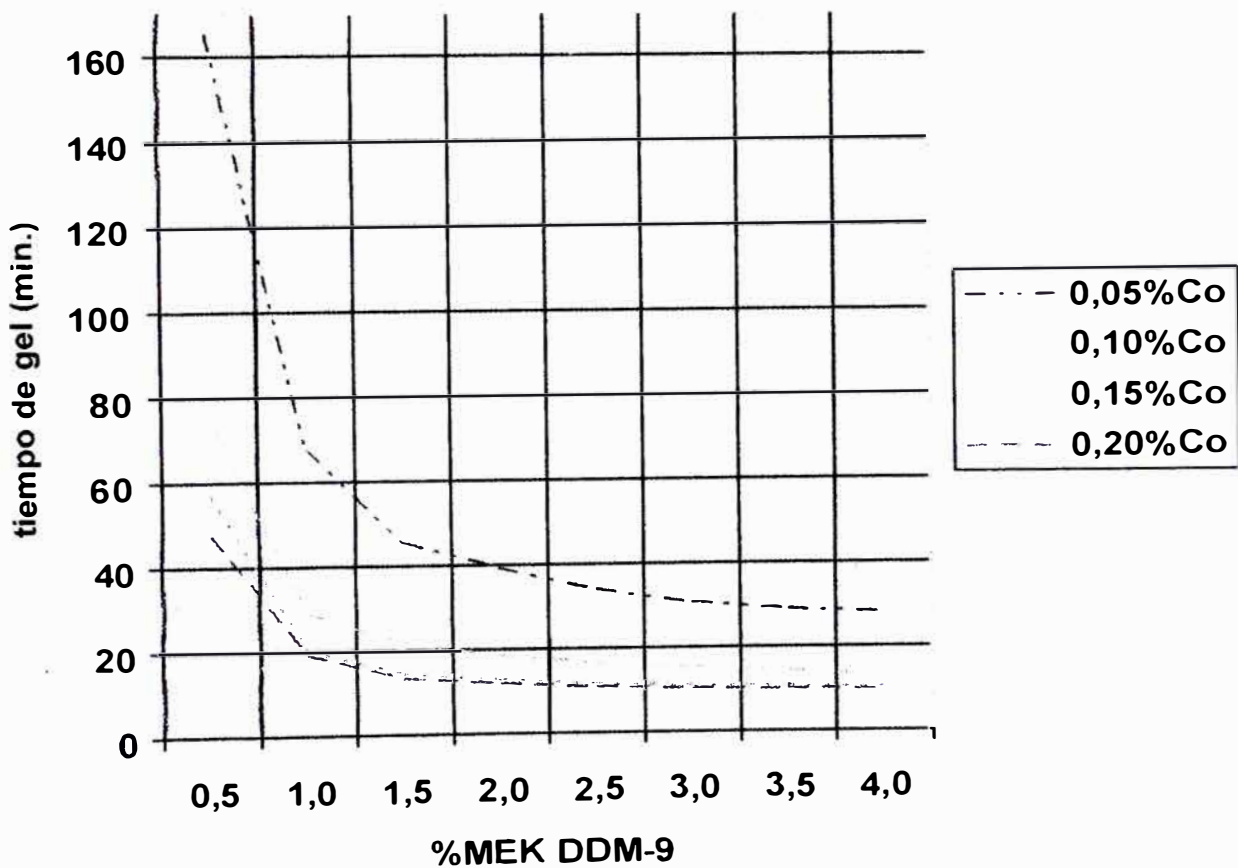
Resina P-90L con Co al 10%



V.11 Tiempos de gel de Resina 320L formulada (resina clorédica), a diferentes dosificaciones de Acelerante de Cobalto al 10% y de Peróxido de MEK.

%MEK (DDM-9)	0.05%Co	0.10%Co	0.15%Co	0.20%Co
	Tiempo de gel a 25°C (min.)			
0.5	165.2	74.50	56.92	47.40
1.0	67.32	29.18	20.20	19.12
1.5	45.62	21.60	14.53	13.50
2.0	39.25	18.70	12.98	12.07
2.5	34.07	16.57	11.70	11.02
3.0	30.72	15.18	11.07	10.43
3.5	29.08	14.35	10.80	10.17
4.0	28.17	13.17	10.33	9.93

