

00470

1
2ej

MANUAL DE RESINAS ACRILICAS

**Tesis que para obtener el grado de Maestro en
Diseño Industrial presenta:**

D. I. Jorge Raúl Cacho Marín

Posgrado en Diseño Industrial

Facultad de Arquitectura UNAM

Agosto de 1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I.	INDICE.	i
II.	INTRODUCCION	9
III.	ANTECEDENTES	13

CAPITULO 1: LOS PLASTICOS

1.1.	Breve historia de los plásticos.	17
1.1.1.	Cronología de los principales plásticos.	18
1.1.2.	Definición de plástico.	19
1.2.	Qué es un plástico y cómo se divide.	20
1.2.1.	Termoplásticos.	22
1.2.1.1.	Ejemplos de termoplásticos.	22
1.2.2.	Termofijos.	24
1.2.2.1.	Ejemplos de termofijos.	22
1.3.	Elastómeros.	24
1.4.	Clasificación de los plásticos según su obtención.	25
1.4.1.	Animales.	25
1.4.2.	Vegetales.	25
1.4.3.	Minerales.	26

CAPITULO 2: LA RESINA ACRILICA

2.1.	Qué es una resina acrílica.	29
2.1.1.	Generalidades.	29
2.1.2.	Obtención.	30
2.1.3.	Proceso en emulsión.	31
2.1.4.	Procesamiento.	32
2.1.5.	Usos.	33
2.1.6.	Polimerización.	36
2.1.7.	Precauciones en su manejo.	37
2.1.8.	Estabilizadores.	38
2.1.9.	Información auxiliar.	38
2.1.10.	Propiedades y aplicaciones.	38
2.1.11.	Procesamiento.	40
2.1.12.	Productos relacionados.	42
2.1.13.	Productos comerciales.	43
2.1.14.	Propiedades físicas del acrílico PMMA.	44
2.1.15.	Propiedades químicas del acrílico PMMA.	46
2.1.15.1.	Resumen de propiedades químicas.	48
2.1.16.	Emulsiones acrílicas.	48

2.1.16.1.	Procesamiento.	49
2.1.16.2.	La producción.	49
2.1.16.2.1.	Preparación de alimentación.	49
2.1.16.2.2.	Polimerización.	49
2.1.16.2.3.	Procesamiento posterior.	50
2.1.16.3.	Componentes.	50
2.1.16.4.	Iniciadores.	51
2.1.16.5.	Condiciones de reacción.	51
2.1.16.6.	Agitación.	51
2.1.16.7.	Formulación típica para emulsión acrílica.	52
2.1.16.7.1.	Formulación para pintura.	52
2.1.16.7.2.	Solución de acetato.	52
2.1.16.7.3.	Solución de plastificante.	53
2.1.16.7.4.	Solución de nitrocelulosa.	53
2.2.	Capacidad instalada en México.	53
2.2.2.	Escenario en el mercado.	53
2.3.	Producción en México.	54
2.3.1.	Tarifa arancelaria de la producción en México.	54
2.4.	Importación.	54
2.4.1.	Tarifa arancelaria de importación.	54
2.5.	Exportación.	55
2.6.	Distribución de su consumo.	55
2.7.	Precio.	56
2.8.	Empresas fabricantes en México.	56
2.9.	Pronósticos y perspectiva del mercado nacional.	57

CAPITULO 3: TECNICAS DE TRANSFORMACION DEL PMMA, SAN Y ABS

3.1.	Antecedentes históricos.	59
3.1.1.	Fechas más importantes para los procesos de transformación del plástico.	61
3.2.	Tecnología de transformación para varios polímeros.	62
3.3.	Polimetilmetacrilato (PMMA).	64
3.3.1.	Propiedades.	65
3.3.2.	Tecnologías de transformación.	65
3.3.3.	Aplicaciones.	66
3.3.4.	Productos comerciales.	66
3.4.	Estireno Acrilonitrilo (SAN).	67
3.4.1.	Propiedades.	68

3.4.2.	Tecnologías de transformación.	69
3.4.3.	Aplicaciones.	69
3.4.4.	Productos comerciales.	70
3.5.	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).	71
3.5.1.	Propiedades.	72
3.5.2.	Tecnologías de transformación.	73
3.5.3.	Aplicaciones.	74
3.5.4.	Productos comerciales.	74
3.6.	Inyección.	75
3.6.1.	Defectos que aparecen en la inyección.	81
3.7.	Extrusión.	82
3.7.1.	Extrusión de películas tubulares sopladas.	84
3.7.2.	Extrusión de películas sopladas espumadas de poliestireno con desaeración directa.	85
3.7.3.	Extrusión para cabezal ancho de películas y planchas.	86
3.7.4.	Extrusión de perfiles y tubos.	87
3.7.5.	Producción de fibras y monofilamentos.	88
3.8.	Soplado de cuerpos huecos.	89
3.9.	Calandreado.	91
3.10.	Termoformado.	94
3.11.	Vaciado.	94

CAPITULO 4: PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

4.1.	Propiedades físicas.	97
4.1.1.	Resistencia al intemperismo.	97
4.1.2.	Ligereza.	97
4.1.3.	Resistencia al impacto.	97
4.1.4.	Transformación.	98
4.1.5.	Estabilidad dimensional.	98
4.1.6.	Propiedades eléctricas.	98
4.1.7.	Resistencia al fuego.	98
4.1.8.	Factor U.	98
4.1.9.	Claridad.	98
4.1.10.	Resistencia al calor.	99
4.1.11.	Resistencia química.	99
4.1.12.	Generalidades.	99
4.2.	Información general.	100
4.2.1.	Mancjo.	100

4.2.2.	Almacenamiento.	100
4.2.3.	Encogimiento.	101
4.3.	Corte.	101
4.3.1.	Sierra	103
4.3.2.	Sierra circular (Corte recto).	103
4.3.3.	Sierra cinta (Corte curvo)	104
4.3.4.	Router.	105
4.3.5.	Caladora	106
4.4.	Maquinado.	107
4.5.	Barrenado.	108
4.6.	Formado.	109
4.6.1.	Introducción.	109
4.6.2.	Equipo de formado y temperaturas.	110
4.6.2.1.	Equipo.	112
4.6.2.2.	Hornos.	112
4.6.2.3.	Calor infra-rojo.	113
4.6.3.	Doblado por resistencia lineal.	115
4.6.4.	Otros métodos de calentamiento.	117
4.6.5.	Técnicas de formado.	118
4.6.5.1.	Formado bidimensional.	118
4.6.5.1.1.	Doblado por calentamiento lineal.	118
4.6.5.1.2.	Formado libre por contacto.	118
4.6.5.1.3.	Formado en frío.	119
4.6.5.2.	Formado tridimensional.	119
4.6.5.2.1.	Formado libre al vacío.	120
4.6.5.2.2.	Formado a presión.	121
4.6.5.2.3.	Formado a vacío con ayuda de pistón.	122
4.6.5.2.4.	Formado a presión con retorno.	123
4.6.5.2.5.	Formado a vacío con retorno.	124
4.6.6.	Equipo de formado.	125
4.7.	Pegado.	125
4.7.1.	Técnicas de pegado.	125
4.7.2.	Preparación de la superficie	126
4.7.3.	Precauciones para trabajo.	126
4.7.4.	Unión por capilaridad.	127
4.7.5.	Pegado por inmersión o remojo.	128
4.7.6.	Pegado con adhesivo viscoso.	129
4.8.	Mantenimiento.	131
4.8.1.	Limpieza.	131
4.8.2.	Pulido a mano.	132
4.9.	Acabado.	133
4.9.1.	Raspado.	133

4.9.2.	Lijado.	134
4.9.2.1.	Lijado a mano.	135
4.9.2.2.	Lijado con máquina.	135
4.9.3.	Pulido.	136
4.9.3.1.	Pulido a mano.	136
4.9.3.2.	Pulido a máquina.	136
4.9.3.2.1.	Disco abrasivo.	136
4.9.3.2.2.	Disco de pulido.	137
4.9.3.2.3.	Disco de acabado.	137
4.9.4.	Soplete.	139
4.10.	Decorado y pintura.	140
4.10.1.	Preparación de la superficie.	140
4.10.2.	Aplicación de la pintura.	140

CAPITULO 5: ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

5.1.	Introducción.	145
5.2.	Historia.	146
5.3.	Monómeros acrílicos.	147
5.4.	Producción.	150
5.5.	Propiedades.	154
5.6.	Fórmulas y aplicaciones.	157
5.6.1.	Adhesivos para la conversión de papel.	157
5.6.2.	Adhesivos para laminación.	165
5.6.3.	Adhesivos para burlado.	172
5.6.4.	Adhesivos para la construcción.	176
5.6.5.	Adhesivos sensibles a la presión.	181
5.6.6.	Empresas en México.	194
5.6.6.1.	Productos comerciales.	194
5.7.	Selladores e impermeabilizantes acrílicos.	196
5.7.1.	Selladores e impermeabilizantes acrílicos acuosos.	198
5.7.2.	Selladores e impermeabilizantes acrílicos basados en disolventes.	203
5.7.3.	Empresas en México.	204
5.7.3.1.	Productos comerciales.	205
5.8.	Cianoacrilatos.	206
5.8.1.	Aplicaciones.	208
5.8.2.	Forma de uso.	208
5.8.3.	Precauciones.	209

5.8.4.	Empresas en México.	210
5.8.5.	Distribución del consumo.	211
5.8.6.	Productos comerciales.	211

CAPITULO 6: FIBRAS ACRILICAS

6.1.	Historia de la fibra.	217
6.2.	Obtención de la fibra.	219
6.2.1.	Hilatura.	222
6.2.1.1.	Hilatura en seco.	223
6.2.1.2.	Hilatura en húmedo.	223
6.3.	Propiedades físicas.	225
6.3.1.	Pesos específicos de las principales fibras.	225
6.3.2.	Absorción de agua.	227
6.3.3.	Resistencia a la tensión y tenacidad.	228
6.3.3.1.	Relación entre resistencia y tenacidad.	228
6.3.4.	Alargamiento a la rotura.	228
6.3.5.	Elasticidad.	229
6.3.6.	Efecto de humedad de las fibras.	230
6.3.7.	Propiedades térmicas de las fibras.	231
6.3.8.	Resistencia a los rayos solares.	233
6.3.9.	Identificación de la fibra.	233
6.3.9.1.	Combustión.	233
6.3.9.2.	Microscopio.	235
6.3.9.3.	Disolventes.	235
6.4.	Propiedades químicas.	235
6.4.1.	Acción disolvente de productos químicos minerales.	238
6.4.2.	Acción de algunos productos químicos orgánicos.	238
6.5.	Presentación de la fibra.	240
6.5.1.	Cable (Tow).	241
6.5.1.1.	Seydel.	241
6.5.1.2.	Turbo Stapler.	242
6.5.1.3.	Pacific Converter.	245
6.5.1.4.	Tematex, Reiter, Warner & Swasey.	246
6.6.	Sistemas de trabajo.	246
6.6.1.	Sistema algodonero.	247
6.6.1.1.	Departamento de apertura y mezcla.	248
6.6.1.2.	Batientes.	249
6.6.1.3.	Cardado.	249

6.6.1.4.	Estiradores.	250
6.6.1.5.	Pabilado.	251
6.6.1.6.	Hilado.	252
6.6.2.	Sistema lanero.	253
6.6.2.1.	Sistema de lana peinada.	253
6.6.2.2.	Sistemas de lana cardada.	255
6.6.2.2.1.	Estiradores.	256
6.6.2.2.2.	Continua.	256
6.6.3.	Sistema americano.	257
6.6.4.	Mezcla con fibras naturales o sintéticas.	257
6.7.	Usos finales.	259
6.7.1.	Uso personal.	260
6.7.2.	Uso en el hogar.	261
6.7.3.	Uso industrial.	262
6.7.4.	Otros usos.	263
6.7.4.1.	Medias.	263
6.7.4.2.	Calcetines.	263
6.7.4.3.	Hilados para tejer a mano.	263
6.7.4.4.	Mantas y frazadas.	264
6.7.4.5.	Imitación de piel.	264
6.7.4.6.	Telas para banderas.	264
6.7.4.7.	Toldos, muebles de jardín, cubiertas de lancha.	265
6.7.4.8.	Artículos para montaña.	265

CAPITULO 7: ACRILICOS PARA USO ODONTOLOGICO

7.1.	Antecedentes históricos.	267
7.2.	Generalidades.	268
7.2.1.	Resinas dentales.	269
7.3.	Tipos de resinas.	270
7.3.1.	Vinílicas.	270
7.3.2.	Policistireno.	271
7.3.3.	Epóxicas.	272
7.3.4.	Acrílicas.	273
7.3.4.1.	Metacrilato de metilo.	275
7.3.4.2.	Polimetacrilato de metilo.	276
7.3.5.	Otros tipos de resinas.	277
7.4.	Resinas para bases de dentaduras.	278
7.4.1.	Técnica general.	279
7.4.2.	Resina acrílica.	281

7.4.3.	Resinas acrílicas termocurables.	281
7.4.4.	Resinas acrílicas activadas químicamente.	283
7.4.5.	Técnica de moldeo para compresión.	285
7.4.5.1.	Preparación del molde.	285
7.4.5.2.	Substancia separadora.	288
7.4.5.3.	Relación de monómero y polímero.	288
7.4.5.4.	Reacción entre monómero y polímero.	288
7.4.5.5.	Tiempo para alcanzar el período clásico.	289
7.4.5.6.	Tiempo de trabajo.	290
7.4.5.7.	Cierre de prueba.	290
7.4.6.	Técnica de moldeo por inyección.	292
7.4.7.	Resinas para reparaciones.	293
7.4.8.	Limpiadores de dentaduras artificiales.	293
7.4.9.	Reacciones alérgicas.	294
7.5.	Dientes de resina acrílica.	294
IV.	BIBLIOGRAFIA.	297
V.	AGRADECIMIENTOS.	302
VI.	GLOSARIO DE TERMINOS USADOS EN PLASTICOS.	304

II

INTRODUCCION

En la actualidad, contamos en México con dieciocho instituciones de enseñanza media superior que imparten en sus aulas y talleres cátedras que preparan al futuro profesional de Diseño Industrial (1989).

Este profesional, producto del modelo de enseñanza clásico de la década de los cincuentas, estuvo influido por el proyecto de desarrollo de los Estados Unidos de Norteamérica destinado a los países tercermundistas, teniendo sus raíces a principios de los 60's, cuando se estableció la licenciatura de Diseño Industrial en la Universidad Iberoamericana de esta Ciudad Capital en el año de 1961; ideada, principalmente, al gusto y preferencia de la clase media con las ideas extranjerizantes que menosprecian las tradiciones de lo nacional.

Las primeras muestras de interés concernientes al desarrollo del Diseño Industrial en nuestro país datan de 1953, cuando se inaugura, en el antiguo edificio de la Ciudadela, el "*Taller de Artesanas*" posteriormente llamado *Maestro Carlos Lazo del Pino* el cual fue dirigido por el Arq. Raúl Cacho Alvarez con el apoyo del Arq. Carlos Lazo Barreiro; este taller tuvo, como propósito primordial, crear un medio donde se aglutinaran los esfuerzos de diferentes

artesanos, artistas, arquitectos y profesionales del diseño, con el fin de producir y rescatar la tradición del pueblo mexicano, tan rico en artesanías, en lo que relativo a objetos y artefactos, y bajo el criterio de adaptación moderna a la industrialización aquellos productos con los que se pudiera identificar nuestro pueblo. Para 1958 se establece en el mismo lugar el "Centro Superior de Artes Aplicadas", cuya finalidad consistió en impulsar el desarrollo de objetos y utensilios que se pudieran aprovechar en la industria nacional con criterio de funcionalidad y belleza, pero inspirados en nuestra propia cultura.

En 1959, se funda la "*Escuela de Diseño Industrial*", promovida por el Dr. Felipe Pardiñas con el apoyo del Dr. Hernández Prieto. Esta escuela, tuvo el carácter de bachillerato técnico. Para 1980, después de contar con más de trece instituciones que impartían la carrera de Diseño Industrial, se inaugura en la Universidad Nacional Autónoma de México, dentro de la División de Estudios de posgrado de la entonces Escuela de Arquitectura, el primer posgrado de Latinoamérica concebido y dirigido por el D.I. Fernando Martín Juez, con el respaldo del director Arq. Jesús Aguirre Cárdenas. El posgrado desde sus inicios, tiene dos modalidades establecidas: la maestría y la especialización.

Este se inicia abriendo sus puertas a los egresados de varias universidades de México y otros países de América Latina, como Brasil, Colombia, Cuba y Ecuador entre otros; teniendo como meta preparar especialistas en las diferentes ramas del Diseño Industrial y proporcionar para ello conocimientos amplios en una área determinada.

Conforme al ideal de este posgrado y de la institución, se están preparando maestros y especialistas que ayuden a la docencia y a la investigación de las distintas ramas que conforman la profesión; teniéndose como resultado y en la actualidad, investigaciones, textos y tesis de alto nivel, que sirven para las consultas y a la preparación de alumnos y docentes, como de los profesionales de diseño.

Estos documentos tienen una característica esencial: estar escritos conforme a los criterios particulares de los alumnos, pero siempre bajo la tutela y ayuda de los diferen-

tes especialistas en la materia que imparten su cátedra en la Universidad, procurando el ideal universitario de excelencia.

La presente tesis, es muestra de lo que siempre ha fomentado el personal docente y directivo del posgrado, o sea, producir textos que ayuden de manera eficaz y sencilla a la docencia y a la investigación, de los alumnos de las Universidades de Latinoamérica, como también, a los distintos profesionales de diseño.

En esta ocasión, presentamos un "Manual de Resinas Acrílicas", que contiene la información básica necesaria para procesar, transformar y utilizar los diferentes compuestos acrílicos.

El texto tratará de cerrar un espacio sobre todo en tiempo de investigación y recopilación de datos, teniendo a la mano un material que ayude a resolver los problemas que se presenten al diseñador industrial, o a las personas en general que necesiten saber sobre acrílicos; esperando, que sea el primero de una serie de manuales especializados, sin duda de mucha utilidad.

El trabajo que aquí se presenta, es el resultado de más de tres años de recopilación de datos buscando los textos, dibujos y gráficas más explicativos, en algunos casos traducidos del inglés y, en otros, conjuntando textos y tratando de redactarse en un lenguaje sencillo de entender, pero siempre con la idea de que sea un documento en el cual se muestre lo más relevante sobre el tema mencionado.

Además, se incluye la experiencia que pudo reunirse de visitas a centros de capacitación en diversas empresas, y de visitas a fábricas, asociaciones, centros universitarios y a especialistas.

III

ANTECEDENTES

Como mencionaremos en el primer capítulo de este trabajo, los plásticos se obtienen a partir de diferentes hidrocarburos, los cuales se encuentran en el carbón, la madera, el gas natural, los granos y el petróleo, siendo este último su fuente principal.

De los cientos de hidrocarburos que se obtienen del petróleo, los más útiles son: el metano, el etano, el propileno, el butileno y el benceno, que suman menos del tres por ciento del rendimiento en el proceso de refinación.

Con ellos, se producen más de la mitad de las fibras y los plásticos que hoy conocemos, además de aquellos compuestos que se utilizan para la fabricación de jabones, detergentes, cosméticos, productos farmacéuticos, insecticidas y alimentos.

Para separar esos compuestos, que dependiendo del número de átomos que contengan en su cadena molecular podrán ser un gas o un líquido, se tiene que descomponer en la refinería el petróleo crudo para obtener sus diferentes subproductos.

De los dos primeros y principales subproductos obtenidos en la refinería, tenemos la gasolina y la nafta.

De la gasolina se deriva el benceno (C_6H_6 líquido claro, aromático), y, de la nafta, el metano (CH_4 , gas incoloro, inodoro), el etano (C_2H_4 , gas incoloro, inodoro), el propano (C_3H_6 , gas incoloro, inodoro) y el butano (C_4H_8 gas incoloro, inodoro), principalmente.

Como la presente tesis trata sobre los compuestos acrílicos, daré una breve explicación introductoria de cómo se obtienen dichos productos para que el contenido de la presente sea más asequible a quienes la estudian.

La familia de los acrílicos comprende una gran variedad de productos y subproductos; de los cuales, los más importantes, son los metacrilatos y el acrilonitrilo (Capítulo 2.).

De los primeros, podemos obtener pellet (Capítulo 3.) para inyectar y extruir, como también láminas (Capítulo 4.) que se pueden termoformar, maquinar, pintar, etc. y adhesivos y selladores (Capítulo 5.); y en los últimos años, se están utilizando para uso odontológico (Capítulo 7.).

El acrilonitrilo se puede copolimerizar con otros tipos de polímeros, como el estireno y el butadieno obteniendo el estirenoacrilonitrilo, butadienoacrilonitrilo y el acrilonitrilobutadienoestireno, como los más importantes (Capítulo 3.); además de ser una excelente materia prima para la producción de fibras sintéticas (Capítulo 6.). Para obtener los metacrilatos, podemos partir del metano o del propano.

Del metano, -cuya molécula contiene un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno-, se derivan casi un centenar de diferentes productos y, para producir metacrilato a partir de este producto se le convierte en monóxido de carbono (CO) quitándole sus átomos de hidrógeno y agregándole uno de oxígeno, luego, se le añaden cuatro átomos de hidrógeno y se produce alcohol metílico (CH_4O); y si se añade metacrilamida (C_4H_7ON), se logra metilmetacrilato ($C_5H_8O_2$). La polimerización transforma a este líquido, que es viscoso, en un plástico vítreo.