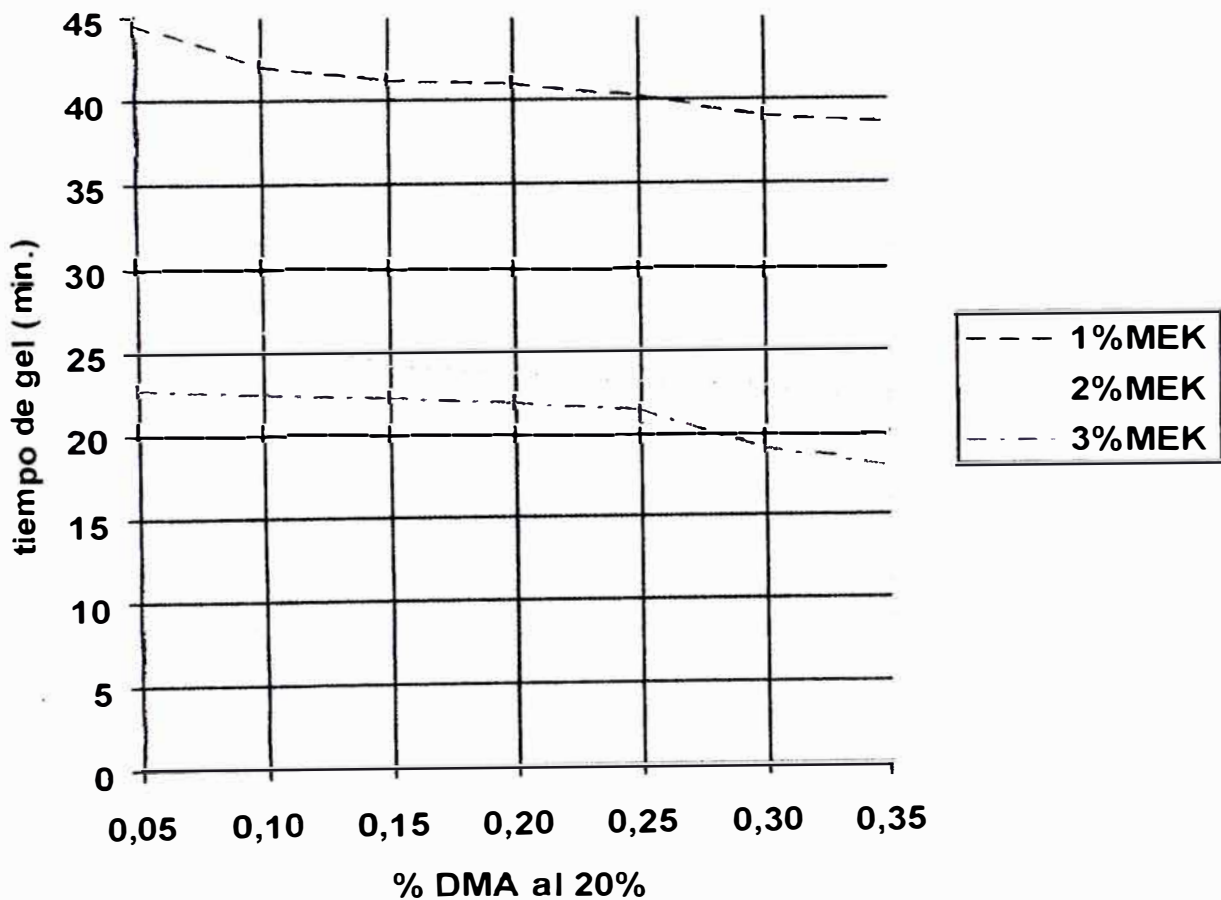
Resina P-320L con Co al 10%



V.12 Tiempos de gel de Resina P-320L (resina clorédica), acelerada con 0.1% de Cobalto al 6%, para diferentes dosificaciones de DMA (dimetilnilina) y de peróxido de MEK DDM-9.

%DMA al 20%	1% MEK	2% MEK	3% MEK
	Tiempo de gel a 25°C (min.)		
0.05	44.60	27.15	22.82
0.10	42.10	26.17	22.50
0.15	41.25	24.10	22.30
0.20	41.05	23.63	21.95
0.25	40.20	23.07	21.50
0.30	39.10	22.77	19.13
0.35	38.70	21.82	18.03