Partiendo del propileno (C_3H_6), que tiene un doble enlace entre sus átomos de carbono, por lo cual se convierte con facilidad en moléculas gigantes, si se le agrega un oxígeno se produce acetona (C_3H_6O); posteriormente, si se

le añade un nitrógeno, un hidrógeno y un carbono obtendremos acetona cianohídrica (C_4H_7ON) y, por último, si se le agregara otro carbono, más hidrógeno y oxígeno eliminado el nitrógeno, se produciría el metacrilato de metilo ($C_5H_8O_2$).

En el caso del acrilonitrilo, podemos partir del etileno (C_2H_4), y si al etileno se le suma un oxígeno, produciremos óxido de etileno (C_2H_4O); posteriormente se podría restar el hidrógeno y el oxígeno, cambiándolo por nitrógeno, y produciendo un compuesto llamado acrilonitrilo; éste se polimeriza por diferentes procesos obteniendo fibras o polímeros que ayudan a otros compuestos para cambiar sus propiedades físicas, sobre todo la resistencia al intemperismo.

CAPITULO 1

LOS PLASTICOS

1.1 BREVE HISTORIA DE LOS PLASTICOS

Desde un punto de vista cronológico, los plásticos comenzaron a emplearse cuando se encontró que las resinas naturales (como el betún, la goma laca, el ámbar, etc.) podían servir para elaborar diversos objetos de uso práctico, como las telas impermeables, cestos, pelotas y gomas de borrar.

Posteriormente ya en el Siglo XIX, aparecieron los plásticos o resinas semisintéticas, que son producidos mediante algún tratamiento químico y/o físico de la Resina Natural. De entre estos productos están en orden cronológico de aparición el hule vulcanizado, la Parkesina y el Celuloide.

Sin embargo, su real presencia fue en el siglo XX, considerándose por ello la Era Actual como la de los Plásticos, pues la obtención y comercialización de los plásticos sintéticos ha sido continuamente incrementada.

Poco antes de la Segunda Guerra Mundial se comercializó uno de los plásticos de mayor importancia; el poliestireno, que en 1930 empezó a producirse industrialmente, a través de la I.G. Farben Industrie en Alemania.

Otro plástico importante es el policloruro de vinilo (PVC), producido por vez primera a nivel industrial en 1937, también en Alemania.

En 1936 se comercializó la producción de polietileno el de mayor importancia mundial.

Aunque el primer plástico poliamídico (nylon) fue descubierto en 1934 por W.S. Carothers, su industrialización se inició hasta 1937 por la Compañía Du Pont y comenzó a moldearse en 1941.

Ese mismo año se descubrió accidentalmente el politetrafluoroetileno llamado después Teflón por sus fabricantes, el cual se industrializó en 1943.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la investigación y comercialización de los plásticos se ha incrementado considerablemente, al igual que sus aplicaciones.

Muchos de estos nuevos plásticos se han derivado de los primeros ya sea por modificaciones en la estructura polimérica o por combinaciones entre ellos mismos o con otros materiales como productos inorgánicos, plastificantes, cargas, etc. (Para mayor información ver inciso 3.1.)

1.1.1 CRONOLOGIA DE LOS PRINCIPALES PLASTICOS

Producto	Año del descubrimiento y/o Industrialización
Hule Vulcanizado	1839
Parkesina (NC)	1862
Nitrato de Celulosa (Celuloide)	1868
Acetato de Celulosa (CA)	1905
Fenoplásticos (Baquelita)	1899/1909
Celulosa Regenerada (Celofán)	1915
Alcídicas	1926
Polimetacrilato de Metilo (Acrílico) (PMMA)	1927
Aminoplásticos	1928
Poliestireno (PS)	1930
Poliamida (Nylon 6.6) PA 6.6)	1934/1937
Poliestireno Baja Densidad (PS)	1936

continuación 1.1.1 Cronología de los principales plásticos

Producto	Año del descubrimiento y/o Industrialización
Policloruro de Vinilo (PVC)	1937
Policloruro de Vinilideno (PVDC)	1940
Poliuretano (PUR)	1940
Silicón (SI)	1941
Poliéster	1942
Resinas Fluoradas (PTFE) (TEFLON)	1943
Acilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	1946
Poliamida (RILSAN)	1946
Epoxi (ARALDITE)	1947
Poliestireno Expandible (PS) (UNICEL)	1951
Poliacetal (DELTRIN)	1953
Poliestireno Alta Densidad (PEAD)	1955
Polipropileno (PP)	1957
Policarbonato (PC)	1957
Polióxifenileno (POF)	1964
Poliamida (PA)	1964
Polisulfona	1965
Ionómero (SURLIN)	1965
Polibutilentereftalato (PBT)	1969
Poliétilentereftalato (PET)	1970

1.1.2 DEFINICION DE PLASTICO

Plástico es una palabra derivada del griego "plastikos", que significa capaz de ser moldeado. Por ello se designan con este nombre las sustancias, generalmente de tipo orgánico, a las que se les puede dar la forma que se desee. Sin embargo se incluyen sustancias inorgánicas como la arcilla, el yeso, el carbonato de calcio.

Los plásticos se pueden clasificar en: a) Termofijos, b) Termoplásticos y c) Elastómeros. . Los termofijos son aquellos que no cambian de forma ni de estructura con el aumento de temperatura (mientras no sea demasiado elevada), mientras que los termoplásticos son aquellos que pueden cambiar su forma y estructura al cambiar la

temperatura. Los elastómeros son aquellos que al someterse a un esfuerzo modifican su forma pero la recuperan cuando se retira ese esfuerzo (a eso se le llama memoria de un plástico).

1.2 QUE ES UN PLASTICO Y COMO SE DIVIDE

Los polímeros (plásticos) son moléculas gigantes, también denominadas macromoléculas, obtenidas mediante la unión química de muchas moléculas sencillas llamadas monómeros. Los polímeros (plásticos) pueden ser de origen natural como las proteínas, el almidón, etc. Los polímeros sintéticos, fabricados por el hombre, se conocen como plásticos y según la ASTM (La Sociedad Americana de Pruebas de Materiales): *"Son materiales que contienen esencialmente sustancias orgánicas de alto peso molecular que son sólidas en su estado final, pero son formadas por flujo en algún estado de su manufactura o durante el proceso de artículos terminados"*. Las propiedades de los polímeros dependen de su tamaño, del tipo de enlace que une a los monómeros, así como de los elementos químicos involucrados.

Los átomos, están formados por un núcleo y varias capas de electrones, las capas exteriores son las que determinan la capacidad de enlace o valencia. Cada capa exterior tiende a completarse con ocho electrones, a excepción del hidrógeno que lo hace sólo con dos. Los enlaces entre los átomos se forman al compartirse entre sí los electrones, de tal manera que completan la capa exterior de cada uno de ellos. Esta unión por compartición de electrones se denomina enlace químico covalente y en química se representa por medio de líneas.

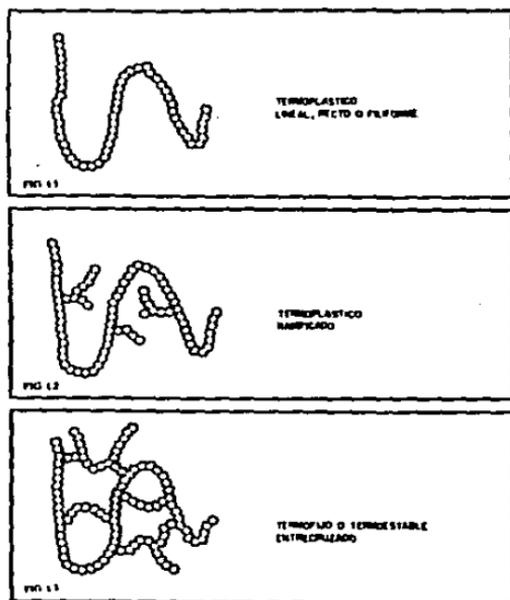
En cada enlace se comparten dos electrones. Sin embargo, puede existir un doble enlace, cuando la unión se realiza por dos pares de electrones y hasta un triple enlace, cuando se lleva a cabo por tres pares. Los átomos polivalentes son los que presentan mayor capacidad para formular más de un enlace y constituye las llamadas cadenas del

polímero. Al conjunto de éstas se les denomina esqueleto del polímero, el cual puede tener átomos o grupos laterales llamados colgantes, que son en su mayoría univalentes; es decir, aquellos que pueden formar sólo un enlace. Así, el polímero se encuentra compuesto por macromoléculas, integradas, por varias unidades químicas de pequeño tamaño y tiene elevado peso molecular.

La manera en que se unen estas unidades químicas determina las características principales del polímero. Si forman un encadenamiento recto o filiforme, el polímero se llama lineal. La longitud de las cadenas se especifica en términos del grado de polimerización. A veces a las cadenas del polímero se encuentran unidas otras más cortas llamadas ramificaciones y el conjunto se denomina de uniones cruzadas. Finalmente, las cadenas pueden juntarse a otras e integrar redes tridimensionales, que constituyen un polímero entrecruzado. En base a su estructura que le confiere sus propiedades, los polímeros se clasifican en:

1.2.1. Termoplásticos. (Fig. 1.1. y 1.2.)

1.2.2. Termofijos. (Fig. 1.3.)



1.2.1. TERMOPLÁSTICOS

Son polímeros (plásticos) que bajo la acción del calor pueden fundirse o reblandecerse. Esto es debido a la estructura lineal del polímero (plástico), los átomos o grupos colgantes le proporcionan cierta atracción mutua a las cadenas lineales, causada principalmente por las fuerzas de Van der Waals. Estas fuerzas son relativamente débiles y pueden vencerse por la acción del calor, lo cual hace que el polímero (plástico) se reblandezca o se funda. Por esto un termoplástico se puede reciclar nuevamente para elaborar un nuevo producto.

1.2.1.1 EJEMPLOS DE TERMOPLÁSTICOS

- | | |
|---|---------|
| 1. Resinas poliacetálicas | POM |
| 2. Acrilonitrilo butadieno estireno | ABS |
| 3. ABS/Policloruro de vinilo | ABS/PVC |
| 4. ABS/Policarbonato | ABS/PC |
| 5. Polimetilmetacrilato | PMMA |
| 6. PMMA/Metilestireno | PMMA/MS |
| 7. Estireno acrilonitrilo | SAN |
| 8. Aleación metilmetacrilato butadieno estireno | MBS |
| 9. Poliestireno | PS |

LOS PLASTICOS

10. Poliestireno	PE
11. Polietileno Baja densidad	PELD
12. Polietileno alta densidad	PEHD
13. Etileno vinilacetato	EVA
14. Etileno acrilato de etilo	EEA
15. Polietileno clorado	CPE
16. Polietileno cloro sulfonado	CSM
17. Polipropileno	PP
18. Polibuteno-1	1 BT
19. Poli-iso-butileno	PIB
20. Poli-4-metil penteno-1	1 PMP
21. Politetrafluoroetileno	PTFE
22. Tetrafluoroetileno/hexafluoropropileno	FEP
23. Policlorotrifluoroetileno	PCTFE
24. Polifluoruro de vinilo	PVF
25. Polifluoruro de vinilideno	PVDF
26. Tetrafluoroetileno-perfluoropropilviniléter	PFA
27. Acetato de celulosa	CA
28. Propionato de celulosa	CP
29. Acetato-butarato de celulosa	CAB
30. Nitrato de celulosa	CN
31. Etil-celulosa	EC
32. Polihexametilenadipamida (Nylon 66)	PA 66
33. Policaproamida (Nylon 6)	PA 6
34. Poliundecanoamida (Nylon 11)	PA 11
35. Polihexametilensebacamida (Nylon 610)	PA 610
36. Polilauramida (Nylon 12)	PA 12
37. Poliuretanos lineales	PU
38. Polietilentereftalato	PET
39. Polibutadientereftalato	PBT
40. Policarbonato	PC
41. Policloruro de vinilo	PVC
42. Cloruro/acetato de polivinilo	PVCA
43. Policloruro de vinilo/polipropileno	PVC-PP
44. Policloruro de vinilo clorado	PVCC
45. Policloruro de polivinilideno	PVDC
46. Acetato de polivinilo	PVAC
47. Poliéter clorado	PEOC
48. Polifenilenoóxido	PPO mod.
49. Polifenilensulfuro	PPS
50. Polisulfona	PPSU

1.2.2. TERMOFIJOS

Son polímeros que una vez que han sido producidos o curados (polimerizados) por la acción de calor o un catalizador no se ven afectados por la temperatura, ya que no se funden ni se reblandecen por el efecto de éstas.

Esto es debido a la estructura entrecruzada del polímero (plástico), ya que aquí los átomos o grupos colgantes se unen mediante enlaces químicos, principalmente covalentes, que son más resistentes a la acción del calor que las fuerzas de Van der Waals. Sin embargo, a elevadas temperaturas el polímero puede descomponerse e incluso carbonizarse. Por esto un termofijo no se puede reciclar nuevamente a otro producto nuevo, pero pulverizándolo sirve como carga para otros plásticos.

1.2.2.1. EJEMPLOS DE TERMOFIJOS

1. Poliuretano termofijo	PUR
2. Resinas fenólicas	PF
3. Resinas melamínicas	MF
4. Resinas uréicas	UF
5. Resinas epólicas	EP
6. Resinas poliéster	UP
7. Resinas sílicas	SI
8. Resinas alquídicas	---
9. Resinas alílicas	DAP
10. Resinas furánicas	---
11. Resinas caseína-formaldehído	CS

I.3. ELASTOMEROS

Poseen un menor grado de entrecruzamiento que los termofijos, por lo que se reblandecen por la acción del calor, pero sin llegar a fundirse. El grado de entrecruzamiento también afecta las propiedades mecánicas del polímero

(plástico). Se le compara con las propiedades elásticas del caucho.

El caucho es capaz de recobrar su forma después de haberlo estirado hasta multiplicar por cinco su propia longitud. Existen materiales plásticos capaces de soportar un alargamiento superior sin romperse, pero que no pueden considerarse como elástomeros porque no recobran su forma primitiva.

1.4. CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS SEGUN SU OBTENCION

Los plásticos se fabrican a partir de diferentes materias minerales, vegetales e incluso animales, pero todos tienen la característica común de hallarse constituidos por macromoléculas muy largas que resultan de la unión de numerosos grupos de átomos, todos ellos iguales, que repiten la misma fórmula o motivo elemental más de 10,000 veces como mínimo para que se pueda denominar con el nombre de plástico.

1.4.1. ANIMALES

MATERIA PRIMA	PRODUCTOS INTERMEDIOS	MATERIAS PLASTICAS
Leche	Caseína	Galalita y Lanital

1.4.2. VEGETALES

MATERIA PRIMA	PRODUCTOS INTERMEDIOS	MATERIAS PLASTICAS
Algodón y Madera	Celulosa	Celuloide, Celofán, Rayón y Viscosa
Plantas	---	---
Oleaginosas	Accites	Rilsán y barnices
Hevea	Latex	Ebomita y caucho
Resinas de Coníferas	Colófana	Barnices
Gomas Vegetales	Lacas	Discos de Gramofono

1.4.3 MINERALES

MATERIA PRIMA	PRODUCTOS INTERMEDIOS	MATERIALES PLASTICOS
Carbón hulla	Benceno y Estireno	Poliésteres, Policistireno, elastómeros o caucho sintético.
Carbón o hulla	Fenol	Nylon, resinas formofenólicas o fenoplastos
Carbón o hulla	Cumaron a e Indeno	Resinas para lacas y barnices
Carbón o hulla	Acetileno (a partir del carburo de calcio obtenido con coque y cal).	Resinas acrílicas, acetato de celulosa, polivinilo, neopreno y cauchos sintéticos
Carbón o hulla	Gas (a partir del coque).	Baquelita y resinas formofenólicas
Carbón o hulla	Amoniaco (a partir de hidrógeno procedente de la coquefacción de la hulla y de Nitrógeno del aire)	Urea y aminoplastas
Petróleo y gas natural	Acetileno y benceno	Resinas acrílicas, acetato de celulosa, polivinilo, neopreno, caucho sintético, elastómeros poliésteres, poliestireno, etc.
Petróleo y gas natural	Butileno	Caucho butilo
Petróleo y gas natural	Etileno	Policloruro de vinilideno, poliésteres, fibras textiles y caucho artificial
Petróleo y gas natural	Propileno	Acetato de celulosa y resinas gliceroftálicas
Petróleo y gas natural	Xileno	Poliésteres y fibras textiles

CAPITULO 2

LA RESINA ACRILICA

2.1. QUE ES UNA RESINA ACRILICA?

2.1.1. GENERALIDADES

Esta familia comprende la serie de los poliacrilatos, polimetacrilatos y del acrilonitrilo, éste último se usa sobre todo para la producción de fibras sintéticas (Ver cap. 6.). Además se eligen para productos que requieren estabilidad de color, poco peso y alta transmisión de luz, se caracterizan por tener buena resistencia química y ambiental.

El polimetilmetacrilato es el más importante de los polímeros derivados del ácido acrílico.

Los primeros estudios sistemáticos y las primeras realizaciones industriales en el campo de las resinas acrílicas se deben al Dr. Otto Rohm que trató por primera vez el tema en su tesis doctoral en 1901 en la Universidad de Tubinga de Alemania. A finales de los años Veinte las resinas acrílicas quedaron como una simple curiosidad científica pero en 1927 en Darmstadt (Alemania) la Empresa Rohm and Haas empezó a producir pequeñas

cantidades de polimetilmetacrilato que introdujo en el mercado bajo las marcas de Acryloid y Plexigum. Después de 1930 empezaron a nacer también en Inglaterra las primeras plantas industriales para la producción del metilmetacrilato monómero y de su correspondiente polímero, pero fué solamente durante la segunda guerra mundial que los Estados Unidos de Norte América y Alemania colocaron en el mercado polímeros metacrílicos bajo forma de granulos elaborables mediante las normas tecnológicas usadas para los polímeros termoplásticos. (Mayor inf. ver 5.2.).

Químicamente se trata de compuestos (ésteres acrílicos) representados por la fórmula genérica:



Los acrílicos se usan principalmente en forma de hojas termoplásticas y de diferentes grados de resina de monómero de metilmetacrilato, también para la producción de adhesivos, fibras tanto textiles como industriales, pinturas, etc.

2.1.2. OBTENCION

Para fabricar los monómeros se usan principalmente los procesos siguientes:

1. Proceso Reppe semi-catálico.
2. Proceso de oxidación de propileno e isobutileno.
3. Proceso de aceto-cianhidrina.

1. **PROCESO REPPE:** Implica la reacción entre el acetileno y carbonilo de níquel, este último es un compuesto altamente tóxico, por lo que ha dejado de usarse.
2. **PROCESO DE OXIDACION:** En el primer paso se forma acroleína, a partir de la oxidación catalítica de vapor de propileno a alta temperatura y en presencia de vapor (A).



Después se oxida la acroleína, para obtener ácido acrílico.



Con objeto de hacer estables estos monómeros para su transporte y almacenamiento, se les agrega inhibidores como la hidroquinona o el éter monometílico de hidroquinona. Cuando se les retira el inhibidor, deben usarse rápidamente o ser guardados a 10°C o menos por unas cuantas semanas.

Para llevar a cabo la polimerización se emplean los procesos conocidos; en masa, solución, emulsión y suspensión. De estos el más importante es el de emulsión.

2.1.3. PROCESO EN EMULSION

Se usan iniciadores peróxidos solubles en agua, como el amoníaco o persulfato de sodio. La especie química iniciadora se genera térmicamente o por un sistema Redox. De ambos procesos, el más favorable es el sistema Redox (con oxidantes y reductores) puesto que las reacciones son más rápidas y se llevan a cabo a menor temperatura (25-60°C) en vez de 75-90°C. Como producto se obtiene una dispersión blanca lechosa o gris opaca, con concentraciones de 30% a 60% de polímero en agua.

De los otros procesos se obtienen productos que van desde una masa viscosa soluble (proceso en solución) hasta perlas o granos de tamaño variable (proceso de suspensión).

Un procedimiento típico para la preparación de un material acrílico que contenga tres unidades monoméricas básicas acrílato de etilo, metilmetacrilato y ácido metacrílico en una dispersión al 43% en agua, es como surge la siguiente fórmula:

CARGA DE MONOMEROS PARA EMULSION	PARTES
Triton X - 200 (emulsificante)	05.04
Acrilato de etilo	25.19
Metilmetacrilato	16.79
Acido metacrílico	00.42
Persulfato de amonio	00.08
Agua desionizada	52.48
TOTAL	100.00

2.1.4. PROCESAMIENTO

Estas resinas pueden procesarse de diferente maneras, entre las que se encuentran: moldeo por inyección, extrusión, termoformado y pueden colorearse.

La fabricación de placas se hace en México preferentemente por vaciado, y por extrusión en los países más desarrollados. Una vez que el material está en forma de placa, puede termoformarse y darle el terminado que se le requiera (Ver fig. II.1.)

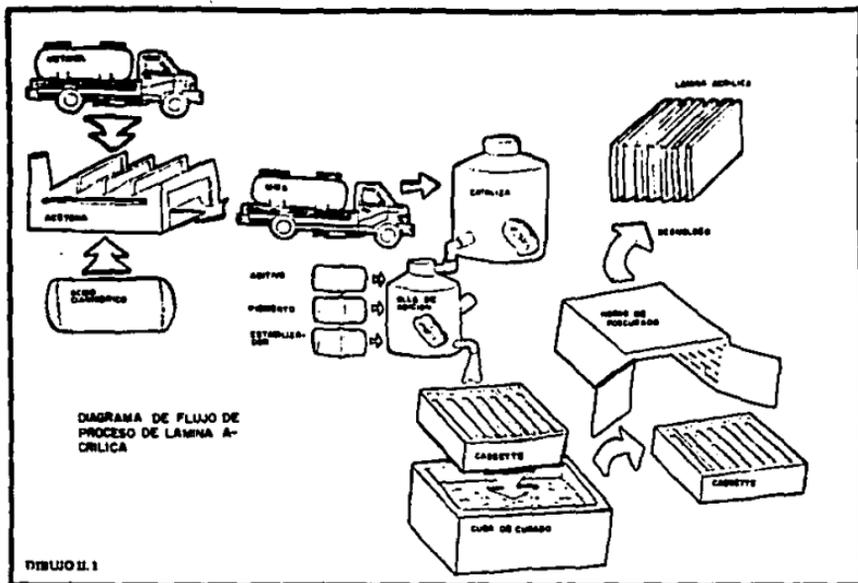
Algunos colorantes típicos usados son:

COLOR	PRODUCTO
Blanco:	Dióxido de titanio-rutilo, que puede complementarse con BaSO ₄ , óxido de zinc.

Negro:	Negros de canal y horno para tonos que van del gris (oscureciendo) al negro
Naranja:	Sulfoseleniuros de cadmio y óxidos de fierro, para dar transparencia, Roclamina B o Rodamina 6 GDN, para fluorescencia
Amarillo:	Sulfuro de cadmio, amarillo de quinolina D, amarillo hansa D.
Verde:	Formas no floculantes de verde de Ftalocianina, para objetos transparentes, mezclando con blancos y amarillos, para materiales traslúcidos.
Azul:	Para transparencia, azul cielo B de alizarina, azules no cristalinos de ftalocianina en bajas concentraciones.
Opalino:	Azul CGD de indantreno o ultramarino.

2.1.5 USOS

Debido a sus propiedades de transparencia, resistencia a los rayos ultravioleta, a la intemperie, facilidad de procesamiento y dureza, el polimetilmetacrilato ofrece muchas y variadas posibilidades de uso. En la aviación se utiliza para las cabinas, ventanas, paneles de instrumentos, cubiertas de iluminación, pizarras para radar, en la producción de parabrisas y escotillas tanto para avión como para helicóptero y ha tenido aplicaciones en la arquitectura, como en sustitución de vidrio, en puertas, en vitrales como ejemplo: la Iglesia de Bosques de las Lomas que tiene un vitral de polimetilmetacrilato del artista Vasarelli; en domos, como ejemplo: tenemos los domos del Jardín Botánico en Oaxtepec que son de lámina acrílica, como también el techo del Centro Internacional de Prensa para



el mundial de Fútbol México 1986 ahora Museo de Arte Moderno, así como los domos del Centro Comercial Plaza Satélite; en Diseño Industrial, en implementos para baño como tinas, lavabos, jaboneras, e incluso baños de una sola pieza, además de manerales para llaves de baño, en plafones, lámparas y como material de acabado; otras industrias donde tiene gran aplicación es en la de rótulos, en la de artículos decorativos, en autopartes como luces traseras, faros reflejantes, micas de tableros, iluminación interior, etc. Uno de los usos más sofisticados del acrílico es en la producción de fibras ópticas, usadas en los equipos más avanzados de telecomunicación; otro uso de gran auge en los mercados desarrollados es en la producción de videodiscos.

Debido a las propiedades ópticas ya antes mencionadas es posible utilizar este material para entubar luz, es decir, lograr una transmisión del 92% de la luz solar. Los usos y aplicaciones de esta propiedad han sido aprovechadas en la concentración de la luz para sistemas subterráneos, como en el caso de Tokio Japón, donde la luz solar se concentra en paneles solares localizados en las azoteas de edificios de donde parten tubos o capilares de acrílico, los cuales hacen llegar la luz solar hasta lugares donde esta no llega directamente.

En lo que respecta a otros mercados, se puede mencionar el artístico, en donde Phyllis Stevens, además de otros, utiliza pequeños trozos de acrílico para hacer figuras diversas; en la iglesia luterana Immanuel, que está en Broken Arrow, Oklahoma, construída para resistir vientos de hasta 160 km/h, no tiene ningún vidrio en sus emplomados, sino 74 tableros modulares con adornos de acrílico comprimidos entre hojas transparentes del mismo material, las ventanas han resistido bien, vientos de 130 km/h., el acrílico para cuestión ornamental no sólo se ocupa como material artístico, sino ahora en los museos ha tomado gran auge para la protección tanto de obras pictóricas como de documentos históricos, como ejemplo tenemos el Museo Americano de Documentos Históricos en las Vegas, Nevada, en el cual ha respondido este producto optima-

mente, ya que protege al documento, tanto de los rayos ultravioleta como del vandalismo.

En la cadena de Bancos del Gibraltar Savings & Loan que cuenta con 94 sucursales en Estados Unidos, han utilizado láminas de acrílico con policarbonato, blindadas para proteger los mostradores del banco, consiguiendo con esto, una seguridad que se ha reflejado en la ausencia de robos a esta Institución.

En el campo de la medicina, también ha tomado parte, como es el caso del implante de lentes intraoculares en el tratamiento de las cataratas; en los ya conocidos lentes de contacto, como sostén y reforzamiento de prótesis odontológicas, en la fabricación de laringoscopios y en una gran variedad de aplicaciones en la instrumentación en esta rama.

Como podemos ver, el acrílico es un material sumamente versátil y con muchas aplicaciones dentro de la ciencia, la industria, el arte y la decoración, además de abrimos todo un campo donde la creatividad del hombre es el límite.

2.1.6 POLIMERIZACION

La polimerización de monómeros metacrilatos se lleva a cabo, a escala comercial, en presencia de reguladores de peso molecular como los mercaptanos. Estos compuestos son importantes porque permiten que los materiales puedan trabajarse termoplásticamente, lo cual sería difícil de lograr si el peso molecular fuera muy alto.

De los procesos de polimerización, el realizado en masa se usa sólo en el caso de la producción de vidrio (hoja) acrílico, las partes que vayan a fabricarse de esta manera no deben ser demasiado grandes ni demasiado gruesas, por lo que pueden producirse satisfactoriamente formas planas y tubulares.

Para polímeros acrílicos usados como base en recubrimientos o pinturas, auxiliares textiles, aditivos lubricantes y otros similares, se usan productos hechos por

procesos en solución, ya que es innecesaria la separación por secado.

Si se requiere una dispersión acuosa, la polimerización se lleva a cabo en suspensión o principalmente, en emulsión.

En este caso se obtienen pesos moleculares altos y la polimerización es rápida.

Los procesos en suspensión, dan como resultado un producto más puro que en el caso de la emulsión.

2.1.7 PRECAUCIONES EN SU MANEJO

Las materias primas (monómeros) metacrílicos son compuestos muy reactivos, por lo que pueden polimerizarse de manera explosiva.

Por esto deben tomarse precauciones, para evitar polimerizaciones durante la preparación y el almacenamiento.

Un método efectivo, durante la manufactura, es la adición de fenol al recipiente donde se obtiene esta materia prima. De este modo, el procedimiento consiste en poner un fluido de fenol en contracorriente durante la destilación.

No pueden guardarse grandes cantidades de monómero más de unas cuantas horas, a menos de que haya un inhibidor presente.

El aire presente en el recipiente contenedor tiene un efecto de inhibición, pero las mezclas de vapores son altamente explosivas, por lo que debe tenerse cuidado de que no se presenten chispas.

Los recipientes de almacenaje pueden estar hechos de acero inoxidable, metal galvanizado o revestidos con resinas fenólicas. Otra recomendación consiste en incorporarles válvulas de seguridad.

Para su almacenaje, se les agrega como inhibidores: hidroquinona, metil-eter de hidroquinona, pirogalol.

Estos inhibidores se separan por lavado o por destilación del monómero.

2.1.8 ESTABILIZADORES

Se recomiendan las sales de cobre, para estabilizar el monómero de ácido acrílico. El acrilonitrilo se estabiliza con aminas.

2.1.9 INFORMACION AUXILIAR

Estos materiales tienen un efecto irritante sobre los ojos y nariz, es por ello que el uso de mascarillas para el manejo de estos materiales es conveniente. Los ácidos acrílicos y metacrílicos son ácidos fuertes. La mayoría de los monómeros metacrilatos son fluidos a temperaturas normales.

PRODUCTO	TEMPERATURA DE SOLIDIFICACION (°C)
1.- Acido acrílico	12.50
2.- Acido metacrílico	15.00

PRODUCTO	TEMPERATURA DE EBULLICION (°C)
1.- Acido acrílico	141.00
2.- Acrilato de metilo	80.00
3.- Acrilato de etilo	99.50
4.- Acido metacrílico	06.50
5.- Metil metacrilato	100.30
6.- Etil metacrilato	116.50
7.- Acrilonitrilo	77.30

2.1.10 PROPIEDADES Y APLICACIONES

Debido a su estructura química, pueden tenerse muchos derivados de estos materiales. Por la presencia del

grupo (-COOH-) en el ácido poliacrílico, estos materiales pueden modificarse.

Los monómeros acrílicos polimerizan rápidamente y pueden copolimerizarse con monómeros vinílicos.

Se emplea el ácido metacrílico en copolímeros, para mejorar la compatibilidad de los jabones de polvo con agua dura. Sus sales también se emplean en pasta dental, cremas, brillantina y shampoo.

Se usan también, sales de amonio de ácido poliacrílico en pequeñas concentraciones (0.1%) en pinturas en emulsión, para prevenir coagulación y asegurar una distribución uniforme del pigmento. Las pinturas para paredes contienen frecuentemente ciertos copolímeros de ácido acrílico, neutralizados con amoníaco para prevenir la coagulación.

Los barnices enamel, preparados con copolímeros de ácido metacrílico o sus derivados, tienen excelente adhesión al metal.

En 1964 se introdujo al mercado una nueva clase de plásticos, los "ionómeros", compuestos de etileno y pequeñas cantidades de comonómeros, como ácido metacrílico. Estos compuestos fueron comercializados por la compañía Du Pont. Los compuestos presentan buenas propiedades mecánicas, debido a que su estructura se hace bastante compacta por medio de iones de sodio, potasio, magnesio o zinc. A temperaturas elevadas, esta estructura puede romperse temporalmente de tal manera que el ionómero puede ser deformado plásticamente por técnicas normales. Las películas hechas de estos plásticos son muy claras y fuertes, no son atacadas por disolventes, grasas o aceites, y se conservan flexibles aún a temperaturas muy bajas (hasta de -100°C). Estos compuestos han sido usados como películas no porosas, muy fuertes y transparentes, en botellas obtenidas por soplado, tubos, mangueras, artículos recubiertos con metal, multilaminados, etc.

El polimetilmetacrilato es, en su forma de vidrio acrílico, el más importante y conocido de estos compuestos. El vidrio acrílico se hace en forma de cilindro, tubo y hoja.

Las hojas de polimetilmetacrilato se vacían entre dos placas de vidrio o metal pulido. Estas placas son del llamado cristal flotado que reúne ciertas propiedades y características, de las cuales se aprovecha su acabado, que no debe presentar imperfecciones, así como sus cualidades de alta resistencia. Esto se logra con un enfriamiento graduado y perfectamente estudiado. Por estos factores, los cristales flotados representan una inversión muy grande.

El polimetilmetacrilato es en sí un mal conductor térmico, por lo que habrá acumulación de calor, a menos que se interrumpa la polimerización. Es por esto que el enfriamiento debe llevarse a cabo controlado con agua o aire. El vidrio acrílico sufre un encogimiento importante (20% a 25%) en la polimerización que facilita la remoción del producto del molde. (Ver dibujo II.1.).

Cuando deseen obtener vidrios acrílicos ópticamente perfectos, no deberá haber impurezas.

El vidrio acrílico puede maquinarse para su transformación. (Ver inciso 4.4.).

Una propiedad muy útil del acrílico es la de despolimerizarse, cuando se alcanza una cierta temperatura, conocida como "techo o tope" (Ceiling temperatura, en inglés). Al llegar a esta temperatura, específica para cada caso, se presenta el fenómeno contrario a la formación del polímero a partir del monómero, esto es, va a descomponerse el polímero en el monómero de partida.

Esta propiedad representa en algunos casos ventajas, puesto que pueden volver a procesarse materiales o mermas obtenidos al maquinar estos productos. Los aspectos que deberán considerarse son económicos, representados por los gastos variables de reprocesamiento del acrílico (mano de obra, recolección, servicios, etc.) contra los costos que se tuvieran por la compra de monómero fresco.

2.1.11 PROCESAMIENTO

El vidrio o placa acrílica puede unirse con cemento, soldado, remachado, etc. La unión con cemento se lleva a

cabo con disolventes, solución de polimetacrilato o agentes de unión poliméricos. (mayor Inf. Cap. 5).

A este material se le puede dar un tratamiento previo y posterior, para que soporte grandes esfuerzos. También puede deformarse plásticamente por calentamiento. Los tipos que tienen pesos molecular alto (10 000 a 3 000 000) no funden, pero reblandecen a mayores temperaturas. Incluso se da para estos materiales el fenómeno de despolimerización.

Los productos de menor peso molecular se funden normalmente y pueden ser procesados en máquinas de extrusión y de moldeo por inyección. Los compuestos del tipo polimetacrilato, usados en ambos procesos, contienen una pequeña cantidad de poliacrilonitrilo, para mejorar su fluidez. De esta manera pueden fabricarse plumas fuentes, reflejantes para luces traseras, compuestos de equipo eléctrico y muchos otros productos, sin que sea necesario darles un tratamiento de acabado.

Las placas de vidrio acrílico se usan en aplicaciones que aprovechan las propiedades ópticas y mecánicas del material, como son la alta resistencia al impacto aún a bajas temperaturas, aguante a la intemperie y su baja densidad.

Los artículos fabricados de vidrio acrílico incluyen anuncios publicitarios, señales de tránsito iluminadas, ventanillas para aviones, camiones y trenes, cubiertas de protección para máquinas, luces traseras y reflectores de automóviles, modelos transparentes de demostración, artículos para el hogar y para la oficina como porta papeles, porta lapices, plumas, etc.

En algunas aplicaciones presentan aún la desventaja de ser muy suaves, como en el caso de parabrisas de vehículos de motor, por lo que son fácilmente rayables.

También se usan en prótesis dentales y para lentes de contacto. Estas aplicaciones son consecuencia de que estos materiales son de superficie suave y fisiológicamente inofensivos.

La alta transmisión de luz del vidrio acrílico se explota en las fibras ópticas. Si un cierto número de filamentos se juntan e iluminan en un extremo, la luz es reflejada por las

paredes de la fibra. Este principio ha encontrado una gran aplicación en el campo de la electrónica moderna, aplicada a las telecomunicaciones, y ha permitido grandes avances. Los primeros adelantos en este campo se reportaron en Japón en 1982. (para mayor información ver el inciso 2.1.5.).

Una fibra sintética importante de este tipo es el poliacrilonitrilo. (Ver cap. 6.).

Cuando se copolimerizan acrilato o metacrilato con acrilonitrilo, se tiene una buena resistencia a los disolventes. Mayores contenidos de acrilonitrilo (más del 50%) mejoran la resistencia al impacto del producto. Las desventajas son:

1. Coloración ligeramente amarillenta.
2. Disminución de los puntos de reblandecimiento y vitrificación.
3. Estos polímeros no pueden ser trabajados por extrusión o moldeo por inyección.

2.1.12 PRODUCTOS RELACIONADOS

Las polimetacrilamidas y sus copolímeros con ácido metacrílico se usan como agente de sedimentación, para la clarificación de fluidos lechosos, en la preparación de productos minerales (como el caolin) y para la purificación de agua residual (de desecho). Asimismo se emplean para mejorar la resistencia del papel mojado.

Las poliacrilamidas se usan como agentes de dispersión en polimerización en suspensión de monómeros vinílicos. En el caso de polimerizaciones en emulsión actúan como coloides protectores; esto es, recubren las micelas donde se lleva a cabo la polimerización, con lo cual evitan que se junten y se tenga una separación en dos fases continuas (coalescencia).

LA RESINA ACRILICA

2.1.13 PRODUCTOS COMERCIALES

Algunas marcas comerciales de lámina acrílica en el mundo.

NOMBRE	PROCEDENCIA
Plexiglas, Acrifix, Degalan, Resarit	Alemania
Lucite, Creslan, Croftan, Acrylite, Noan, Oroglas, Swedcast.	Estados Unidos
Altulite	Francia
Diakon, Perspex.	Gran Bretaña
Edimet, Crilat, Lacrilex, Vedril.	Italia
Carboulon, Delpet, Shinkolite "P", Sunipex.	Japón
Acrílico, Plexiglas, Plastiglas.	México

Algunas marcas comerciales de fibra acrílica en el mundo.

NOMBRE	PROCEDENCIA
Dolan, Dralon, Prcelana, Wolcrylon	Alemania
Acribel	Bélgica
Acrilan Crestan, Orlon, Zekrome, Zefran	Estados Unidos

NOMBRE	PROCEDENCIA
Crylon	Francia
Courtelle	Gran Bretaña
Pamaryl	Hungría
Leacril	Italia
Belson, Cachmilon, Exlan, Nilton,	
Polyazin, Toraylon, Vonncl	Japón
Crysel, Acrilan, Darvan	México
Rolan	Rumania
Tocryl	Suecia
Nitron	U.R.S.S.
Maxrolan	Yugoslavia

2.1.14 PROPIEDADES FISICAS DEL ACRILICO (PMMA)

(Determinación con muestras de 3 mm de espesor).

PROPIEDAD	METODO DE PRUEBA ASTM	UNIDAD	VALOR
Peso Específico	D792-64T		1.19
OPTICAS			
Poder de dispersión			0.0174
Índice de Refracción	D542-50	ND	1.49
Transmisión de luz (cristal)	D1003-61	%	92.0
Transmisión de luz ultra-violeta a 320 M μ	Modelo 11	%	0.0

LA RESINA ACRILICA

PROPIEDAD	METODO DE PRUEBA ASTM	UNIDAD	VALOR
MECANICAS			
Resistencia a la tensión:	D638-64T	Kg/cm ²	700-760
Ruptura			
Módulo de elasticidad		Kg/cm ²	28,000 - 30,000
Elongación Ruptura		%	4.5
Resistencia a la flexión:	D790-63	Kg/cm ²	1,050 - 1125
Ruptura			
Módulo de elasticidad		Kg/cm ²	28,000
Resistencia a la compresión	D780-63T	Kg/cm ²	1,260
Resistencia al esfuerzo cortante	D732-46	Kg/cm ²	630 - 700
Resistencia al impacto Charpy	D256-56	Kg/m	0.48
Izod		Kg/cm/cm	30,000
Dureza Rockwell	D785-62		M - 100
TERMICAS			
Temperatura de formado		°C	140 - 80
Coefficiente de expansión	D696-44	cm/cm/c	9 X 10
Coefficiente de expansión por volumen			
Temperatura de servicio	D696-44	°C	80
Conductividad térmica	D696-44	Cal/seg.cm	5 X 10
Flamabilidad	D635	Cm/min	3
Calor específico		Cal/gr °C	0.35

PROPIEDAD	METODO DE PRUEBA ASTM	UNIDAD	VALOR
ELECTRICAS:			
Resistencia dieléctrica	D149-61	Kvol/mm	20
Constante dieléctrica	D150-59T		
60 ciclos			4
10 ciclos			4
Resistencia al arco	D495-61		sin huella
Resistividad (volumen)	D257-66	ohm-cm	1.6 X 10
Resistividad (Superficie)	D257-66	ohm	1.9 X 10

(Absorción de agua 0.2-0.3% por peso después de 24 Hrs. de inmersión).

Es superior al vidrio ordinario en la transmisión de la luz ultravioleta. La placa presenta homogeneidad óptica. No tiene cloro y resiste la oxidación en exteriores y la radiación de la luz.

2.1.15 PROPIEDADES QUIMICAS DEL ACRILICO (PMMA)

SA = Satisfactorio.

UL = Uso limitado.

NR = No resiste.

SS = Solución Saturada.

CO = Concentrado.