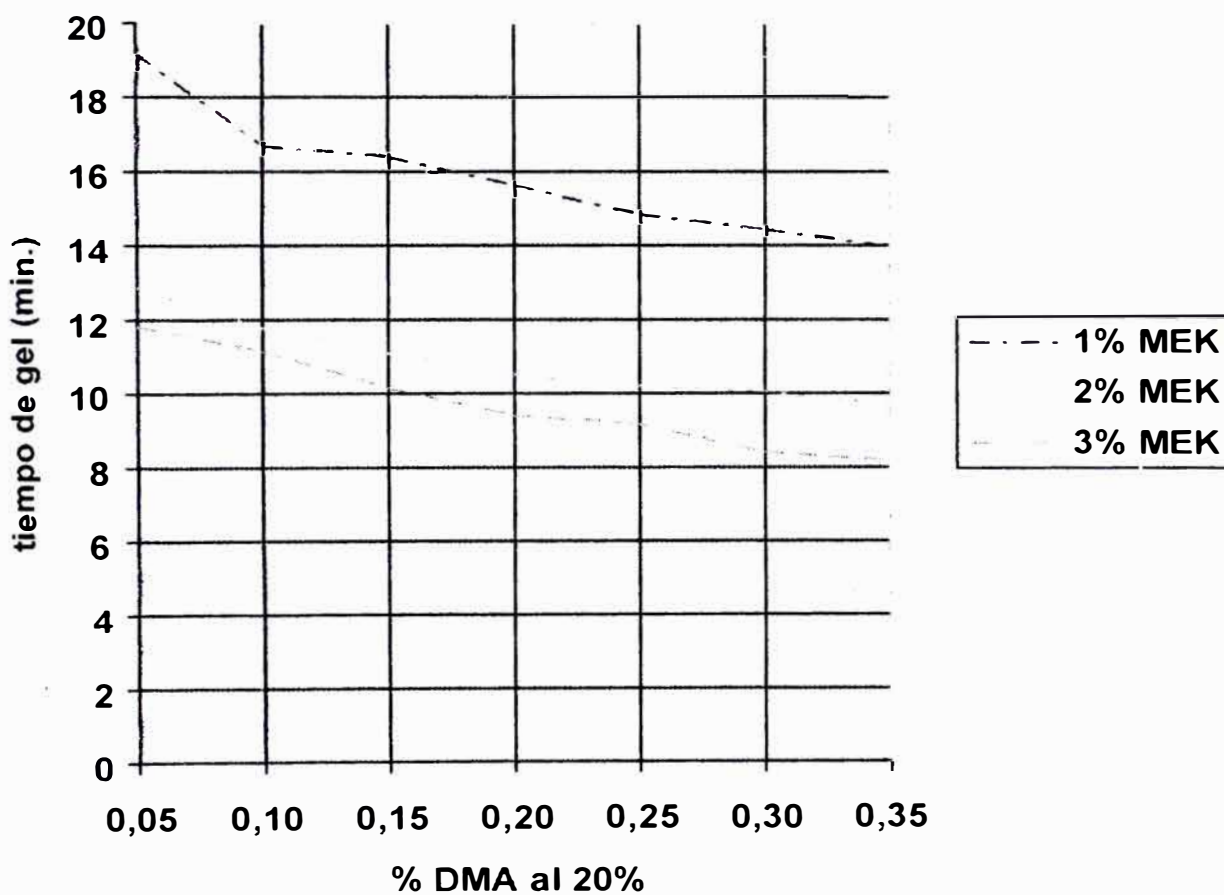
Resina P-320L con 0.1%Co al 6%



V.13 Tiempos de gel de Resina P 320L (resina clorédica), acelerada con 0.2% de Cobalto al 6^o, para diferentes dosificaciones de DMA (dimetilanilina) al 20% y Peróxido MEK DDM-9.

% DMA al 20%	Tiempo de gel a 25°C		
	1% MEK	2% MEK	3% MEK
0.05	19.20	12.87	11.82
0.10	16.68	11.78	11.15
0.15	16.40	11.08	10.15
0.20	15.62	10.52	9.40
0.25	14.83	10.20	9.17
0.30	14.42	10.05	8.40
0.35	13.97	9.67	8.17

Resina P-320L con 0.2% Co al 6%



V.16 Formato de Registro de Consumos en Laminación Manual
CONSUMO DIARIO DE LAMINADO MANUAL

Fecha:

Hora	Resina	Tipo	Co	P.C.	Estireno	Parafina	MF-K	Temp.	Producto	Serie	Color
Totales											

V. 17 Formato de Registro de Productos Terminados en Laminación Manual
PRODUCCION DIARIA DE LAMINADO MANUAL

Supervisor encargado:

Fecha:

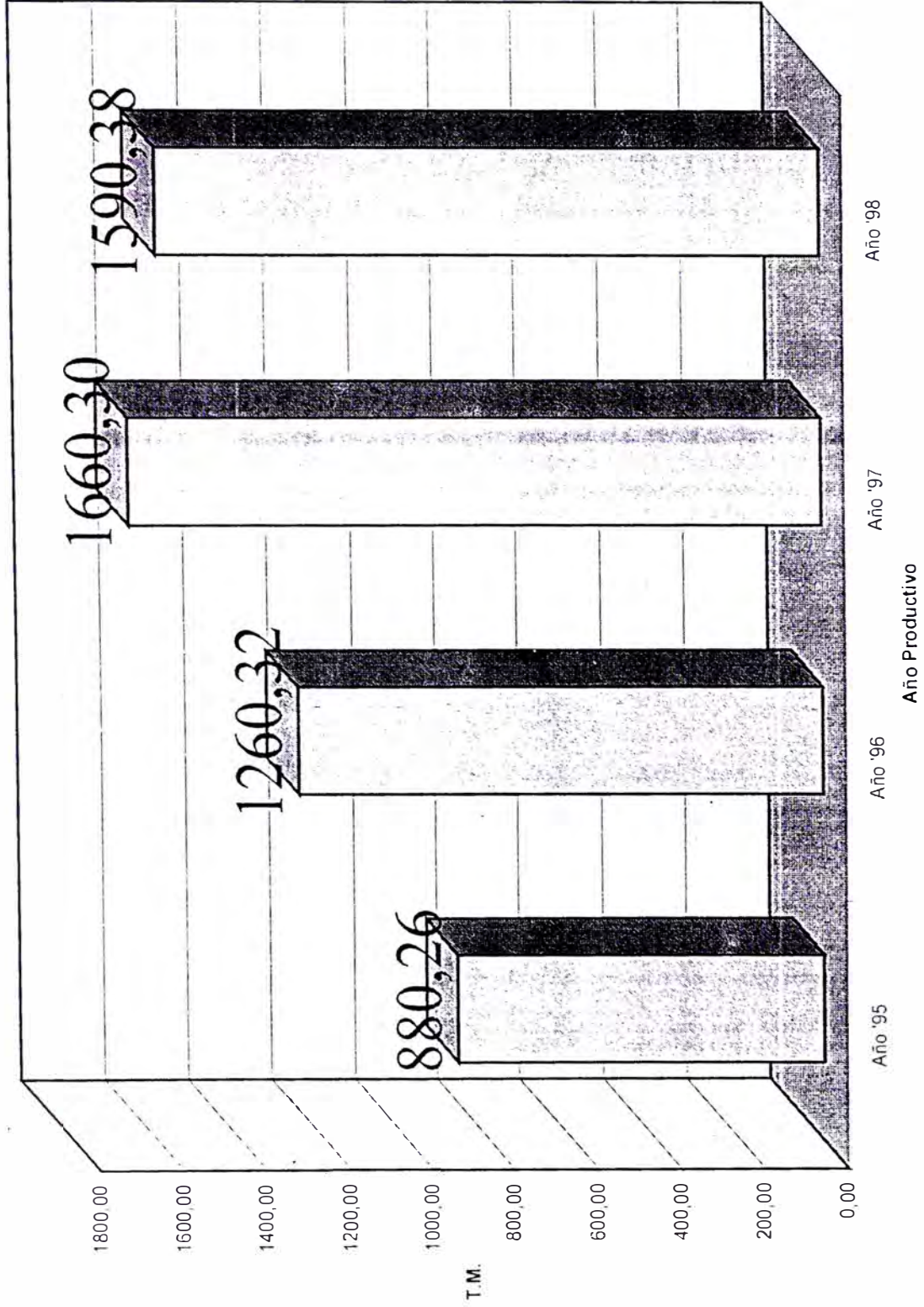
Cantidad	Producto	Descripción	Color	Serie	Mat 225	Mat 300	Mat 450	Velo	Desarrollo	ancho corte	largo corte
TOTALES											