LA RESINA ACRILICA

PRODUCTO	CONCENTRACION	RESISTENCIA 20°C	TIEMPO DE EXPOSICION	OBSERVACIONES
Acetaldehído	100%	NR	---	
Acido Acético	10%	SA	5 años	hinchado
	100%	NR	1 día	disuelto
Acetona	100%	NR	1 día	disuelto
Acetofenona		NR	28 días	agrietado
Alcohol etílico	10%	UL	1 año	ataque
	100%	NR	1 año	ataque
Alcohol isopropílico	10%	UL	1 año	agrietado
	100%	UL	1 año	ataque
Alcohol Metílico	10%	UL	1 año	ataque
	100%	NR	168 días	hinchado
Cloro	2% H ₂ O	UL	5 años	ataque
Cloroformo	100%	NR	1 día	disuelto
Acido Crómico	10%	SA	5 años	manchado
Acido Cítrico	100%	SA	5 años	---
Eter Dietílico		NR	168 días	hinchado
Dibromuro de Etileno		NR	1 día	disuelto
Etil glicol	100%	SA	5 años	---
Dicloruro de Etileno		NR	1 día	disuelto
Formaldehído	40%	SA	5 años	---
Acido Fórmico	10%	SA	5 años	---
	90%	NR	168 días	---
Glicerina	100%	SA	5 años	---
Hexano	100%	SA	168 días	agrietado
Acido Clorhídrico	10%	SA	168 días	agrietado
	CO	SA	168 días	agrietado
Carbonato de Sodio	SS	SA	5 años	---
Clorato de Sodio	SS	SA	5 años	---
Acido Sulfúrico	10%	SA	5 años	ataque
	98%	NR	1 día	ataque
Toluol	100%	NR	7 días	disuelto
Agua	100%	SA	5 años	---
Gas solvente	100%	SA	5 años	agrietado
Xilól	100%	NR	7 días	disuelto

2.1.15.1 RESUMEN DE PROPIEDADES QUÍMICAS

RESISTE:

Agua
Sales inorgánicas
Alcalis
Ácidos diluidos
Hidrocarburos alifáticos
Esteres simples
Aceites minerales

LO ATACAN:

A. Disolventes orgánicos
Hidrocarburos aromáticos
Cetonas
Esteres
Hidrocarburos Clorados
B. Disolventes adelgazados

2.1.16 EMULSIONES ACRÍLICAS

Los polímeros acrílicos de emulsión se usan en grandes volúmenes para recubrimientos, acabados y como agentes promotores de adhesión para papel y piel, en recubrimientos de exteriores e interiores en el hogar y la industria y como adhesivos, elastómeros, plastificantes y ceras de piso.

Las aplicaciones mencionadas, así como las potenciales, se derivan de su estabilidad, durabilidad, facilidad para dispersar pigmentos y versatilidad para copolimerizar.

A continuación se presentará una tabla donde se muestra la versatilidad de estos productos:

MONÓMERO	UNTUOSIDAD DE PEGADO	SUAVIDAD DUREZA	RESISTENCIA A LA TENSION	ELONGACION	ABSORCION DE AGUA
Metilmetacrilato	No pegajoso	Bastante duro	Alta	Baja	Ligera
Metilacrilato	Casi no pegajoso	Bastante suave	Moderadamente alta	Moderadamente alta	Alta
Etilacrilato	Pegajoso	Suave y plástico	Baja	Muy alta	Ligera
Butilacrilato	Muy pegajoso	Muy suave	Muy baja	Extremadamente alta	Muy pequeña

La utilidad de esa tabla reside en el hecho de que pueden preseleccionarse los monómeros necesarios, para cumplir las condiciones especificadas por un cliente.

Al usar el proceso de emulsión, se obtiene combinaciones de las propiedades de los monómeros que resultan muy atractivas y se tienen productos listos para su aplicación inmediata.

2.1.16.1 PRECESAMIENTO

El tipo de proceso (emulsión) trae consigo ventajas, tanto en las propiedades como de procesamiento.

Las funciones del medio acuoso son entre otras:

1. Moldear el calor de polimerización, con lo que se obtiene un buen control de la velocidad a temperaturas bajas. Esto permite tener un producto mejor y más homogéneo.
2. Disminuir la viscosidad del sistema. Permite la producción de polímeros de alto peso molecular, a velocidades altas (10 a 100 veces la de polimerización en masa) y alta conversión.
3. Minimizar el tratamiento de efluentes, así como problemas de salud y seguridad, asociados con disolventes orgánicos.

2.1.16.2 LA PRODUCCION

La producción consta de tres etapas:

2.1.16.2.1 Preparación de Alimentación

Se pone la mezcla monómerica sola o preemulsificada con agua y jabón. La agitación de la mezcla preemulsificada es necesaria para mantener estable la formación de gotas de monómero.

2.1.16.2.2 Polimerización

Puede llevarse a cabo en un tanque aislado, con adición gradual isotérmica o en una combinación de ambas.

1. Proceso de un paso en tanque

Requiere cargar el reactor con la mezcla monomérica de emulsión, evacuar e introducir un gas inerte (nitrógeno o bióxido de carbono). La temperatura

debe ajustarse a la velocidad de agitación y agregar los promotores y catalizadores adecuados.

Como se obtiene rápidamente una conversión cuantitativa, la temperatura del tanque aumenta rápidamente.

2. Operación Isotérmica:

Se tiene un mejor control de proceso. La emulsión de monómero se prepara en un recipiente, mientras se carga el reactor con jabón adicional y agua. La velocidad para agregar la mezcla se ajusta, para mantener las condiciones isotérmicas. La temperatura de polimerización depende del tamaño de partícula que se vaya a manejar.

2.1.16.2.3 Procesamiento Posterior

El producto se descarga a recipientes grandes encaquetados para el procesamiento final. En función del tipo de emulsión y la aplicación, este procesamiento consistirá en un ajuste de los sólidos en emulsión y de PH, adición de un catalizador para estabilizar el producto, un neutralizador, bactericida, agente espesante y llevar a cabo el enfriamiento a temperatura de empaque.

2.1.16.3 COMPONENTES

Aunque son todavía útiles los componentes que tienen altos niveles de inhibidores, se prefieren actualmente los productos con bajos niveles, debido a sus ventajas técnicas y económicas, por requerir ciclos de proceso más cortos, polimerizaciones menos bruscas, más reproducibles y mejor color.

Por niveles bajos de inhibidor, se entiende de 10 a 100 partes por millón (ppm) o miligramos por litro de productos como las hidroquinonas o hidroxitolueno butilado.

Agua: Se recomienda usar agua suavizada o desionizada, para obtener el tamaño de partícula adecuado, que puede ser modificado por la presencia de los iones en el agua.

Jabón: En general, el emulsificante tienen las funciones siguientes:

1. Acelerar la polimerización por la formulación de micelas.
2. Regular el número de partículas.
3. Estabilizar la suspensión coloidal.

Además, no debe producir un espumado excesivo o afectar seriamente las propiedades del producto. Deberá tenerse cuidado de que el emulsificante sea adecuado para el sistema, sin provocar la formación de agregados.

2.1.16.4 INICIADORES

Se usan sistemas de iniciación solubles en agua, aunque también pueden agregarse catalizadores solubles en aceite, para cubrir requerimientos específicos de reacción.

2.1.16.5 CONDICIONES DE REACCION

Temperatura: Un incremento en la temperatura de reacción, por lo general la velocidad de polimerización y reduce tanto el peso molecular como el tamaño de partícula.

Aunque las temperaturas más elevadas disminuyen las concentraciones de monómero, en la partícula en crecimiento, como consecuencia puede formarse un mayor número de micelas a temperatura elevada.

2.1.16.6 AGITACION

Debe mantenerse una agitación adecuada, tanto durante la preemulsificación como durante la polimerización.

En el recipiente de emulsificación de monómero, su función es la de romper o disgregar el monómero preemulsificado, en pequeñas gotas estables

La agitación es muy importante para llevar a cabo el proceso en forma eficiente, puesto que un exceso de agitación produce espumado, floculación del polímero y retardo de la reacción, debido a la absorción de aire por el sistema.

2.1.16.7 FORMULACION TIPICA PARA EMULSION ACRILICA

	PARTES
1. Acrilato de etilo	30.00 - 35.00
2. Metil metacrilato	05.00
3. Acido metacrílico	01.50
4. Jabón (emulsificante)	----
5. No-i-onico (70% sólido)	03.00
6. Agua desionizada	50.00 - 60.00
7. Persulfato de amonio	00.05
8. Bisulfato de sodio	00.05
9. Sulfato de fierro	00.00
10. Hidróxido de potasio (45%)	00.50
11. Bactericida	00.05

2.1.16.7.1 Formulación para Pintura (Para repintado de automóviles).

1. Polímero de metilmetacrilato	100.00
2. Solución de acetato de butirato de celulosa (ver 2.1.14.7.2.)	18.00
3. Solución de plastificante (ver 2.1.14.7.3.)	
4. Alcohol diacetona	09.00
5. Solución de nitrocelulosa (ver 2.1.14.7.4.)	30.00

2.1.16.7.2 Solución de Acetato

1. Acetato butirato de celulosa de medio segundo	50.00
2. Acetona	50.00

2.1.16.7.3 Solución de Plastificante

1. Butil bencilfталato	30.00
2. Acetato de etilo	20.00
3. Metil etil cetona	30.00

2.1.16.7.4 Solución de Nitrocelulosa

1. Nitrocelulosa RS medio segundo	33.00
2. Acetato de etilo	17.00
3. Acetona	50.00

2.2 CAPACIDAD INSTALADA EN MEXICO

La capacidad instalada de esta resina es bastante flexible, debido a que se pueden utilizar equipos de polimerización prácticamente de uso general. Dicha capacidad se incrementó en el período 1975 -1984 un 301.85%.

Con respecto a proyectos nuevos o de ampliación, se desconocen.

A continuación presentamos una tabla en la cual mostramos el incremento en el uso de este material.

2.2.2 ESCENARIO EN EL MERCADO

AÑO	CAPACI- DAD INS- TALADA	PRODUC- CION	IMPOR- TACION	EXPOR- TACION	CON- SUMO APARENTE
1975	7,000	4,850	673	---	5,523
1976	7,000	6,350	1,805	---	7,435
1977	11,500	7,990	758	300	8,448
1978	11,500	9,000	---	80	8,920
1979	14,000	9,936	620	636	9,920
1980	14,000	9,330	991	334	9,987
1981	14,000	9,352	1,319	230	10,441
1982	26,000	15,625	599	323	15,901
1983	26,000	13,906	204	362	13,748
1984	26,000	14,640	50	100	14,550

(TONELADAS)

Comisión Petroquímica Mexicana. INCE INFOTEC (1985)

2.3 PRODUCCION EN MEXICO

La producción de esta resina se incrementó en el período 1975-1981, a una tasa promedio anual de 13.3%.

Durante 1982 se tuvo un aumento sustancial, llegando al 67% con respecto del año anterior. Sin embargo disminuyó nuevamente en 1983 y los datos preliminares arrojan una nueva tendencia a aumentar.

Comisión Petroquímica Mexicana, CANACINTRA, INFOTEC. (1984).

2.3.1 TARIFA ARANCELARIA DE LA PRODUCCION EN MEXICO

En este inciso presentamos las claves arancelarias internacionales, con las cuales usted podrá pedir información en el área correspondiente de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) de los compuestos que se muestran a continuación:

COMPUESTO	CLAVE
Resinas Acrílicas	390200A04
Adhesivos a base de polímero acrílico	400200A03

2.4 IMPORTACION

Las importaciones realizadas durante el período analizado han sido menores del 10% de la producción nacional. Sobrepasando dicho porcentaje sólo en los años 1975, 1976 y 1981.

* Comisión Petroquímica Mexicana, CANACINTRA, INFOTEC. (1984).

2.4.1 TARIFA ARANCELARIA DE LA IMPORTACION

En este inciso presentamos las claves arancelarias internacionales, con las cuales usted podrá pedir información en

LA RESINA ACRILICA

el área correspondiente de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) de los compuestos que se muestran a continuación:

COMPUESTOS	CLAVE
Acido Acrílico	2914A0009
Acido metacrílico	2914A0017
Metacrilato de metilo	2914A0042
Acrilato de metilo	2914A0054
Acilonitrilo	2927A0003
Pegamentos a base de resinas acrílicas	3902A0004
Adhesivos a base de cianoacrilatos	3902A001
Resinas acrílicas hidroxiladas	3902A0013
Poliacrilatos sin cargas ni modificadores	3912B001
Poliacrilatos pigmentos o colorantes	3902B0016
Copolímeros de acilonitrilo butadieno	3902B0019
Copolímeros de acilonitrilo	3902B0043

2.5 EXPORTACION

En el ramo de exportaciones, las efectuadas durante 1975-1985, son poco significativas y sin ninguna tendencia marcada.

Instituto Mexicano Del Plástico Industrial.

2.6 DISTRIBUCION DE SU CONSUMO

Dentro de los usos que tiene esta resina se tienen los siguientes: cubiertas de protección para maquinaria, anuncios publicitarios, señales de tránsito iluminadas, ventanillas para aviones, luces traseras y reflectores de automóviles,

artículos para el hogar, se utiliza también en prótesis dentales y para lentes de contacto y fibras ópticas, entre muchas más. (Para mayor información ver incisos 2.1.1., 2.1.5. y 2.1.11.).

En términos generales su distribución es aproximadamente la siguiente:

POR CIENTO	APLICACION
79%	Lámina (casting)
11%	Lámina con fibra de vidrio
8%	Grano acrílico (Pellet)
2%	Otros
100%	TOTAL

• Instituto Mexicano del Plástico Industrial

2.7 PRECIO

El precio por kg. \$ 2.75 Dlls.
Cotizado el 11 de Septiembre de 1987.

2.8 EMPRESAS FABRICANTES EN MEXICO

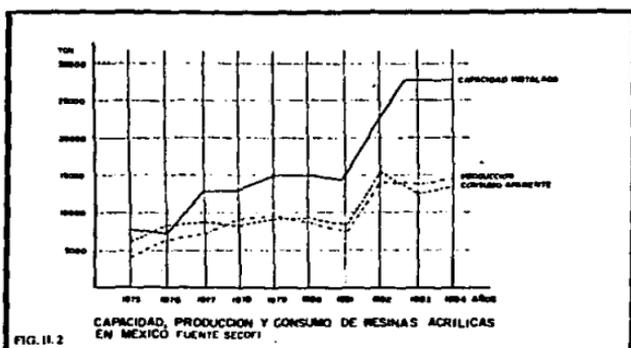
Entre las empresas fabricantes de resina acrílica se encuentran las siguientes:

1. Du Pont, S.A. de C.V.
2. Industrias Resistol, S.A.
3. Plastiglas de México, S.A.
4. Reichhold Química de México, S.A.
5. Rohm & Haas México, S.A. de C.V.
6. Stabilit, S.A.
7. Acabados Newark Stahl, S.A. de C.V.

2.9 PRONOSTICOS Y PERSPECTIVA DEL MERCADO NACIONAL

Considerando la tasa histórica del consumo interno y las nuevas aplicaciones en el mercado nacional, como son en tapas de colectores solares, en la electrónica doméstica y a la sustitución en varios usos del poliestireno por esta resina, se estima que su consumo sea del orden de 30 000 Toneladas para 1990.

Instituto Mexicano Del Plástico Industrial.



CAPITULO 3

TECNICAS DE TRANSFORMACION DEL PMMA, SAN Y ABS

3.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

El hombre ha venido utilizando los materiales plásticos desde hace cientos de años en sus formas naturales; de las primeras resinas que utilizó el ser humano, seguramente fue la goma laca sobre la cual se hallan datos en los antiguos textos Hindús.

En un manuscrito de Historia Natural que consta de 37 volúmenes el Naturalista Plinio el Viejo (23-79 DC) escribió detalladamente sobre las propiedades del Ambar, que es una resina fósil, de color amarillento, dura, quebradiza y aromática que data del período Oligocénico, producida por una *Conifera* ahora extinta.

La Gutapercha que se extrae de un árbol de Malasia, fue introducida en Europa alrededor del siglo XVII, su principal aplicación fue en la fabricación de bolas de Golf y como aislante de cables submarinos; esta última aplicación fue reemplazada solo hace algunos años. Como la goma laca, el ámbar y la gutapercha son resinas que se encuentran

en la naturaleza, no se dispone de una gran cantidad de ellas en comparación a las que se obtienen por síntesis química. Al necesitar el hombre de productos que estuvieran al alcance de sus necesidades, disponibles en grandes cantidades y en cualquier momento, empezó a investigar la forma de producir materiales novedosos que sustituyeran a las materias primas tradicionales, simulándolas o mejorando las cualidades de éstas.

A mediados del siglo XIX, se cosechó mucha de la experiencia que habían dejado las investigaciones de nuestros antepasados, y se empezó a producir casi empíricamente los primeros compuestos plásticos, esta producción e investigación ha llegado a nuestros días con un ritmo vertiginoso, provocando la creación de una gran cantidad de plásticos para infinidad de usos.

El año que inicia la época moderna de los materiales plásticos, fue en 1862 en donde el inglés Alejandro Parkes muestra al mundo en la Gran Exposición de Londres objetos fabricados a base de un compuesto de nitrato de celulosa moldeado a presión llamado parkesine; seis años después el joven tipógrafo norteamericano John Wesley Hyatt que estaba dedicado a la búsqueda de un material que sustituyera al marfil en las bolas de billar, un día mezclando nitrato de celulosa y alcanfor en presencia de calor, descubrió el Celuloide. Hyatt y Parkes se disputaron por muchos años la prioridad del invento. Ambos tenían razón, ya que en el decenio entre 1860 y 1870 se habían acumulado en este sector tantos datos y resultados experimentales, que varios investigadores contemporáneos llegaron a los mismos resultados en diferentes partes del mundo, y muy a menudo sin saberlo entre sí.

La primera fábrica industrial fue la Hyatt Celluloid Manufacturing Company de Albany en los Estados Unidos de Norte América produciendo el Celuloide, que se considera el primer material plástico fabricado industrialmente, fundador de una familia numerosa que actualmente cuenta con aproximadamente cuarenta componentes.

Los materiales plásticos, son los primeros componentes que se fabrican totalmente por el hombre y que no se hallan

en la naturaleza; han demostrado poder reemplazar con eficacia a los materiales tradicionales; se pueden proyectar sus características y propiedades según las aplicaciones, son además productos sin vinculación geográfica, es decir, que su fabricación no está sujeta a la existencia de cultivos o yacimientos como en el caso de la madera y el mármol.

Junto con la producción del plástico, el hombre se dedicó a inventar procedimientos para darle forma a este material, transformándolo en objetos útiles por varios métodos. Los hermanos Hyatt en 1872, presentan en los Estados Unidos la primera patente de una máquina de inyección para materiales plásticos, pocos años después fabrican el primer molde de inyección de varias cavidades, 1879 Gray obtiene la patente para el primer extrusor de tornillo, y así se empieza a conformar los procesos de transformación de plástico entre los que tenemos:

1. Inyección.
2. Extrusión.
3. Laminado.
4. Soplado.
5. Rotomoldeo.
6. Calandreado.
7. Termoformado.
8. Vaciado.
9. Espumado.
10. Transferencia.
11. Coextrusión.
12. Aspreado.
13. Maquinado.
14. Compresión, entre otros.

3.1.1 FECHAS MAS IMPORTANTES PARA LOS PROCESOS DE TRANSFORMACION DEL PLASTICO

1872

Los hermanos Hyatt patentan la primera máquina de inyección para plásticos.

- 1878 Hyatt fabrica el primer molde para inyección de varias cavidades.
- 1879 Gray obtiene la patente para el primer extrusor de tornillo.
- 1926 En Alemania se fabrican industrialmente las primeras máquinas de inyección proyectadas para materiales plásticos.
- 1935 Realización de la primera máquina para el soplado de plástico produciendo cuerpos huecos.

3.2 TECNOLOGIA DE TRANSFORMACION PARA VARIOS POLIMEROS

POLIMERO:

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| 1. Polimetilmetacrilato | PMMA |
| 2. Estireno acrilonitrilo | SAN |
| 3. Acrilonitrilo butadieno estireno | ABS |
| 4. Policloruro de vinilo rígido | PVC R |
| 5. Policloruro de vinilo plastificado | PVC P |
| 6. Policloruro de vinilideno | PVDC |
| 7. Polietileno baja densidad | PE LD |
| 8. Polietileno alta densidad | PEHL |
| 9. Polipropileno | PP |
| 10. Polietilentereftalato | PET |
| 11. Policarbonato | PC |
| 12. Poliacetal | POM |
| 13. Poliamida 6 | PA 6 |
| 14. Poliamida 11 | PA 11 |
| 15. Politetrafluoroetileno | PTFE |
| 16. Policlorotrifluoroetileno | PCTFE |
| 17. Poliuretanos termofijos | PUR |
| 18. Poliuretanos termoplásticos | PU |
| 19. Acetato de celulosa | CA |
| 20. Acetato butirato de celulosa | CAB |
| 21. Ionómeros | SURLYN |
| 22. Etileno acetato de vinilo | EVA |
| 23. Polimetilpenteno | — |
| 24. Polisulfonas | PPSU |
| 25. Fenólicas | PF |

TECNICAS DE TRANSFORMACION

26. Amnías	—
27. Poliésteres no saturados	UP
28. Epoxi EP	EP
29. Poliestireno	PS

PROCESOS DE TRANSFORMACION:

- A. Inyección.
- B. Extrusión.
- C. Filmado.
- D. Soplado.
- E. Rotomoldeo.
- F. Calandreado.
- G. Termoformado.
- H. Vaciado.
- I. Espumado.
- J. Transferencia.

SIMBOLOGIA:

SI = Sí se puede transformar por este proceso.