V.18 Formato de Registro de Horas-Hombre

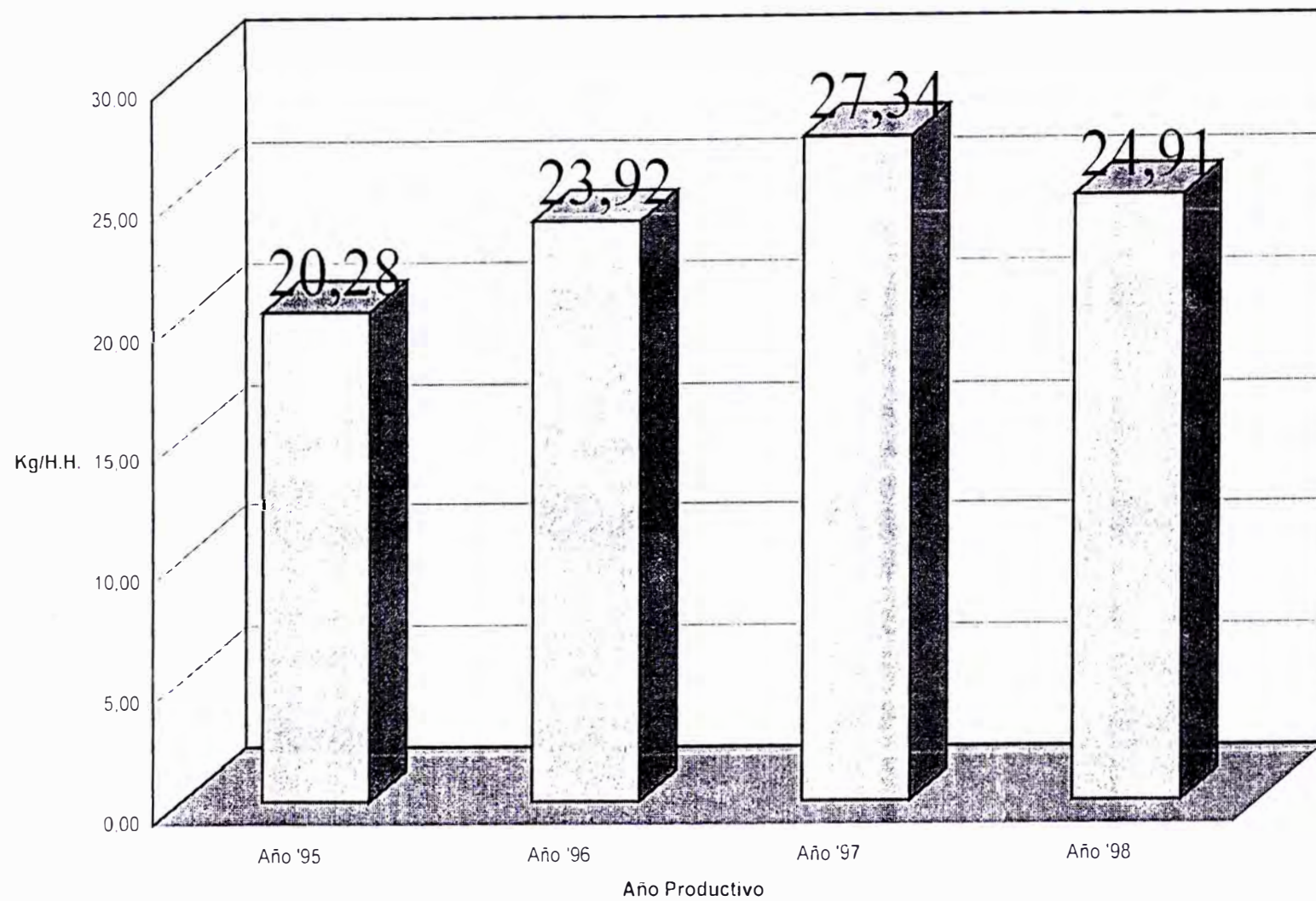
INFORME DE HORAS - HOMBRE TRABAJADAS

FECHA:.....		MANUAL							MAQUINA No		SUPERVISOR		
	D/N	Código	H. Norm	H. Sobret.	Mantenció	Superv.	Accid	Vacac	Sindicato	Enf C/lic	Faltas c/p	Faltas s/p	Colación
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
TOTALES =													
HH PAGADAS=			<input type="text"/>	HH TOTALES=			<input type="text"/>						

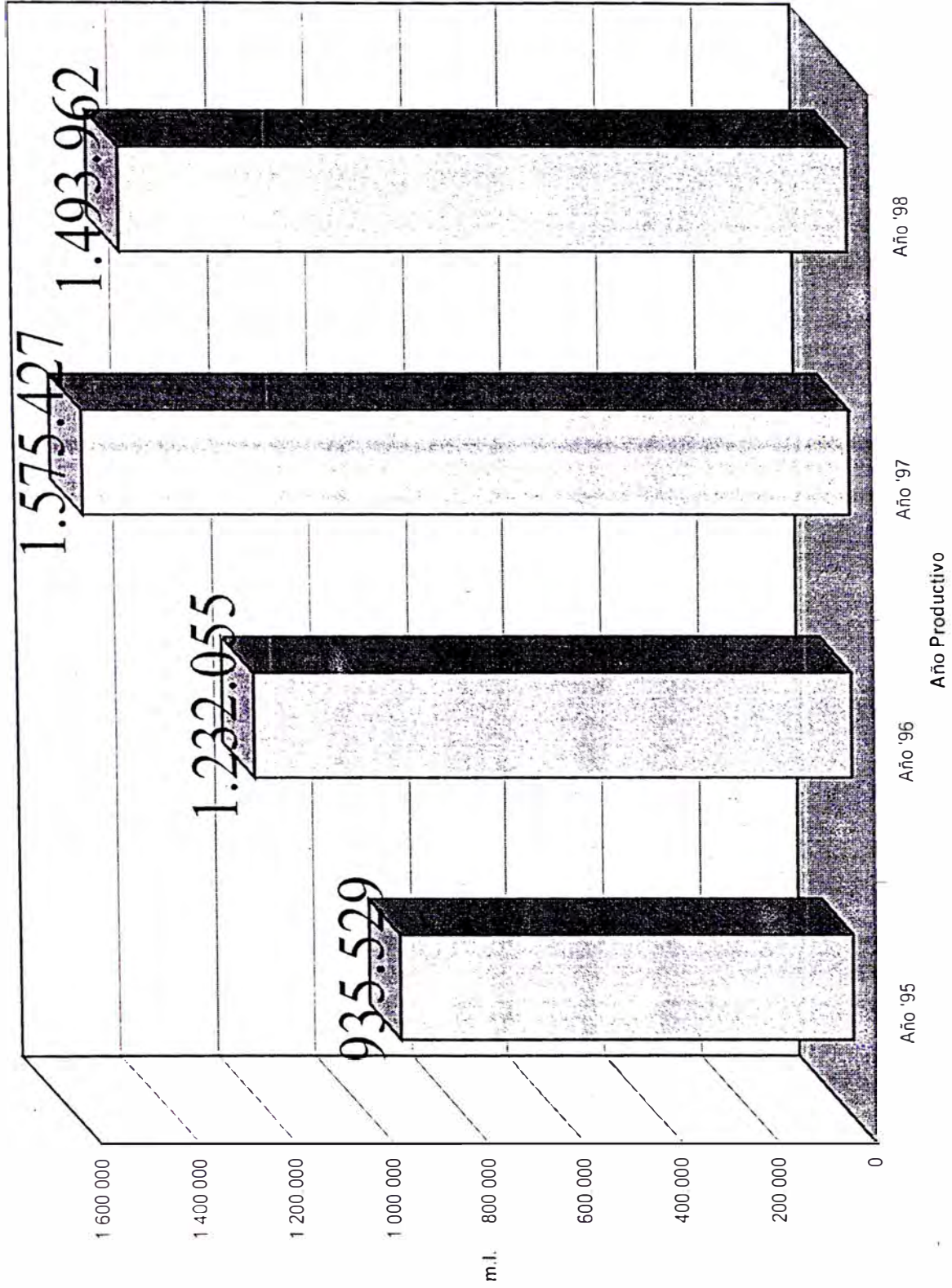
V. 19 PRODUCTIVIDAD: Tonelaje de Mezcla Procesada



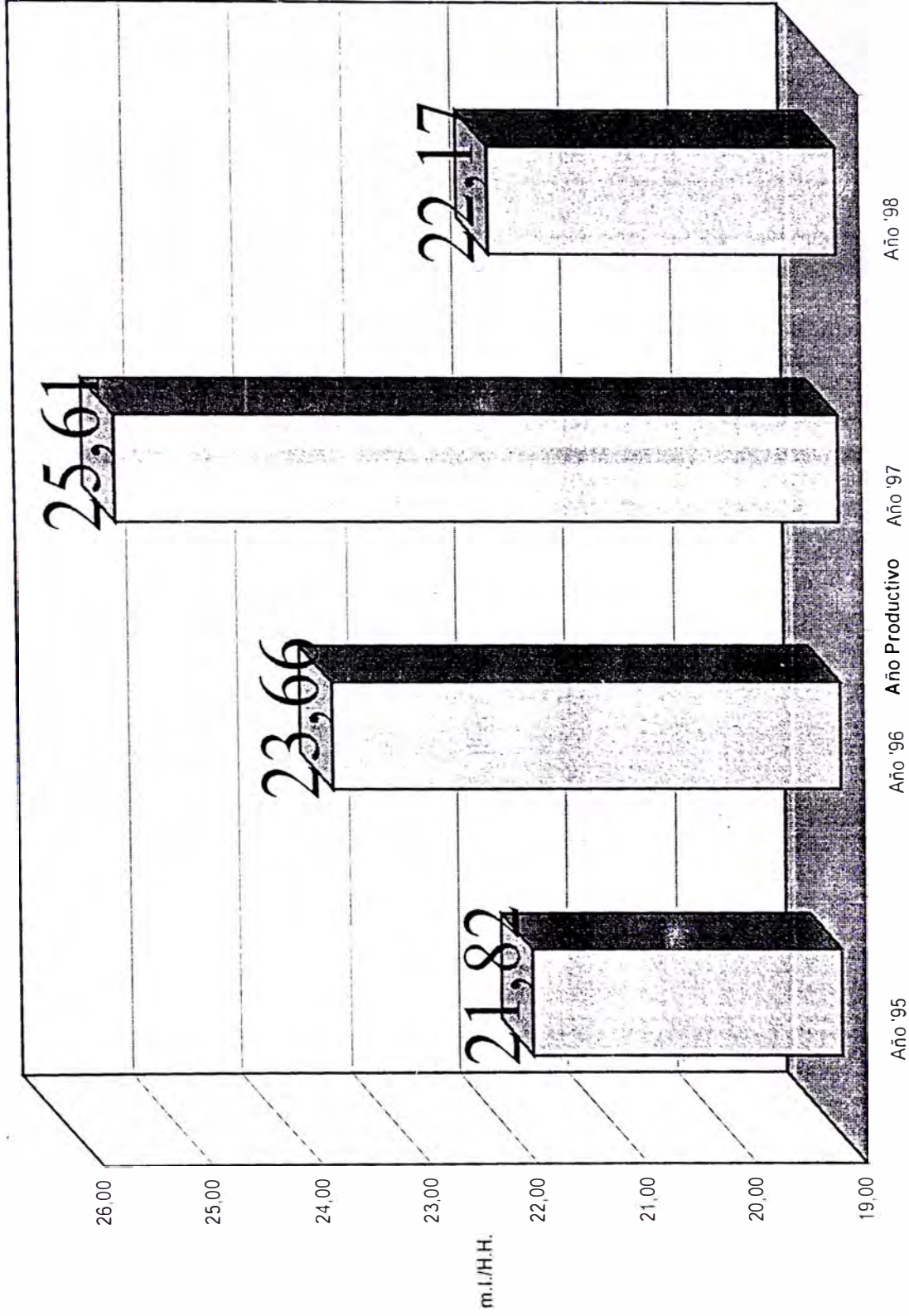
V. 20 EFICIENCIA
(KG Procesados por laminación continua /H.H)