NO = No se puede transformar por este proceso.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1. PMMA	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO
2. SAN	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
3. ABS	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO
4. PVC R	SI	NO	SI							
5. PVC P	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
6. PVDC	NO	SI	SI	NO						
7. PE LD	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO
8. PE HL	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO
9. PP	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO
10. PET	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO
11. PC	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO
12. POM	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
13. PA6	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
14. PA11	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
15. PTFE	SI	SI	NO							
16. PCTFE	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO
17. PUR	SI	NO	SI	NO						
18. PU	SI	SI	NO							
19. CA	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO
20. CAB	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
21. SURLYN	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO
22. EVA	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
23.	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO
24. PPSU	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
25. PF	SI	NO	SI							
26.	NO	SI								
27. UP	NO	SI	NO	SI						
28. EP	NO	SI	NO	SI						
29. PS	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO

3.3 POLIMETILMETACRILATO (PMMA)

Químicamente se trata de compuestos (ésteres acrílicos) representados por la fórmula genérica:



y la representada para los Metacrilatos como unidad fundamental es la siguiente:



Debido a su estructura química, pueden tenerse muchos derivados de estos materiales. Los monómeros acrílicos polimerizan rápidamente y pueden copolimerizarse con monómeros vinílicos.

El polimetilmetacrilato es, en su forma de vidrio acrílico, el más importante y conocido de estos compuestos.

El polimetilmetacrilato es en sí un mal conductor térmico, por lo que habrá acumulación de calor, a menos

que se interrumpa la polimerización. El vidrio acrílico sufre un encogimiento importante (20% a 25%) en la polimerización, que facilita la remoción del producto del molde.

Una propiedad muy útil del acrílico es la de despolimerizarse cuando se alcanza una cierta temperatura, específica para cada caso conocida como techo o tope, descomponiéndose el polímero en el monómero de partida. (Para mayor inf. ver inciso 2.1.10.).

3.3.1 PROPIEDADES

El PMMA es un material rígido, resistente, transparente que posee excelente resistencia al envejecimiento y excepcional estabilidad a la luz y a los agentes atmosféricos. Tiene una capacidad de transmisión de la luz que es alrededor de 92% por todo el espectro, superior por lo tanto al de los vidrios inorgánicos, (Complemente esta inf. con incisos del capítulo. 4). El alto índice de refracción permite introducir a los rayos luminosos dentro de las dos caras internas de las superficies del material, por el efecto de la reflexión. La resistencia mecánica, la rigidez y la dureza son de las más elevadas en el campo de los termoplásticos; posee buenas propiedades térmicas y excelentes propiedades eléctricas, es resistente a las sales, bases, ácidos inorgánicos diluidos, hidrocarburos y aceites. Los polímeros de metacrilato se descomponen a temperaturas superiores a los 300°C. (Ver inciso 2.1.14.).

3.3.2 TECNOLOGIAS DE TRANSFORMACION

En el comercio el PMMA se expende en estado sólido (gránulos o semielaborados) o en forma líquida de monómero parcialmente polimerizado. A partir del monómero, las resinas metacrílicas se pueden transformar por colada o vaciado, o sea, vertiendo en los moldes el líquido siruposo prepolimerizado; por acción de la luz, del calor o de los catalizadores se completa el proceso de polimerización, obteniendo manufacturados semielaborados o productos acabados. Esta es la tecnología de transformación del PMMA más antigua y al mismo tiempo

más sencilla. A partir de los semielaborados, generalmente placas planas fabricadas por vaciado o por extrusión, el PMMA se elabora generalmente con el método de termoformado. Los manufacturados, pueden ser tratados o acabados con herramientas normales, utilizadas para la elaboración de la madera o de los metales y pulidos con paño, disco rotativo, etc. (Para ampliar inf. ver del inciso 4.2 al 4.7). También se suministra en gránulos que se transforman en las maquinarias normales para inyección y extrusión de los materiales termoplásticos, casi siempre provistas de cilindros con zonas de desaeración. Se producen asimismo, en grandes cantidades, placas que llegan a tener hasta más de 10 cm de espesor, y que luego se transforman para obtener productos diversos.

3.3.3 APLICACIONES

Las aplicaciones son increíblemente numerosas, justamente en virtud de las propiedades físicas y estéticas del material que abarcan los siguientes sectores: construcción, mobiliario, publicidad, industria automotriz, náutica, industria aérea, industria de electrodomésticos, aparatos sanitarios y de laboratorio entre otros. Con el polimetilmetacrilato se fabrican bañeras, lavabos, tabiques, cabinas para duchas, muebles, objetos decorativos, letreros, cúpulas, claraboyas, faros catadióptros, ventanillas y parabrisas para motos, partes de electrodomésticos, tubos de laboratorio, prótesis quirúrgicas, esculturas y obras de arte. (Para mayor inf. ver inciso 2.1.5.)

El porcentaje de bañeras de PMMA instaladas en la Gran Bretaña alcanza ya el 75%, y en México casi el 45 %

Se usan cada vez más, semielaborados de fórmulas especiales de PMMA para ventanales en el sector de la construcción, y para la fabricación de invernaderos, ahorrando de este modo, la energía para la calefacción.

3.3.4 PRODUCTOS COMERCIALES

Entre las empresas fabricantes de resina acrílica en México se encuentran las siguientes:

1. Du Pont, S.A. de C.V.
2. Industrias Resistol, S.A.
3. Plastiglas de México, S.A.
4. Reichhold Química de México, S.A.
5. Rohm & Haas de México, S.A. de C.V.
6. Stabilit, S.A.

A continuación se mostrará una lista de nombres comerciales con los que se conoce el polimetilmetacrilato en diferentes partes del mundo. (Para mayor Inf. ver inciso 2.1.13).

NOMBRE	PAIS	NOMBRE	PAIS
Acrilite	USA	Luprenal	Alemania
Allulite	Francia	Oroglas	USA
Barex 210	Suecia	Placryl p	Alemania
Cyanacryl	USA	Plexidur	Alemania
Degalan	Alemania	Plexiglas	Alemania
Dlakon	Inglaterra	Resarit	Alemania
Lacriflex	Italia	Vedril	Italia
Lucite	USA		

3.4 ESTIRENO ACRILONITRILO (SAN)

Estas resinas, son el resultado de la copolimerización del estireno y el acrilonitrilo, monómeros de los que toma las letras que le dan su nombre SAN.

Tienen el brillo y la claridad del poliestireno, con una mayor resistencia química, más temperatura de deflexión térmica, mayor tenacidad y resistencia mecánica.

Los compuestos SAN son termoplásticos rígidos, duros, transparentes, que se procesan fácilmente y tienen buena estabilidad dimensional. Esta combinación de peculiaridades es única entre los polímeros transparentes. Aunque las resinas de estireno acrilonitrilo se usan en formas opacas, la mayoría de sus aplicaciones son en productos cristalinos o translúcidos.

Son copolímeros de estireno y acrilonitrilo producidos por polimerización en emulsión, suspensión o en masa en continuo.

Por lo general las proporciones de estireno y acrilonitrilo son: 76 partes estireno por 24 partes de acrilonitrilo.

El SAN se fabrica en procesos continuos en masa o en solución, sin que sea necesario agregar un iniciador.

Por su tenacidad a desarrollar una coloración amarillenta, es necesario tener cuidado en las etapas de polimerización y de separación de volátiles, durante el proceso de fabricación.

3.4.1 PROPIEDADES

Las variables principales que afectan las propiedades de estas resinas son el peso molecular y la composición del copolímero.

Un aumento en el peso molecular o en el contenido de acrilonitrilo, mejora en la mayoría de las ocasiones las propiedades físicas de la resina, pero simultáneamente traerá aparejada una pérdida en la facilidad de procesamiento y un ligero incremento en el color del plástico. Es posible obtener un mejoramiento en algunas cualidades específicas, con la adición de ayudas de proceso y modificadores como estabilizadores a radiación ultravioleta, elastómeros, ayudas de flujo y fibras de vidrio.

Se han empleado algunas resinas SAN con estabilizadores a radiación ultravioleta, para aplicaciones en ventanas y otros usos exteriores.

Con respecto a las propiedades químicas, las resinas SAN son resistentes a ácidos de bacterias, álcalis, hidrocarburos alifáticos, aceites vegetales, alimentos y a varios detergentes.

Son atacados por hidrocarburos aromáticos y clorados, ésteres y cetonas.

En lo que respecta a las propiedades mecánicas, estas resinas presentan buena resistencia a la tensión, a la flexión y un módulo de elasticidad alto.

TECNICAS DE TRANSFORMACION

Los valores de impacto para probeta ranurada Izod van de 0.3 a 0.5 pie-libra/pulgada² de ranura, lo que depende del grado y las condiciones de procesamiento.

Al reforzarlas con fibra de vidrio crecen la tenacidad, la resistencia térmica y la dureza.

Hablando sobre las propiedades térmicas, la temperatura de deflexión térmica a 264 libras/pulgada² va de 93 a 107°C.

3.4.2 TECNOLOGIAS DE TRANSFORMACION

Las resinas SAN se procesan fácilmente por inyección y extrusión principalmente.

Las resinas SAN vírgenes tienen valores de encogimiento de 0.3 a 0.7%, en función de su tipo y de las condiciones de moldeo.

Los productos elaborados de SAN pueden conformarse en caliente y después aserrar, torrear, pulir, soldar con ultrasonido, etc.

El reforzamiento con fibra de vidrio reduce el encogimiento a valores de 0.1 a 0.2%.

Las operaciones de acabado para partes de SAN pueden ser: el maquinado, adhesión y decorado.

Pueden usarse adhesivos a base de hule, epóxicos, cianoacrilatos, soldadura ultrasónica y con disolventes. Los disolventes comúnmente usados incluyen el cloruro de metileno y la metil etil cetona. Estos pueden aceptar hasta un 15% de SAN, para darle cuerpo o consistencia al adhesivo. Para decorar los productos de SAN es posible usar métodos como el pintado, metalizado y la impresión.

3.4.3 APLICACIONES

Los principales mercados para las resinas SAN están en artículos de uso común como botones de encendido, compartimientos para carne y verduras de refrigeradores, tapones para mezcladores y batidoras. En la industria automotriz: cubiertas para instrumentos, componentes diversos, etc. Por lo que respecta al empaque comprenden: recipientes

para cosméticos, botellas y envases. En la electrónica: cajas para baterías. En la biomédica: jeringas, aspiradores de sangre y en dispositivos de riñones artificiales. Asimismo son empleadas en teclas de máquinas de escribir y barriles para plumas y lapiceros.

Debido a su compatibilidad con muchas resinas de mayor costo, se usan como vehículos concentrados de color, para muchos de los termoplásticos de ingeniería.

Estas resinas también se utilizan para modificar y mejorar, las características de flujo del ABS, PVC y otros productos.

3.4.4 PRODUCTOS COMERCIALES

En México solo existe una empresa fabricante de estireno acrilonitrilo.

1. Industrias Resistol, S.A.

De las variantes que tenemos a nuestra disposición en el mercado nacional son:

1. Para inyección y extrusión.

a) Epolan SAN UL94.

2. Con refuerzo.

a) Epolan SAN/fibra de vidrio.

b) Epolan SAN/carga mineral.

3. Material con grado médico

a) Epolan SAN G.M.

A continuación se presenta una lista con los nombres con que se conoce el estireno acrilonitrilo en diferentes partes del mundo.

TECNICAS DE TRANSFORMACION

NOMBRE	PAIS
Alonene	Francia
Cebian	Japón
Epolan SAN	México
Kostil	Italia
Lalgsan	Francia
Lastil	Italia
Luran 52	Alemania
Lustran	USA
Metacrylene	Francia
Novadur W	Alemania
Restil	Italia
Styvacryl	Francia
Thermocomp BF	USA
Trill	USA

3.5 ACRILONITRILLO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)

Las resinas ABS, son el resultado de una de las más apreciadas mezclas entre una resina y un elastómero, y deben su extraordinario éxito, justamente a las excelentes propiedades que nacen de esta unión.

La sigla ABS está formada por las iniciales de tres monómeros de base utilizados para su preparación: acrilonitrilo, butadieno y estireno. La síntesis es compleja, y se basa fundamentalmente sobre la preparación de un copolímero de tipo SAN, (Ver inciso 3.4.) que constituye la fase resinosa de la mezcla, y de un copolímero butadieno acrilonitrilo o de un terpolímero (butadieno estireno acrilonitrilo) que forman la fase elastomérica. Sucesivamente las dos fases se mezclan según procedimientos varios. Alrededor de la década de los Treintas, las compañías Dow Chemicals y la I.G. Farben produjeron las primeras cantidades de estireno y de poliestireno en escala industrial. En cambio, el caucho butadieno estireno fue desarrollado en los E.E.U.U. durante la segunda guerra mundial a raíz de la invasión japonesa en Malasia, y en las Indias orientales

que impidió el abastecimiento de caucho natural. Fue justamente a partir de dicha experiencia que al cabo de la guerra, por el exceso de estireno butadieno que se produjo, nació al inicio de la década del Cincuenta la numerosa familia de los ABS.

3.5.1 PROPIEDADES

Se hallan en el comercio muchos tipos de ABS, y sus características varían según los sistemas de mezcla adoptados y las relaciones entre los varios componentes.

El rango de composición está relacionado de la siguiente manera:

PRODUCTO	POR CIENTO
1. Acrilonitrilo	del 15% al 25%
2. Butadieno	del 05% al 30%
3. Estireno	del 50% al 75%

Una composición típica del ABS, está formada por la siguiente distribución de los monómeros:

PRODUCTO	POR CIENTO
1. Acrilonitrilo	22%
2. Butadieno	10%
3. Estireno	68%

El acrilonitrilo proporciona al producto estabilidad térmica, resistencia al envejecimiento y química.

El butadieno le da retención de propiedades a baja temperatura, tenacidad y esfuerzo al impacto. Por su parte el estireno lustre, rigidez y facilidad de procesamiento.

El ABS, resiste de manera excepcional a las bajas temperaturas (-40°C), y también a las temperaturas ele-

vadas. La humedad no afecta sus propiedades eléctricas. Los ABS resisten a las sales inorgánicas, álcalis y muchos ácidos, a la mayor parte de los alcoholes y de los hidrocarburos, pero le afectan las cetonas, los aldehídos, los ésteres y algunos hidrocarburos clorados. El ácido clorhídrico y sulfúrico concentrados y el ácido nítrico son letales para las resinas ABS. Muestran cualidades de aislamiento eléctrico relativamente buenas. Sin embargo, tienen una baja resistencia a la radiación ultravioleta por lo que deben protegerse con la adición de aditivos resistentes a la luz o con recubrimientos coloridos. Al estado natural estos polímeros se presentan en gránulos o en polvo de color marfil, pero se pueden pigmentar en cualquier matiz: los colores oscuros confieren a los productos mayor resistencia al envejecimiento. Por sus características y propiedades las resinas ABS compiten en numerosas aplicaciones con las resinas poliamidas, el propileno, poliestireno antichoque y el policarbonato, sobre todo por su precio más económico.

3.5.2 TECNOLOGIAS DE TRANSFORMACION

Las resinas ABS se procesan fácilmente tanto por inyección, extrusión, soplado y calandreado. Los polímeros deben someterse sin embargo previamente a una desecación de algunas horas a 80°C.

Los semielaborados de ABS, se pueden conformar en caliente y seguidamente aserrar, torneear, enclavar, pulir, encolar, soldar con ultrasonido, etc. Su excelente capacidad de adherencia permite efectuar con facilidad barnizados, metalizados o impresiones en caliente. Al ABS se puede dar un terminado de electrocromado obteniendo alto o bajo brillo.

3.5.3 APLICACIONES

El balance entre costo y presentación aventaja a las resinas ABS en muchísimos campos de aplicación industrial, como en la automovilista, la de electrodomésticos, la industria textil, en la del mueble, en la de artículos técnicos, etc.

A continuación citamos algunos manufacturados de ABS: rejas metalizadas, paneles, manijas, rejas de aereación y calefacción para automóviles; conos o bobinas para enrollar hilados, armazones de televisores, de radio, de teléfonos, de calculadoras; juguetes, quillas de barcos; sillas y muebles varios; tabiques en la industria de las construcciones; maletas tubos y empalmes, envases y canastos, etc.

Las resinas ABS, se pueden mezclar con otros materiales termoplásticos con el fin de mejorar algunas propiedades, por ejemplo: con PVC para obtener resistencia a la llama, con PMMA para conseguir transparencia, etc.

3.5.4 PRODUCTOS COMERCIALES

En México solo existe una compañía que produce acrilonitrilo butadieno estireno:

1. Industrias Resistol, S.A.

De las variantes que tenemos a nuestra disposición en el mercado nacional son:

1. Para inyección y extrusión.

a) Epolan 10 RAF UL94	ABS
b) Resilan 900 RAF UL94	ABS/PC
c) Resilan 970 RAF UL94	ABS/PVC

2. Aleaciones.

- a) Epolan ABS/PC
- b) Epolan ABS/PVC
- c) Epolan ABS/PMMA

3. Con refuerzo.

- a) Epolan ABS/fibra de vidrio.
- b) Epolan ABS/carga mineral.
- c) Epolan ABS/ esferas de vidrio.

4. Material grado médico.

- a) Epolan ABS G.M.

A continuación se presenta una lista con los nombres con que se conoce el acrilonitrilo butadieno estireno en diferentes partes del mundo.

NOMBRE	PAIS	NOMBRE	PAIS
Abatril	USA	Kraton G	USA
Abesglas	USA	Lacgran	Francia
Abson	USA	Lastillac	Italia
Alovyl	Francia	Litac	Italia
Blendex	Holanda	Lorvaril	Francia
Diapet	Japón	Lustropak	USA
Epolan ABS	México	Metacrylene BS	Francia
Foraan	Gran Bretaña	Norosan	Alemania
Forta Plus	USA	Novodur	Alemania
Kanc Acc	Japón	Ravikal	Italia
Kralastik	USA	Restiran	Italia
Sternite	Gran Bretaña	Ugikral	Francia
Tervian	Alemania	Urtal	Italia
Thermocomp AF	USA		

3.6 INYECCION

El moldeo por inyección es el principal procedimiento usado para la transformación de los materiales termoplásticos. Casi el 25% de dichos materiales se moldea por inyección.

Las primeras máquinas de inyección para materiales plásticos fueron construídas en Alemania en 1926. La inyección, explota la propiedad de la resina termoplástica de ablandecerse por efecto del calor y de volver a su estado

normal al enfriarse. Bajo la doble acción ejercitada por un émbolo o un tornillo, y por el calentamiento, los gránulos de materia prima, que se encuentran en estado sólido, pasan a un estado fluido al enviarse a través de un cilindro caliente. El material se inyecta a presión por una boquilla muy estrecha dentro de un molde adecuadamente mantenido frío. (Fig. III.1.).

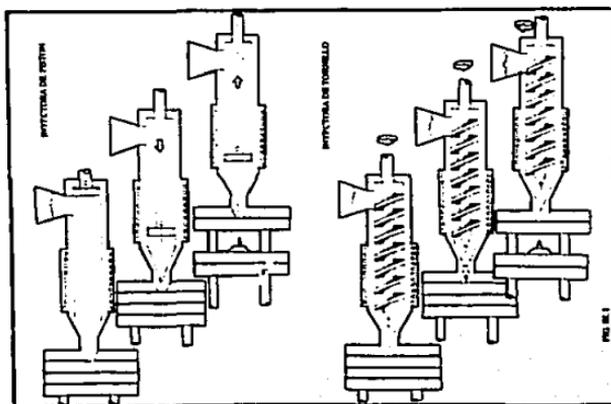
En contacto con las paredes frías del molde, el material se solidifica y al abrirse el molde, la pieza se puede extraer sin peligro de deformaciones.

En el mercado existen actualmente dos tipos fundamentales de máquinas de inyección: las máquinas convencionales de émbolo y las máquinas con tornillo plastificador.

En las máquinas de émbolo, el material en gránulos pasa de la tolva a un cilindro de acero, con un pistón en su interior, que empuja a dicho material contra las paredes calentadas con resistencias eléctricas a una temperatura entre 200 y 300°C.

El émbolo accionado hidráulicamente, empuja el material fluidificado en el cilindro, inyectándolo en el molde a través de una boquilla.

Figura III.1



Las máquinas de émbolo son muy sencillas pero requieren presiones de inyección muy altas, y los ciclos productivos no son rápidos porque la fluidificación de la masa en el cilindro requiere mayor tiempo. Sirven sobre todo, para el moldeo de artículos de los cuales no se realizan producciones en gran serie.

A partir de 1950, se afirmaron las prensas provistas de un grupo preplastificador con tornillo pistón, que consiente una plastificación más rápida y por consiguiente mayor rendimiento de producción.

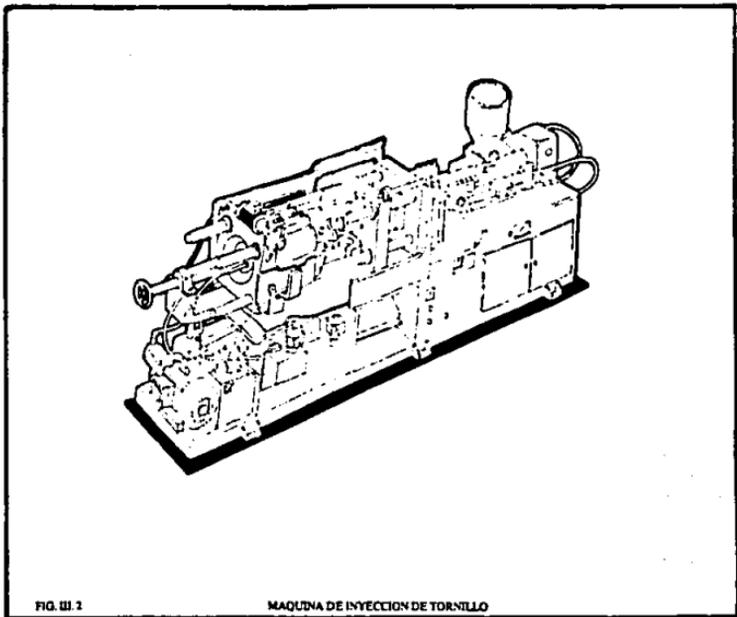
El grupo preplastificador, está compuesto por un cilindro calentado con resistencias eléctricas, en cuyo interior se halla una rosca en movimiento.