V. 21 PRODUCCIÓN : m.l. Laminados continuamente



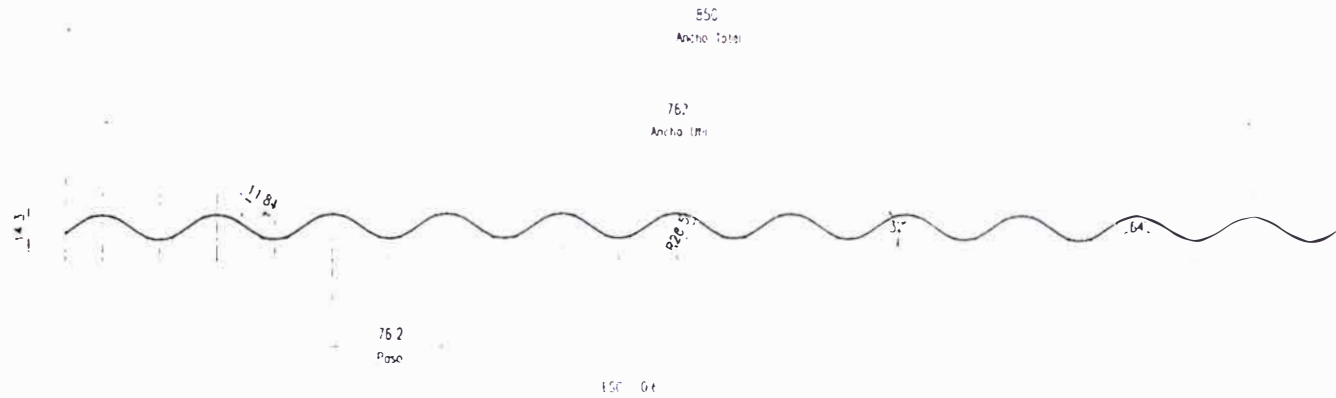
V. 22 EFICIENCIA: m.l. laminados continuamente/Hora Hombre



V.23 Medidas de algunas de las planchas más representativas que son fabricadas por el Método de Laminado Continuo

ANC-ESTANDAR 11

DESARROLLO = 925 MM



$$I = 25 \times e$$

I = Momento de Inercia (cm⁴)

e = Espesor de la plancha (cm)

FERROGLAS FOUTEE S.A. ESPANOLA																											
<table border="1"> <tr><td>PROYECTO</td><td>ZEST11</td></tr> <tr><td>FECHA</td><td></td></tr> <tr><td>ESTADO</td><td></td></tr> </table>	PROYECTO	ZEST11	FECHA		ESTADO		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR	
PROYECTO	ZEST11																										
FECHA																											
ESTADO																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
PLANCHA ONDA ZINC-ESTANDAR 11																											
<table border="1"> <tr><td>PROYECTO</td><td>ZEST11</td></tr> <tr><td>FECHA</td><td></td></tr> <tr><td>ESTADO</td><td></td></tr> </table>	PROYECTO	ZEST11	FECHA		ESTADO		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR	
PROYECTO	ZEST11																										
FECHA																											
ESTADO																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											

<table border="1"> <tr><td>PROYECTO</td><td>ZEST11</td></tr> <tr><td>FECHA</td><td></td></tr> <tr><td>ESTADO</td><td></td></tr> </table>	PROYECTO	ZEST11	FECHA		ESTADO		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR		<table border="1"> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> <tr><td>REVISOR</td><td></td></tr> </table>	REVISOR		REVISOR		REVISOR	
PROYECTO	ZEST11																										
FECHA																											
ESTADO																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											
REVISOR																											

GRAN ONDA 6

DESARROLLO = 1353 MM

10897
 Ancho Total
 895
 Radio Unit



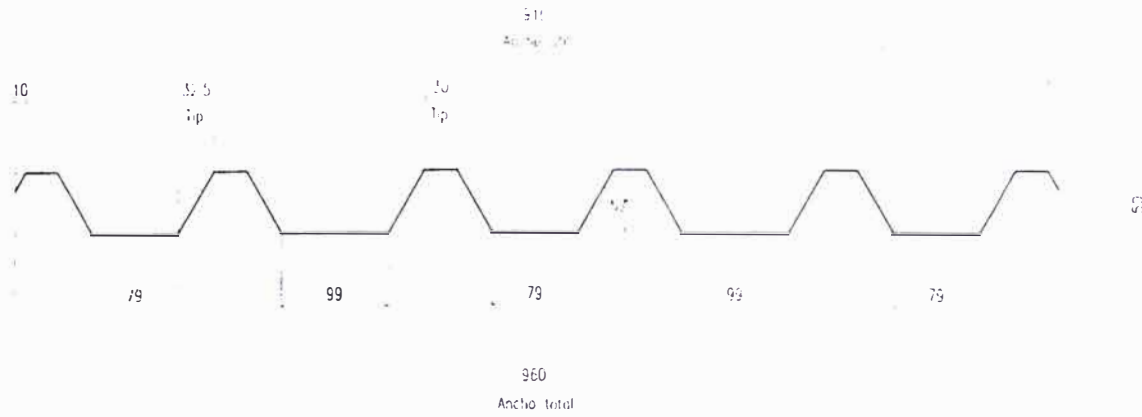
ESC. 06

I = 518 x c

I : Momento de Inercia (cm⁴)
 e : Espesor de la plancha (cm)

FEMOGUAS. ROUTEC S.A. INGENIERIA S.R.L.		<table border="1"> <tr> <td>PROYECTO</td> <td>GRAN ONDA 6</td> </tr> <tr> <td>FECHA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESCALA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROYECTADO POR</td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISADO POR</td> <td></td> </tr> </table>	PROYECTO	GRAN ONDA 6	FECHA		ESCALA		PROYECTADO POR		REVISADO POR																											
PROYECTO	GRAN ONDA 6																																					
FECHA																																						
ESCALA																																						
PROYECTADO POR																																						
REVISADO POR																																						
PLANCHA GRAN ONDA 6																																						
<table border="1"> <tr> <td>NO.</td> <td>DESCRIPCION</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	NO.	DESCRIPCION	FECHA	1			2			3			<table border="1"> <tr> <td>NO.</td> <td>DESCRIPCION</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	NO.	DESCRIPCION	FECHA	1			2			3			<table border="1"> <tr> <td>NO.</td> <td>DESCRIPCION</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	NO.	DESCRIPCION	FECHA	1			2			3		
NO.	DESCRIPCION	FECHA																																				
1																																						
2																																						
3																																						
NO.	DESCRIPCION	FECHA																																				
1																																						
2																																						
3																																						
NO.	DESCRIPCION	FECHA																																				
1																																						
2																																						
3																																						

DESPALLO = 48 mm



$$I = 494 \times e$$

I : Momento de Inercia (cm⁴)

e : Espesor de la plancha (cm)

FEMOGLAS POLITEC S.A. <small>INDUSTRIAL</small>			
PROYECTO	FECHA	ESCALA	HOJA
			PV-8 A
PLANCHA PV-8			
PROYECTADO	REVISADO	APROBADO	

DESARROLLO a 1:3 = 1 MM

238
Ancho útil

57
Tip

238
Tip



238

238

1095
Ancho total

ESC : 0.6

$I = 452 \times e$

I : Momento de Inercia (cm⁴)
 e : Espesor de la plancha (cm)

FENOCOLAS, POLITEC S.A. INGENIEROS S.R.L.

PROYECTO	FECHA	ESCALA	PROYECTISTA
CLIENTE	PROYECTO	FECHA	PROYECTISTA

PLANCHAS PV-4 (50)

NO.	DESCRIPCION	ANCHO	LONGITUD	AREA	COMENTARIOS
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					