El tornillo se acciona por medio de un motor hidráulico o eléctrico de velocidad variable, que consiente el ajuste de la velocidad del tornillo. Es el tornillo el que hace avanzar al material procedente de la tolva y provoca su fusión por medio de la presión y la fricción durante el deslizamiento de la masa plástica contra la pared del cilindro calentado. Además, la rotación del tornillo determina la fusión homogénea de toda la masa que una vez plastificada, se acumula en la cabeza del cilindro. La alta presión hidráulica, es la que después empuja al tornillo con un rápido movimiento punzonador y que de ese modo inyecta, a través de la boquilla, a la masa plastificada en el molde.

La diferencia principal entre las prensas de émbolo y las con grupo tornillo pistón, consiste en la velocidad de producción de las segundas aparte de la ventaja de que facilitan una plastificación homogénea.

Los parámetros esenciales del ciclo de elaboración de una máquina de inyección son: la temperatura de inyección que varía según las características del polímero que se use (todo material tiene un intervalo de procesabilidad comprendido entre la temperatura de ablandecimiento y la de descomposición térmica); la presión de inyección que varía entre 500 y 2000 kg. por cm.² según los materiales; la velocidad de llenado del molde que debe ser tal, que el material pueda entrar a temperatura uniforme y enfriarse uniformemente; la temperatura del molde. (Ver fig. III.2.)

Figura III.2



Una máquina de inyección puede ser horizontal o vertical. En los últimos años se cumplieron muchos progresos en la fabricación de las máquinas de inyección; a continuación citaremos a grandes rasgos las orientaciones que han seguido:

1. Los grupos de cierre ahora se proyectan calculando una potencia de cierre mucho más elevada, con tolerancias de elaboración muy estrechas y de varias medidas.
2. Los grupos de inyección, se realizan con una elevada capacidad de plastificación apta para ciclos de moldeo muy veloces, y de perfecto grado de homogenización necesario para el moldeo de los modernos polímeros.
3. Se agregaron sistemas de control sumamente precisos de los parámetros del ciclo de moldeo.
4. Se nota la tendencia cada vez más marcada de los constructores, a fabricar maquinarias con elementos modulares, para que cada uno de los bloques constructivos, puedan intercambiarse en base a las variaciones de los programas de producción.
5. Se observa un aumento de automatización con los más variados sistemas de control de calidad y de mando. La automatización comprende todo el arco del proceso, desde la alimentación del polímero, hasta el embalaje de los procesos acabados. Lo que se trata de alcanzar en futuro, es la optimización de la regulación de las máquinas mediante ordenadores del proceso de producción y de la sucesiva corrección durante el ejercicio; también una preparación y puesta a punto de la máquina en base al ordenador; por último, el control de la marcha del ciclo durante el ejercicio y archivo de los parámetros a través de los ordenadores.
6. Se han hecho adelantos en la construcción de máquinas para el moldeo de materiales semiespumados. Ya se hallan en el mercado varios tipos de prensas proyectadas en base a las varias tecnologías,

que se afirmaron en dicho sector (insuflación directa, mediante agentes químicos de espumado, de dos componentes, etc.). Ulteriores progresos, se refieren al uso de agentes concentrados de espumado, ya sea bajo forma de pastas que de gránulos que tienden a eliminar el uso de los agentes de espumado en polvo por los problemas que crea su almacenamiento.

7. Se han agregado a las máquinas equipos hidráulicos altamente perfeccionados con servoválvulas proporcionales para el ajuste y control de las presiones, y servoreguladores de flujo proporcional, para el control de las velocidades.
8. Las prensas de inyección modernas, están provistas regularmente de equipos electrónicos con circuitos impresos, para los accionamientos y los controles proporcionales. Además de los habituales dispositivos standards, el transformador, puede contar hoy con numerosos dispositivos extras en el caso de exigencias particulares de elaboración (control de la presión en el molde, dispositivos de intrusión para el moldeo de manufacturados muy gruesos como las ruedas de las carretillas, especiales expulsores hidráulicos, etc.).
9. A raíz del creciente desarrollo de los materiales reforzados con fibras de vidrio para el moldeo de numerosos manufacturados técnicos, las actuales prensas se fabrican de manera que puedan resistir a los fenómenos de corrosión y desgaste, que provocan dichos materiales; se afirmaron en ese sentido los cilindros bimetálicos y los tornillos, válvulas y otros elementos debidamente recubiertos con stellite.

Por último, damos a conocer que en el mercado se impusieron las máquinas de inyección super rápidas de tipo universal, es decir, idóneas para el moldeo de piezas destinadas a dos sectores muy difundidos pero completamente diferentes:

- a) Sector del embalaje y de las confecciones.

b) Sector del moldeo de precisión de micropiezas.

Estas máquinas poseen grupos de cierre con potencia muy elevada, la protección del molde es sumamente sensible y se le pueden aplicar, los sistemas de extracción de los más idóneos según sea el caso.

En cuanto a la inyección, propiamente dicha, presentan una elevada capacidad de plastificación y perfecto grado de homogenización para el micro moldeo, control sumamente preciso de la temperatura y breves tiempos de recorrido del plástico en el interior del cilindro. Es posible, asimismo, efectuar el control absolutamente exacto de la contapresión del tornillo y de la velocidad de inyección en las varias fases durante la inyección.

3.6.1 DEFECTOS QUE APARECEN EN LA INYECCION

Los efectos que aparecen en al inyección pueden tener las causas más variadas. Las observaciones prácticas indican la necesidad de efectuar ajustes cuando existen defectos en las piezas terminadas, para ello, ahora se mencionará algunos casos comunes de fallas y sus posibles soluciones en el caso del PMMA. (Ver inciso 3.3.).

1. El molde no se llena por completo.

- a) Dosificación insuficiente.
- b) Presión muy baja.
- c) Molde muy frío.
- d) Temperatura del sistema de plastificación muy baja.
- e) Sección insuficiente del sistema de llenado.

2. Las piezas tienen fuertes líneas de unión de flujo.

- a) Presión de inyección muy baja.
- b) Molde aún muy frío.
- c) Temperatura de elaboración muy baja.
- d) Vías de llenado muy largas.
- e) Canal de corte en posición desfavorable.
- f) Excesiva diferencia de secciones en la pieza.

3. Las piezas presentan cambio de color.

- a) Temperatura de elaboración muy alta.
- b) La boquilla se ha aflojado.
- c) El orificio de la boquilla es muy pequeño.

- d) El émbolo tiene un juego insuficiente.
 - e) El émbolo tiene un juego excesivo.
 - f) Material impurificado con otra masa distinta.
4. Las piezas tienen superficie exfoliada y burbujas interiores.
- a) Material insuficientemente secado.
 - b) Presión de inyección muy baja.
 - c) Temperatura muy alta en el sistema de plastificación.
 - d) Molde muy frío.
 - e) Sección del sistema de llenado muy pequeña.
 - f) Aire incluido en el sistema de plastificación.
 - g) Velocidad de inyección muy alta.
5. Las piezas presentan rechupes.
- a) Presión de inyección muy baja.
 - b) Tiempo de compresión insuficiente.
 - c) Temperatura muy alta en el sistema de plastificación.
 - d) Molde muy frío.
 - e) Sistema de llenado con sección insuficiente.
6. Burbujas internas en piezas de paredes gruesas.
- a) Tiempo de compresión insuficiente.
 - b) Presión de inyección muy baja.
 - c) Ciclo de trabajo muy corto.
 - d) Velocidad de inyección muy grande.
 - e) Temperatura del cilindro muy alta.
7. Las piezas se deforman tras el desmoldeo.
- a) Temperatura irregular del molde.
 - b) Material muy caliente.
 - c) Tiempo de compresión muy corto.
 - d) Ciclo de trabajo muy corto.

3.7 EXTRUSION

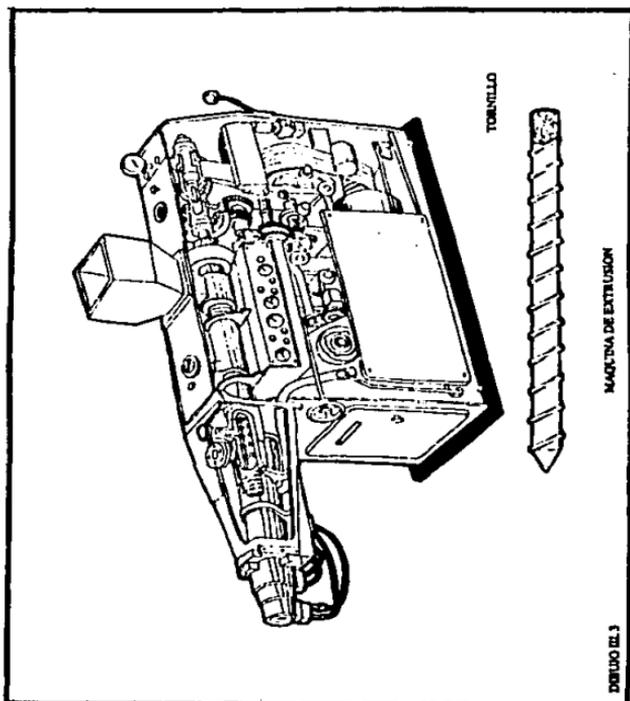
La extrusión es la tecnología que se adopta para transformar a un polímero, mediante la acción del calor y de la presión, en un manufacturado de forma continua como película, tubo o perfil.

La máquina que se utiliza para dicha transformación se llama extrusor y funciona como a continuación se detalla; el

TECNICAS DE TRANSFORMACION

polímero pasa por la tolva y entra en un largo cilindro donde, por el movimiento hacia adelante de un tornillo, se comprime, funde y homogeniza. Cuando llega al final del cilindro el material fundido pasa a través del orificio del extrusor que le imprime la forma final que se le desea al manufacturado a través de una operación sin fin.

Un dispositivo de extracción dispuesto a la salida de la máquina, arrastra a la manufactura sometiéndola al enfriamiento por medio de corriente de agua o de aire. Una correcta extrusión dependerá de la potencia de la máquina, de la temperatura de elaboración, del uso de un tornillo adecuado al polímero que se procese, etc.



Los materiales que más se procesan con esta tecnología son el polietileno de alta y baja densidad, el policloruro de vinilo, el poliestireno y sus copolímeros, el polipropileno, las poliamidas, el acrilonitrilo butadieno estireno, los fluorados, el policarbonato, las resinas celulósicas y acetálicas.

El proceso de extrusión se aplica para las siguientes principales producciones:

1. Extrusión de películas tubulares sopladas.
2. Extrusión de películas sopladas espumadas de poliestireno con desaeración directa.
3. Extrusión con cabezal ancho de películas y planchas.
4. Extrusión de tubos y perfiles.
5. Producción de flejes de dirección monoaxial y monofilamentos.

3.7.1 EXTRUSION DE PELICULAS TUBULARES SOPLADAS

Para la producción de películas tubulares sopladas, el extrusor debe poseer una boquilla anular, un equipo de extracción de rodillos y una bobinadora.

El aire que se introduce a través de un orificio efectuado en el mandril del extrusor, dilata a la película tubular hinchándola desde el interior mientras todavía es plástica hasta alcanzar el diámetro deseado. El tubular es comprimido sucesivamente por un par de rodillos y enrollado en una bobina. Para este tipo de procesamiento, el material más utilizado es el polietileno de baja densidad con el cual se producen sacos, bolsitas de supermercado, películas termocontractiles para el embalaje de pellet, películas de este material se aprovechan para recubrimientos, impermeabilizantes y otras aplicaciones de uso agrícola. Otros materiales plásticos que se prestan para la producción de películas sopladas son el polipropileno, las poliamidas y los poliésteres saturados. Todo los citados materiales, se pueden utilizar también acoplados como por ejemplo

poliamida/polietileno de baja densidad para envases de alimentos.

Los estudios para el perfeccionamiento de los extrusores llevaron a la fabricación de unidades con un tornillo del diámetro de hasta 200 mm., con velocidades periféricas elevadas del tornillo, dispositivos de enfriamiento ya sea por aire o agua cada vez más potentes.

Considerables progresos se alcanzan también en la construcción de cabezales para el soplado, por lo general giratorios, que hacen que la producción de películas sea de espesores uniformes, óptimas características superficiales, etc.

Hace relativamente poco tiempo, se construyó equipos para la extrusión por soplado de tubulares de polipropileno transparente, compuestos por dos extrusores que se juntan en un solo cabezal colocado boca abajo y montado verticalmente sobre una plataforma giratoria, colocada a 3700 mm. de altura del suelo.

Después de la fase de enfriamiento, el tubular extruido se envía por medio de un par de canales de una cinta transportadora que lo lleva a un grupo de enrolladores, pasando también, a través de un equipo para el tratamiento de la película para la imprenta mediante sistema electrónico.

Por último, tenemos la coextrusión, es decir, en vez de laminar dos películas diferentes por separado y luego pegarlas entre sí, en la coextrusión se hace en una sola fase reduciendo costos, tiempo de producción, etc.

La ventaja que tiene la coextrusión de laminados plásticos, radica en que las diferentes propiedades de los polímeros se conjuntan para dar solución a diferentes problemas, sobre todo en el área alimenticia y de salud.

3.7.2 EXTRUSION DE PELICULAS SOPLADAS ESPUMADAS DE POLIESTIRENO CON DESAEREACION DIRECTA

La película soplada de poliestireno espumado, actualmente se produce a partir de poliestireno sin agente de

espumado, procesable con extrusor con desaereación directa de los gases inertes, del que sale un tubular espumado que luego se corta en película. Esta tecnología se diferencia respecto a la descrita "bajo espumado", por la ventaja que brinda la posibilidad de reelaborar los sobrantes en razón del 100% y de ajustar las varias formulaciones según las aplicaciones de los productos acabados. Estas películas sopladadas se utilizan en la industria de los embalajes, se someten a termoformado para fabricar cajas especiales para huevo, fruta y verdura, bandejas para líneas aéreas o embalajes para mercancías sensibles al choque como botellas, instrumentos ópticos, etc. y soportes para alfombras. Las citadas películas se pueden asimismo acoplar en sus dos caras con papel kraft obteniendo un material de mayor resistencia a la humedad respecto al cartón tradicional.

3.7.3 EXTRUSION CON CABEZAL ANCHO DE PELICULAS Y PLANCHAS

Para la extrusión de películas planas y de planchas se utilizan extrusores normales, que tienen un orificio rectilíneo en razón del espesor del producto que se desea fabricar. Hay que prestar mucho cuidado al ajustar la calefacción y la temperatura del cabezal, ya que la misma debe ser uniforme y constante en todos los puntos de la masa metálica.

El equipo se completa con cilindros de enfriamiento, mecanismo de expulsión y de arrastre hasta la embobinadora. La extrusión con cabezal ancho se utiliza para la fabricación de películas de poliamida 6, polipropileno y copolímeros de polietileno que se aprovechan en espesores de 10 hasta 50 mu aún acoplados con otros materiales, para el empaque de carne fresca y quesos, su aplicación va aumentando en el sector técnico, se utiliza en efectos para recubrimientos de cables eléctricos, soportes de papel carbónico, soportes para alfombras, cintas adhesivas, etiquetas, etc.

A las películas más delgadas puede dársele dirección mono o biaxial, con el fin de otorgarles altas características

mecánicas y menor permeabilidad a los gases. Las películas se pueden asimismo metalizar con el fin de protegerlas contra las radiaciones luminosas.

En cuanto a la extrusión de planchas, se nota la tendencia a usar equipos con los cuales se pueden fabricar planchas de 3500 mm. de ancho, ya que hay mucha demanda para el termoformado de elementos para embarcaciones, piezas técnicas, recubrimientos de ABS y de poliestireno antichoque.

3.7.4 EXTRUSION DE PERFILES Y TUBOS

Con este procedimiento se fabrican grandes cantidades de perfiles de PVC rígido antichoque y plastificado, el poliestireno antichoque para la industria de las construcciones (puertas, ventanas, rodapiés, etc.) y de los muebles (anaqueles, cajones, etc.). Se fabrican también perfiles semiespumados de poliestireno del peso específico de 0.55 hasta 0.80 g/dm^3 , de PVC rígido de la densidad de 0.60 hasta 1.00 g/dm^3 ; a parte el ahorro de material que se consigue con este tipo de elaborado, también resultan más sencillas las operaciones de perforación o de enclavado durante la puesta en obra. La producción de los citados perfiles se realiza con los tradicionales extrusores agregando al material plástico, agentes químicos de espumado sean orgánicos o inorgánicos y adhesivos; durante el procesamiento se liberan gases inertes que provocan, en la masa que sale del extrusor, la formación de la estructura porosa. Variando adecuadamente las condiciones de extrusión, especialmente el calibre, se pueden producir perfiles semiespumados de superficie cerrada como también perfiles con zonas externas compactas y núcleo espumado.

Con este sistema se fabrican manufacturas estructurales como paneles competitivos con los de madera, con superficies acabadas, mayor estabilidad dimensional y duración, idóneos para la construcción de divisiones en edificios

diversos, bungalows, salones de reuniones, cubiertas de piscinas, etc.

La extrusión de tubos es una de las producciones más corrientes; variando la matriz, el mandril del extrusor y el calibre se pueden producir tubos de varios diámetros. Durante la fase de arrastre se hace adherir el tubo a un calibrador en el cual se ha provocado el vacío por intermedio de una bomba aspirante. El equipo por lo general está provisto de un baño de enfriamiento por agua, de un mecanismo de arrastre ya sea de rodillos que de orugas y de una cortadora. El material plástico mayormente utilizado en el PVC (70% 80%) ocupando el segundo lugar las poliolefinas y el Acrilonitrilo butadieno estireno con los cuales se fabrican una gran variedad de tubos en el sector de las cañerías bajo presión, para drenajes y desagües, para cables telefónicos y eléctricos, drenaje agrícola, etc. Se están afirmando también las cañerías extrudidas con elastómeros de politetrafluoro etileno, poliamidas, ya sea tal cual como recubiertas con mallas de hilado fuerte o de acero para aplicaciones especiales.

3.7.5 PRODUCCION DE FIBRAS Y MONOFILAMENTOS

Se trata de un sector muy amplio que comprende la producción de un surtido de manufacturados denominados textiles de película, porque partiendo de un gránulo se produce primeramente una película que debidamente estirada y fibrillada se convierte en fibra fácilmente trabajable en las normales máquinas de tejer (para mayor inf. ver capítulo 6.); de este modo se fabrican sacos, cuerdas, soportes para alfombras en substitución de los materiales tradicionales como el yute, cáñamo y sisal; se fabrican también con el mismo procedimiento hilados para tejidos de punto, tejidos tipo Raschel para aplicaciones técnicas; las rafias de fibra corta pura o mixtas se aprovechan en el sector de los hilados de superficie para alfombras, tejidos para decoraciones de interiores, frazadas, etc. Por lo general se usan los gránulos poliolefinicos (polipropileno y polietileno

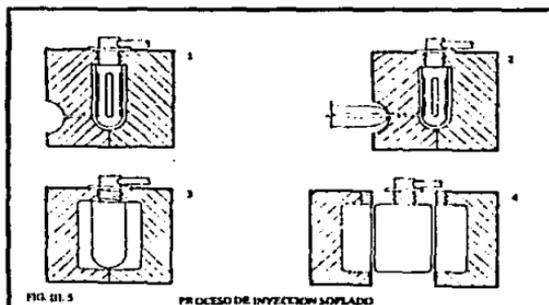
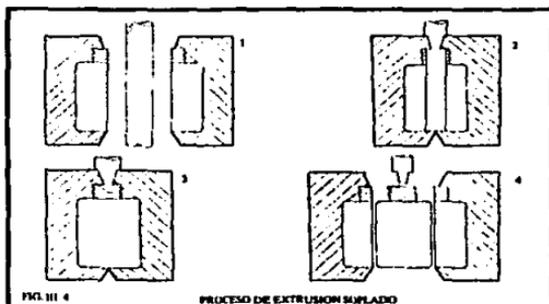
de alta densidad) que se elaboran con extrusores con tornillo de 90 mm. de diámetro y una longitud de 25 D.

Los monofilamentos (sobre todo de resinas poliamidas), se fabrican aplicando al extrusor un pequeño cabezal perforado; dichos monofilamentos se enfrían luego sólo parcialmente y por fin se estiran para que la nueva orientación molecular aumente su resistencia mecánica.

3.8 SOPLADO DE CUERPOS HUECOS

Es un método de moldeo de materiales plásticos que se usa para la fabricación de cuerpos huecos. Esta tecnología se desarrolló en base a los siguientes principales sistemas:

1. Extrusión soplado. (Ver fig. III.4.)
2. Inyección soplado. (Ver fig. III.5.)
3. Inmersión soplado.



El primer sistema que es el más difundido, es la combinación de la tecnología de la extrusión con la del soplado. Esto significa, que se extruye un tubular de material plástico denominado "parison" en el interior de un molde formado por dos cavidades, y que luego por medio de una boquilla, se insulfa aire en el tubular mientras se halla todavía al estado plástico, de manera que se adhiera a las paredes del molde y toma finalmente su forma. Después del enfriamiento del molde por circulación de agua, el manufacturado hueco se extrae del molde.

El material plástico más usado resulta ser el polietileno (alrededor del 80%) seguido por el PVC, polipropileno y otros materiales plásticos como el ABS, el PET que actualmente está teniendo gran auge en la fabricación de botellas para diferentes refrescos, el policarbonato, el nylon, etc. Se fabrica un vasto surtido de recipientes como botellas, tambores, bidones incluso con asas para el envase de productos químicos, para el hogar, para productos alimenticios, gasolina, nafta, lubricantes, antiparasitarios y hasta acumuladores, etc.

Las maquinarias para extrusión soplado de cuerpos huecos se han ido perfeccionado considerablemente desde hace algunos años, hoy en día, se construyen muchos tipos de máquinas para diferentes usos especiales con dispositivos que aseguran la producción de diferentes artículos completamente acabados con un excelente terminado.

De los avances actuales más importantes podemos mencionar la aplicación de la coextrusión al soplado, sistema con el cual se producen botellas de polipropileno y de polietileno recubiertas internamente o externamente con una poliamida para el envase en caliente, por ejemplo de la mermelada. Otro campo es el de la producción de cuerpos huecos de dirección biaxial; en este caso el parison que sale del extrusor se introduce en un molde preformador al que suelda por una extremidad y se sopla obteniendo la preforma. Seguidamente dicha preforma, después de la fase de calentamiento se introduce, según un proceso continuo o descontínuo, en el molde propiamente dicho donde se estira en dirección longitudinal e inmediatamente después se

sopla el cuerpo hueco mediante elevada presión de aire y se enfría terminada la última operación, con este sistema se procesan diferentes tipos de PVC rígidos, copolímeros de ABS y poliéster amorfo.

Cabe destacar que se están elaborando muebles soplados de grandes dimensiones como escritorios, ficheros, armazones de sillones, etc. En el dibujo III. 5. se observan las fase de inyección-soplado. Las ventajas que brinda esta tecnología respecto a la extrusión-soplado se puede condensar de la siguiente forma: precisión dimensional más elevada sobre todo en los cuellos y embocaduras, espesores uniformes en las paredes, menores oscilaciones del peso y del volumen, elevado brillo superficial y ningún desperdicio debido a mazarotas, las desventajas son: los costos más elevados de los moldes ya que se necesitan los moldes para el soplado y los moldes para la inyección; otra deventaja radica en que no se puede fabricar recipientes con empuñadura.

El procedimiento de inmersión-soplado presentado por primera vez en 1973, está basado en la inmersión de un espárrago en una cámara de inmersión donde se halla la masa plastificada fluidificada (generalmente a base de poliolefinas), sucesivamente el cuerpo recubierto con dicho material, se extrae y se lleva a una cavidad de soplado donde, por insuflación de aire se realiza el soplado del cuerpo hueco.

Las ventajas respecto a la extrusión soplado, consisten en tolerancias precisas en el interior y exterior del cuello y falta de rayadura a lo largo del manufacturado. Comparado con el proceso de inyección soplado se observa que no hace falta el moldeo por inyección de la preforma.

3.9 CALANDREADO

Es una tecnología antigua utilizada en la industria papeleras y del caucho, que se aprovecha también en la industria de los materiales plásticos, es la tecnología más importante para la fabricación de hojas de PVC rígido y

plastificado, de cueros artificiales o recubrimientos de paredes y pisos.

Casi el 90% de las hojas de PVC que se fabrican, se obtienen por calandreo. Por su amplio intervalo de elasticidad, este material plástico se presta particularmente para ser elaborado a través de los cilindros. También hay otros materiales plásticos que se pueden calandrear pero hasta ahora no alcanzan gran importancia industrial.

Un equipo de calandreado está compuesto por varias unidades de máquinas, el aparato para la mezcla y la plastificación, la calandria propiamente dicha y los equipos sucesivos para el tratamiento y el enrollamiento de los folios.

El PVC bajo forma de polvo, por ejemplo, se mezcla con estabilizantes, lubricantes, cargas, colorantes y si es necesario con plastificantes, en veloces mezcladoras. Equipos completamente automáticos de transporte y de dosificación de los materiales, permiten que las formulaciones originales se mantengan tal cual. En la siguiente fase, unos mezcladores amasadores transforman la mezcla, bajo la acción del calor y de la energía mecánica, en una masa bien homogénea y plastificada. Esta operación requiere particular cuidado ya que hay que evitar que el material sufra degradaciones térmicas.

Actualmente se utilizan mezcladores de cilindros conectados con una amasadora. Los progresos técnicos conciernen a la alimentación de la calandria; por lo general, se tiende a reemplazar a la alimentación por medio de cintas transportadoras con una alimentación directa desde el extrusor a través de una hilera especial de cabezal ancho.

La calandria, propiamente dicha, que representa el núcleo central de toda la transformación está compuesta de tres a cinco cilindros; por lo general se afirmaron las calandrias de cuatro a cinco cilindros colocados en forma de "L" o "F" de hasta 2500 mm. de longitud, que se calientan por medio de vapor o de agua caliente y que ejercitando fuertes presiones sobre el material al estado plástico, le confieren uniformidad de espesor y resistencia a la tracción y al desgarre. Las calandrias modernas poseen dispositivos

para la rectificación del espesor de la hoja, aparatos de control con isótopos radioactivos y aparatos para la conservación constante de la temperatura sobre la superficie de los cilindros. El calentamiento se realiza con agua bajo presión o con aceite. Para la extracción de la hoja del último cilindro, la calandria está provista de un sistema de cilindros con temperatura regulable y que se pueden accionar cada uno por separado o en grupos.

Después del calandrado, y antes de que se enfríe definitivamente y sea enrollada la hoja, se puede someter a un tratamiento térmico de temple (proceso Uvitherm) o asimismo ser estirada mediante una serie de rodillos de pequeños diámetros.

El proceso de acoplamiento, consiste en unir dos o más hojas de igual o diferente material por medio del calor, de la presión o eventualmente con un adhesivo hasta formar una sola capa.

El acoplamiento se usa por ejemplo, para unir dos hojas de PVC rígido para obtener espesores mayores, para unir capas para pavimentaciones o para fabricar cuero artificial.

Es posible por consiguiente calandrear hojas de PVC plastificado sobre tejido, aunque cabe recordar, que el procedimiento del recubrimiento por extensión resulta normalmente mas económico.

En el caso de gofrado, la operación se realiza inmediatamente a la salida del material de la calandria; el equipo de gofrado consiste en un cilindro metálico grabado y de un contracilindro recubierto con ebonita (preparación de goma elástica, azufre y aceite de linaza, negra y muy dura); dichos cilindros provistos de sistemas de enfriamiento interno, se comprimen hidráulicamente uno contra el otro para permitir que sobre la superficie de la hoja se reproduzca fielmente los más variados modelos o efectos. Las dimensiones de los manufacturados calandrados pueden alcanzar una longitud de 2500 mm. y su velocidad de producción estandar es de 1000 mm/min.

3.10 TERMOFORMADO

Ver Incisos:

4.6	Formado
4.6.1	Introducción
4.6.2	Equipo de formado y temperatura
4.6.2.1	Equipo
4.6.2.2	Hornos
4.6.5	Técnicas de formado
4.6.5.2	Formado tridimensional
4.6.5.2.1	Formado libre al vacío
4.6.5.2.2	Formado a presión
4.6.5.2.3	Formado a vacío con ayuda de pistón
4.6.5.2.4	Formado presión con retorno
4.6.5.2.5	Formado vacío con retorno
4.6.6	Equipo de formado

3.11 VACIADO

El procedimiento de vaciado o colada que se utiliza para las resinas termoplásticas y termofraguables, es uno de los más sencillos y económicos, y por muchos aspectos tiene casi características artesanales. Se diferencia de las demás tecnologías de moldeo porque no requiere de ejercicios de presión.

Con la denominación de colada, se distinguen los procedimientos de transformación relativos a: 1. producción de manufacturas en especiales moldes huecos; 2. formación de películas sobre superficies lisas; 3. formación de masas porosas dentro de cavidades.

El procedimiento consiste en verter el material plástico, en estado líquido, en moldes huecos donde al solidificarse toma la forma de la matriz. El material pasa del estado líquido al sólido a través de tratamientos especiales que varían según los casos; aplicación de calor o a temperatura ambiente o por medio de agentes de fraguado o de polimerizado.

Las resinas que se prestan para ser transformadas por vaciado son numerosas: celulósicas, epóxicas, metacrílicas, fenólicas, poliamidas, uréicas, siliconas, policarbonatos, poliésteres, polietilénicas, poliestirénica, polimetacrílicas, etc. Los materiales que sin embargo dan los mejores resultados son: polimetimetacrilato, poliéster, poliuretanos, PVC, resinas epóxicas y resinas fenólicas.

Los moldes pueden ser de madera, yeso, plomo, metal, zamac, plástico reforzado, hule, vidrio, etc. Los moldes de vidrio se aprovechan para la fabricación de planchas de PMMA de gran espesor, aplicación de gran importancia industrial (ver inciso 2.1.4.). Para obtener una plancha de 40 mm. de espesor se necesitan ciclos de treinta y hasta más horas. Las resinas poliésteres no saturadas, antes de la reacción final, se hallan en estado líquido y por consiguiente se aprovechan también para efectuar encapsulados de objetos decorativos tales como animales, fósiles, piezas anatómicas para la enseñanza, etc. También muy importante es el procedimiento de colada para la transformación de los poliuretanos espumados y de los plastisoles. En el caso de las resinas epóxicas, su uso se puede enfocar en la producción de moldes para pequeña escala, en la producción de piezas aislantes eléctricas, etc.

CAPITULO 4

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

4.1 PROPIEDADES FISICAS

Las principales características son:

4.1.1 RESISTENCIA AL INTEMPERISMO

El acrílico tiene una excelente resistencia al intemperismo y ha sido usado con éxito en una gran variedad de aplicaciones al aire libre; 25 años de estar probando el acrílico en estas condiciones garantizan su durabilidad. (Para mayor inf. ver inciso 2.1.14).

4.1.2. LIGEREZA

El acrílico pesa la mitad de lo que pesa el vidrio y el 43% del peso del aluminio. (Para mayor inf. ver inciso 2.1.14.).

4.1.3 RESISTENCIA AL IMPACTO

A pesar de que su peso es menor de la mitad del peso del vidrio, el acrílico tiene de 6 a 17 veces más resistencia al

impacto que el vidrio ordinario en espesores de 3 mm. a 6 mm. (Para mayor inf. ver inciso 2.1.14.)

4.1.4 TRANSFORMACION

Cuando el acrílico es calentado a la temperatura ideal o sea al punto de moldeo, éste puede ser moldeado a tomar casi cualquier forma. Puede ser cortado, puede ser perforado y maquinado tal como se hace con la madera o con los metales no ferrosos, tales como el aluminio y latón. (Para mayor inf. ver inciso 4.6.2.).

4.1.5 ESTABILIDAD DIMENSIONAL

El acrílico es notable por la forma en que conserva su calidad sin modificarse a través de períodos largos de tiempo. Muchos instrumentos de dibujo requieren una estabilidad dimensional exacta y éstos han sido fabricados de este material.

4.1.6 PROPIEDADES ELECTRICAS

El acrílico posee ciertas propiedades eléctricas muy particulares, las cuales son afectadas en muy pequeño grado por el intemperismo o la humedad. Su resistencia superficial es más alta que la mayoría de los plásticos y su factor de potencia decrece con el aumento de la frecuencia.

4.1.7 RESISTENCIA AL FUEGO

El acrílico no tiene gran resistencia directa al fuego y es muy peligroso si se expone a este por un período de tiempo relativamente corto, ya que expide gases tóxicos y explosivos. (ver incisos 4.9.4 y 4.6.1).

4.1.8 FACTOR U

Como aislante térmico, el acrílico es aproximadamente 20% mejor que el cristal.

4.1.9 CLARIDAD

El acrílico tiene una transparencia incolora similar a la del agua, el cual también se consigue en una gran variedad de colores transparentes, translúcidos y opacos. Muchos

tipos de lentes han sido fabricados con este material debido a su gran claridad.

4.1.10 RESISTENCIA AL CALOR

La máxima temperatura a que puede ser sometido el acrílico durante espacios grandes de tiempo es de 82 a 93 °C después de haber sido calentado con anterioridad para ser formado.

4.1.11 RESISTENCIA QUIMICA

El acrílico es resistente al ataque de una gran variedad de productos químicos, afectándolo sustancias tales como el thinner, alcohol metílico o etílico, benceno, tolueno, los ésteres y cetonas. Los productos alimenticios no afectan ni son afectados por el acrílico. (Ver 2.1.15.)

4.1.12 GENERALIDADES

En términos generales podemos decir que el acrílico se raya con la misma facilidad con que se raya el aluminio y el latón. Podemos decir que su flexibilidad es similar a la de ciertas maderas cuando se habla comparativamente de los mismos espesores, su peso es muy similar al peso del agua ya que su peso específico es de 1.19, lo que quiere decir que si hiciéramos un cubo de acrílico de 10 cm. de alto por 10 cm. de ancho por 10 cm. de espesor, el peso de este cubo sería de 1,190 g. Considerando que las dimensiones anteriores son las que contienen exactamente un litro, si se usara agua el peso de éste sería de un kilo solamente. Es importante hacer notar que el acrílico tiene un coeficiente de expansión térmica bastante alto, es decir, que se debe considerar que en 30 cm. se contrae y expande un milímetro y medio, por lo que es conveniente siempre que se tenga que diseñar algo en donde se vaya a usar acrílico, se deberá tomar en cuenta esto, ya que en el momento de estar frío se contrae al máximo y según la temperatura a la que sea sometido, se expandirá hasta uno y medio milímetros más por cada 30 cm.

4.2 INFORMACION GENERAL

4.2.1 MANEJO

Las láminas acrílicas son plásticos rígidos, opacos o transparentes, con insuperables propiedades ópticas y excelente resistencia al envejecimiento y pérdida de propiedades físicas.

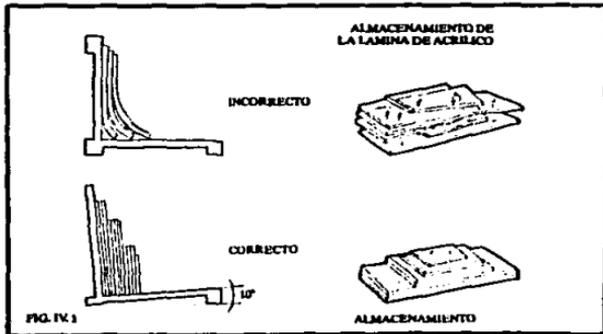
Pueden ser formadas y cortadas, pero si no se manejan con debida propiedad éstas se pueden alterar en su superficie (rayones, raspaduras, etc.). La dureza superficial del acrílico es muy similar al cobre y al latón, y por lo tanto deberán ser manejadas con sumo cuidado para evitar que éstas no se rayen por sí solas o entre sí, durante la manipulación en la fabricación.

4.2.2 ALMACENAMIENTO

Las láminas de acrílico, deberán almacenarse en forma vertical ligeramente inclinada, en soportes fabricados especialmente, los cuales deberán mantener el material sin que éste se curve ya que las flexiones adquiridas durante el almacenamiento son muy difíciles de quitar si el material tuviera que ser usado en frío. Si la lámina acrílica se tuviera que almacenar horizontalmente, se deberá evitar desperdicios entre los paquetes y láminas, tales como piedras, residuos de acrílico o madera, etc.

No se deberá apilar en dimensiones verticales de más de 50 cm. y primero deberán ponerse abajo las láminas más grandes y después las de menor tamaño; también deberán almacenarse en un lugar cubierto, el cual no deberá estar próximo o en contacto directo de radiadores u otras fuentes de calor, las cuales pudieran tender a ablandar el plástico. Se deben mantener alejadas de vapores de disolventes o de las zonas de pintura o del almacén de las mismas. (Ver fig.)

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA



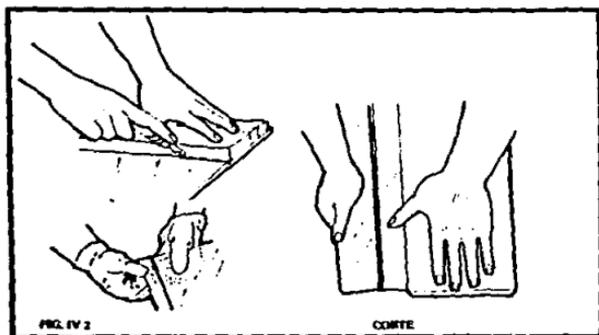
4.2.3 ENCOGIMIENTO

Las láminas de acrílico, se venden sin pre-encoger generalmente, es decir, que estos materiales al ser calentados a la temperatura de moldeo y dejándoseles enfriar, sus dimensiones originales varían en 2% menos en el largo y ancho de la lámina y 4% más en el espesor de la misma. En los espesores muy altos estas reducciones y aumentos son menos notables.

4.3 CORTE

La lámina de acrílico puede cortarse de diversas maneras, utilizando herramientas manuales o eléctricas, como las que se usan para cortar madera, y su selección dependerá del tipo de trabajo que se vaya a realizar.

Las láminas delgadas pueden ser cortadas en forma muy similar al vidrio, causando una incisión en el material con un objeto puntiagudo (existen en el mercado cuchillas para plástico). Dicha incisión debe realizarse mediante una presión firme, si es necesario se puede repasar varias veces. Para desprender la parte marcada, debe colocarse la lámina sobre un borde recto, con la parte que se quiere desprender sobresaliendo de la mesa de trabajo. Sujete firmemente la lámina y presione la parte saliente hasta desprenderla. Raspe los bordes para evitar los filos. Se recomienda usar guantes y no hacer cortes muy largos o en material muy grueso al emplear este método (máximo 6 mm.).



PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

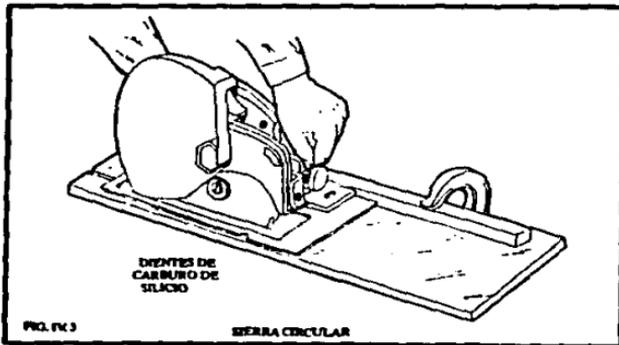
4.3.1 SIERRA

Las sierras circulares deben utilizarse para cortes rectos en material de cualquier espesor y debe asegurarse de mantenerlas limpias, afiladas y bien ajustadas.

En general la velocidad de alimentación de corte deberá ser menor cuando el material sea más grueso.

4.3.2 SIERRA CIRCULAR (Corte recto)

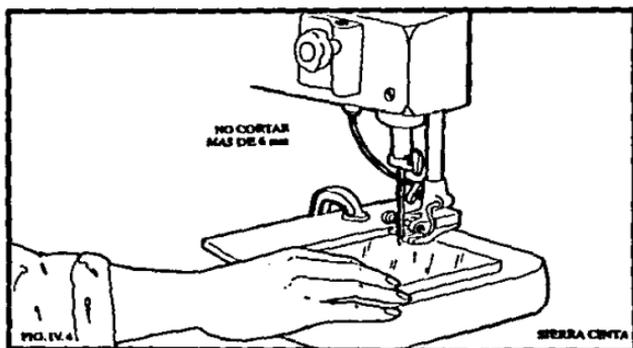
La sierra circular deberá tener dientes curvos para favorecer el enfriamiento y no reblandecer el material. Los dientes de carburo de silicio brindan un corte excelente y mayor duración entre afiladas. La alimentación de corte debe ser lenta para evitar el calentamiento o estrellamiento del material. La sierra deberá operarse a velocidades relativamente altas y antes de iniciar el corte asegúrese de que haya desarrollado la máxima velocidad. Mientras mayor sea el espesor del material que se va a cortar, mayor deberá ser el diámetro de la sierra y menor el número de dientes por centímetro (mínimo 2 dientes por cm.)



Cuando se utilice una sierra circular de mano, es necesario sujetar firmemente la lámina y alimentar con presión y velocidad uniforme para evitar estrellamientos.

4.3.3 SIERRA CINTA (Corte curvo)

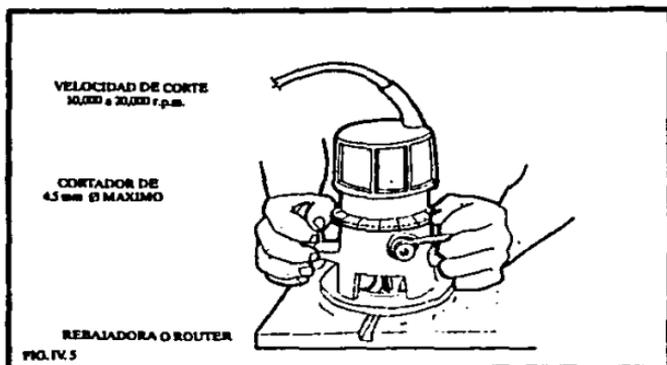
La sierra cinta es una herramienta excelente para hacer cortes curvos en hojas planas o refiletear piezas formadas. Se recomiendan hojas que tengan aproximadamente 3 dientes por centímetro. Debido a que estas cintas son muy delgadas, no es recomendable utilizarlas para cortar material muy grueso.



4.3.4 ROUTER

La lámina de acrílico puede también ser cortada con router (rebajadora) portátil o fijo (eléctrico o neumático), procurando utilizar espigas de corte de diámetro no menor de 4.5 mm. (3/16"), para evitar que la vibración producida por la alta velocidad rompa el material. Este método brinda un corte sumamente uniforme y sirve tanto para dar forma, como para realizar agujeros de gran diámetro en la lámina.

La velocidad de operación del router (rebajadora) para cortar acrílico debe ser muy alta y oscila entre los 10 000 a 20 000 RPM.

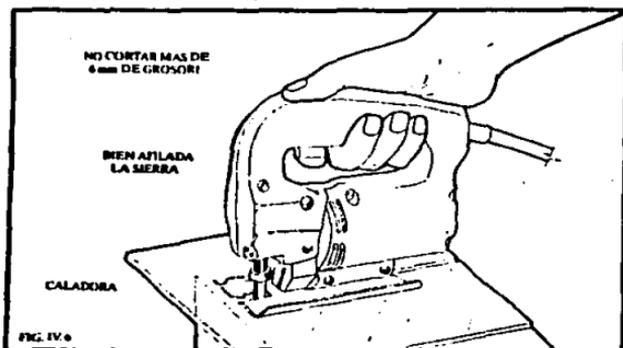


4.3.5 CALADORA

Para cortar lámina acrílica se puede utilizar casi cualquier tipo de caladoras (sierras manuales), aunque su manejo requiere de técnicas más complicadas que las explicadas anteriormente el uso de esta herramienta le proporcionará a usted otra alternativa de corte.

Es importante mantener las cuchillas bien afiladas, evitar toda vibración, que la herramienta esté perfectamente derecha y no permitir que la lámina se doble ya que puede llegar a rajarse.

Es recomendable se practiquen los diferentes tipos de corte en material de desecho o en pequeñas piezas antes de realizar un corte definitivo.



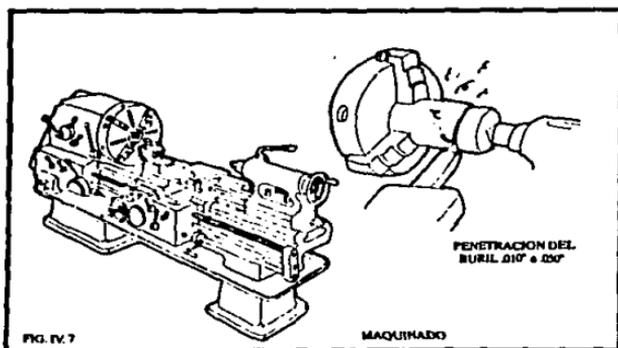
4.4 MAQUINADO

El maquinado en torno es prácticamente la única manera de obtener formas redondas en acrílico, tales como perillas, tornillos, patas para muebles, etc.

La pieza debe estar firmemente sujeta por las mordazas del torno para evitar que esta vibre al penetrar la herramienta (buril), logrando un maquinado fino de la pieza que se requiera hacer, la penetración de la herramienta oscila de .010 a .050 milésimas de pulgada.

Las velocidades adecuadas para un buen torneado debe ser diez veces mayor que las que se utilizan para la madera.

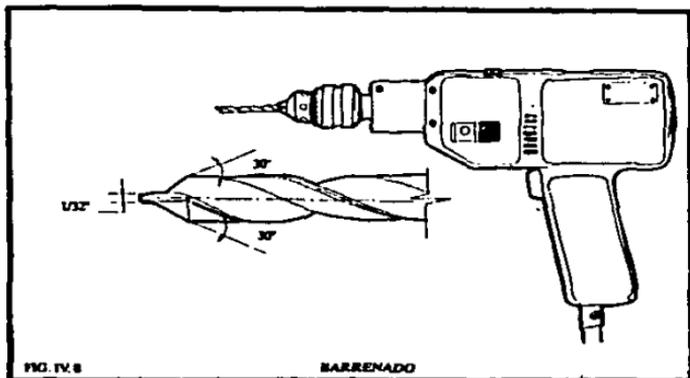
Cuando se tornea el acrílico en condiciones normales, se obtiene una viruta continua.



4.5 BARRENADO

Cualquier tipo de taladro portátil o de pedestal puede ser usado para perforar lámina de acrílico. Un taladro de pedestal es ideal porque da un mejor control y mayor precisión. Teniendo un poco de cuidado, la técnica adecuada y un correcto afilado de su broca, podrá utilizar con buenos resultados un taladro manual ordinario.

Una broca regular de doble filo puede ser utilizada, pero es recomendable modificarla para prevenir fracturas en su material. Dicha modificación se realiza afilando pequeños planos en ambos filos de la broca, con un esmeril de grano mediano o fino. Estos planos deben quedar paralelos de la longitud de la broca con $1/32''$ de espesor y un ángulo de inclinación entre los 60 y 120° .



PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

Para un mejor acabado dentro de la perforación, use una broca con canales pulidos y de espiral lento, los cuales limpiarán la perforación de viruta sin maltratar o quemar las paredes.

Si la broca está correctamente afilada y operada a una velocidad adecuada, dos virutas continuas de material emergerán de la perforación. (Ver fig.).

Cuando sea necesario hacer perforaciones de diámetro mayor a 19 mm. (3/4"), se recomienda utilizar brocas tipo sierra con hueco interior o en su defecto, brocas de extensión a velocidad lenta.

4.6 FORMADO

4.6.1 INTRODUCCION

Siendo el acrílico un material termoplástico, se comprende que éste se ablande y se torne maleable al aplicar calor hasta lograr la temperatura de moldeo, cuando esto sucede, el acrílico se comporta de un manera muy similar al hule, cuando éste tiene las mismas dimensiones y espesor del acrílico con que se está comparando.

Cuando el material se encuentra caliente se adapta a la forma del molde a la que es sometido y la conserva una vez que éste se enfría, a excepción de que sus dimensiones se reducen debido a las pequeñas contracciones causadas por el enfriamiento del material.

La lámina se deberá calentar a temperaturas que oscilan entre 144 y 180 °C; NUNCA se deberá calentar en hornos de cocina, ya que el acrílico despidе gases altamente inflamables cuando se sobrecalienta y debido a la falta de circulación de aire que existe en este tipo de hornos se puede acumular dentro de él, pudiendo provocar explosiones.

No es conveniente formar el acrílico en frío como podría ser el caso de cubrir una estructura curvada, a menos que el material sea de poco espesor y el radio de la curvatura a la cual se vaya a someter sea por lo menos 180 veces el espesor de la lámina.

Ejemplo: 1 lámina de 50 cm. de largo de acrílico de 6 mm. no se debe de flexionar más de 20 mm.

El tratar de formar en frío más allá de estos límites podría resultar en pequeñas fisuras en la superficie del material, llamadas craquelado, impuestas por la función de la carga en el material flexionado fuera de las recomendaciones antes dichas.

4.6.2 EQUIPO DE FORMADO Y TEMPERATURAS

Para el formado en caliente, la lámina de acrílico deberá calentarse a la temperatura ideal, ya sea por el sistema de circulación forzada de aire caliente (horno) o por el sistema de resistencia del tipo infra-rojo (calor radiante).

Las temperaturas del horno deberán de ser lo suficientemente altas para poder calentar el material en su totalidad hasta el tiempo en que esté libre de tensiones internas o sea el punto ideal de calor de moldeo.

Si la temperatura es muy alta, el material desarrolla en la superficie y a veces en toda la profundidad del espesor, un burbujeo que ya es imposible de remover.

Si la temperatura es muy baja, el formado se realiza con tensiones internas en el material, lo cual no es deseable entre otras cosas porque el objeto terminado presenta una fragilidad muy alta debido a lo anterior.

La temperatura óptima a la cual se deberá formar o moldear el acrílico varía de acuerdo con el espesor del material, el método de formado y la forma misma del objeto a moldear.

Los materiales de bajo espesor deberán calentarse a temperaturas más altas, ya que el proceso de salida del horno y moldeo se pierde algo de calor.

Si se usa el método de calentamiento por horno, se debe tener cuidado que la temperatura sea controlada con el máximo de precisión. De no ser así se corre el riesgo de no poder duplicar las condiciones de moldeo en la producción y por lo tanto el desperdicio por rupturas puede ser mayor.

Se recomienda con insistencia tener en el equipo los controles adecuados para mantener la temperatura uniforme, sin altas y bajas muy notables, así como un

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

termómetro suficientemente grande que indique con precisión la temperatura y si es posible un reloj que señale el término del ciclo del calentamiento.

La temperatura máxima a que se debe usar el horno no debe exceder a los 190°C.

Existe la creencia de que subiendo la temperatura en el horno hasta, vamos a decir, 250°C se puede reducir el ciclo de formado (tiempo), ésto es cierto, sólo que, en el caso de que la pieza a moldear fuera profunda, lograr encontrar la temperatura ideal que podría ser de 178°C, sería muy difícil, ya que si se deja el acrílico en el horno por diez segundos más, el calor obtenido puede ser de 185°C, temperatura que puede ser muy alta para este tipo de pieza y sobrevenir la ruptura y por lo tanto el desperdicio. Así que se recomienda como mejor procedimiento el usar el horno a la temperatura ligeramente más alta a la ideal (obtenida ésta a base de hacer pruebas con anterioridad) y ésto nos permita dejar más tiempo el acrílico en el horno; hasta de dos minutos o más sin afectar las condiciones óptimas de moldeo.

Una idea aproximada del tiempo que toma el calentamiento del material por el sistema de horno nos lo da la regla aproximada que dice:

Por cada 1 mm. de espesor de material se necesita 3.5 min. de tiempo, siendo ésto válido si se usa el horno a la temperatura de 175°C.

Si el horno se encontrase a 180°C se podría utilizar la siguiente fórmula $0.7 \times 3 \times$ el espesor de la lámina.

Ejemplo:

Datos:

1. Horno a 180°C (grados centígrados)
2. Grosor de la lámina 6 mm.

Fórmula:

$0.7 \times 3 \times$ Espesor de la lámina.

Sustituyendo:

$0.7 \times 3 \times 6 \text{ mm} =$ Tiempo en el horno.

* Tiempo en el horno = 12.5 min.

El taller de formado se deberá conservar siempre limpio, ya que el polvo se ve atraído por el acrílico debido a las cargas electro-estáticas que se inducen en él. Los moldes y las láminas deberán ser limpiados antes del moldeo con una franela húmeda.

Se recomienda habilitar la lámina de acrílico un poco más grande que el tamaño de la pieza final, para dejar espacio al área de sujeción y que al recortar la pieza no queden en ésta marcas indeseables.

Siempre se deberá de recortar o terminar la pieza a la dimensiones finales deseadas una vez que ésta esté formada y fría.

4.6.2.1 EQUIPO

Las presiones requeridas para formar el acrílico son mucho menores que las que se requieren para el acero u otros metales.

Para moldear el acrílico nos bastan prensas que tengan potencias de aproximadamente cuatro toneladas por metro cuadrado, ya que no se trata de moldear con el sistema de Hembra y Macho.

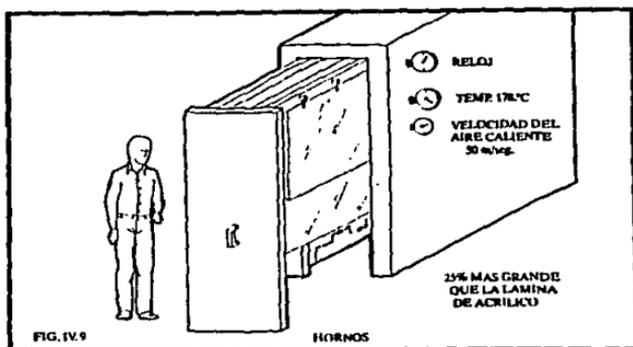
4.6.2.2 HORNOS

Los hornos para calentar lámina acrílica deberán fabricarse en lo que respecta a la cámara de calor, un 25% más grande que las dimensiones de ancho y largo de la lámina que tenga que moldearse y correspondan estas medidas, al alto y largo del horno, quedando el ancho a determinar según el número de láminas acrílicas que se quiera formar simultáneamente. (Ver fig.).

La manera más conveniente de sostener el acrílico dentro del horno es en forma vertical, para lo cual, deberán proveerse los medios que permitan lo anterior, así como permitir sacar el material. Todo ésto se logra utilizando rieles y carretillas suficientemente grandes y resistentes para soportar el peso del acrílico.

Los rieles permiten mover el material del horno a la máquina con rapidez y evitar el enfriamiento de éste.

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA



La circulación forzada de aire y deflectores adecuados, son necesarios para distribuir el calor uniformemente en el interior del horno y que éste a su vez sea transmitido en toda la superficie de la lámina, así como para calentar todas las láminas a la misma temperatura en caso de meter varias a la vez.

La velocidad del aire en el interior del horno y a través de la lámina acrílica deberá de conseguirse en el rango de los 50 y 75 metros/minuto.

Las puertas deberán ser angostas para evitar la pérdida de calor al cargar y descargar el horno, además es conveniente tener disponible una puerta auxiliar más grande, para el caso en que se tenga que introducir una pieza ya moldeada con el fin de recalentarla para volverse a moldear.

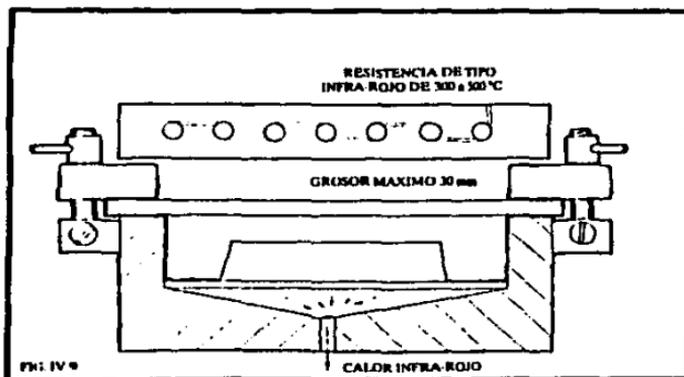
4.6.2.3 CALOR INFRA-ROJO

La principal ventaja del calor radiante sobre los hornos de aire caliente es la velocidad de calentamiento obtenida, por ejemplo, si una lámina de acrílico de 3 mm. de espesor calentada por un solo lado por el sistema infra-rojo obtienen su calor ideal en 3 minutos aproximadamente, el método del

horno será probablemente de diez minutos para esa misma lámina.

La uniformidad de la temperatura varía con el tipo de resistencia usada. Resistencias con temperatura de superficie más uniforme se pueden acercar más a la lámina de acrílico.

El acrílico filtra una gran parte de la energía radiante y por lo tanto absorbe gran cantidad de ésta en la superficie expuesta al calor. El resto de la lámina es calentada en su mayoría por la conducción del calor obtenido de la superficie expuesta. Por lo tanto, no es conveniente calentar por este método materiales de más de 3 milímetros cuando éstos se calienten por un solo lado y 6 milímetros cuando se calienten por ambos lados.



PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

El tiempo de calentamiento por calor infrarrojo es crítico y deberá controlarse con diferencias de unos cuantos segundos, debido a las altas temperaturas generadas en la superficie de las resistencias (usualmente entre los 300 y 550°C) y la gran cantidad de energía radiada por ellas. Las resistencias infra-rojas se controlan generalmente con relojes de porcentaje; variando el ciclo de apagado y encendido, se regula la temperatura de éstas hasta obtener los requerimientos propios de la operación de moldeo, especial en cada caso.

4.6.3 DOBLADO POR RESISTENCIA LINEAL

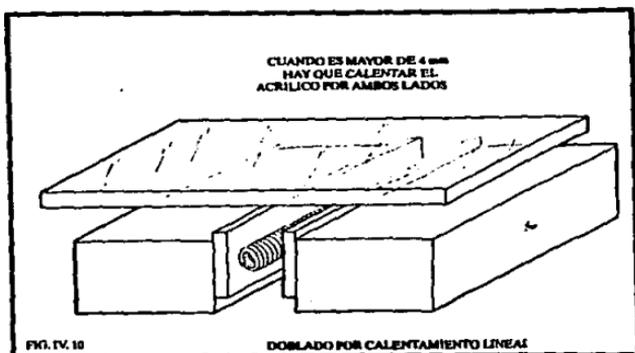
Una resistencia eléctrica es sin duda el dispositivo que más se utiliza para formar la lámina de acrílico artesanalmente. Empleando adecuadamente es una medida perfecta. Desafortunadamente, una resistencia eléctrica puede usarse únicamente para formar dobleces en línea recta, pero esto es usualmente lo más necesario para la mayoría de los procesos caseros. Esto le permitirá hacer dobleces con un mínimo de dificultad y electricidad.

Una resistencia eléctrica calienta únicamente el área a doblar rápidamente y con un poco de cuidado obtendrá excelentes resultados, ya que el resto de la pieza permanece fría.

Usted puede hacer un excelente dispositivo de calentamiento con una resistencia (eléctrica) lineal de alambre encerrada en un tubo de cerámica Pyrex o como las usadas en calentadores o planchas. Esta puede ser montada de muchas maneras. El soporte de la lámina debe mantenerla a 6 mm. mínimo sobre la resistencia. Se recomienda utilizar placas de asbesto para los soportes, colocándolas en ambos lados del elemento del calor, diseñándolas de tal manera que la distancia entre ellas sea ajustable, para aumentar o disminuir el área de calor. Esto permitirá variar el radio de curvatura del doblez.

Calentando y formando lámina de acrílico con una resistencia lineal no es difícil. Con un calentamiento adecuado, el acrílico puede ser doblado fácilmente, obteniendo esquinas limpias y brillantes. Con paciencia y un poco de

práctica, usted debe ser capaz de obtener excelentes resultados.



Para proceder al doblado, remueva el papel protector de la línea de doblado (puede dejarse el resto del papel para proteger las áreas donde no se va a trabajar). Luego coloque la lámina sobre los soportes con la línea a doblar directamente sobre la línea de calor, haciendo el doblado por el lado calentado. El tiempo de calentamiento varía según el espesor de la lámina. Para doblar la lámina de acrílico de espesor mayor a 4 mm. es recomendable calentarla de ambos lados para lograr un doblado adecuado. Caliente la lámina hasta que se empiece a pandear en la zona del doblado. No intente doblar la lámina antes de que esté bien

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

calentada o al estar parcialmente fría, esto puede ocasionar esquinas irregulares o plegadas.

Caliente cuidadosamente y dele vueltas constantemente para evitar burbujeo en el interior de la lámina, debido a un sobrecalentamiento de la misma. Un calentamiento irregular puede causar arqueo en la línea del doblez. A veces esto es difícil de evitar, especialmente en piezas de longitud mayor de 60 cm. El arqueo puede ser disminuido sujetando el material recién formado con unas piezas o una plantilla hasta que enfríe. Las plantillas pueden hacerse de madera, fijas o ajustables.

Utilice guantes ligeros de algodón durante el manejo de la lámina caliente para proteger sus manos.

4.6.4 OTROS METODOS DE CALENTAMIENTO

El agua caliente o vapor a presiones atmosféricas no calientan el acrílico suficientemente para lograr su moldeo.

Se puede usar aceite caliente, el cual deberá ser delgado, del tipo usado en transformadores preferentemente. El inconveniente estriba en el hecho de que la lámina de acrílico se torna difícil de manejar, teniendo además que estar limpiando a ésta.

A continuación damos algunos consejos para obtener mejores resultados.

Centrar moldes geométricamente. Esto es conveniente para que la prensa no tenga que resistir presiones innecesarias cuando los moldes no se encuentren centrados.

Las prensas deberán ser sólo verticales y nunca horizontales. Las horizontales no son recomendables por tener que moldearse la hoja de acrílico en forma vertical, lo que produce un diferencial de temperatura entre la parte inferior y la superior de la lámina; como se sabe, el calor tiende a concentrarse en la parte superior por razón natural, lo cual no es recomendable pues se crean tensiones de diferente intensidad, lo que hace frágil al producto.

La plataforma móvil de la máquina es más conveniente que sea la de abajo, para permitir que ésta esté a la altura más conveniente de carga del acrílico a moldear. Esta deberá variarse a la altura deseada.

La carrera de los cilindros deberá ser tres veces mayor que la altura del molde más alto, con motivo de poder sacar la pieza después de moldeada.

IMPORTANTE: Calentar lo más uniformemente el acrílico. Cuando se usan marcos de ángulo, éstos deberán calentarse antes de poner el acrílico. Hay que tomar en cuenta que cualquier diferencia de tipo de materiales usados en la fabricación de los moldes y marcos de moldeo, creará una diferencia de enfriamiento en el acrílico moldeado y hará que éste se deforme por la diferencia de tensiones creadas por el enfriamiento irregular.

Enfriar lentamente y uniformemente el acrílico, es por lo tanto indispensable.

Los moldes, si son de madera o de resina, no deberán tener insertos de metal, pues éstos harán que el acrílico se marque debido al enfriamiento a diferente ritmo entre esa parte metálica y el resto del molde, el cual está fabricado de materiales menos conductores del calor.

4.6.5 TECNICAS DE FORMADO

4.6.5.1 FORMADO BIDIMENSIONAL

El formado bidimensional es un proceso de doblado que se puede conseguir por tres métodos.

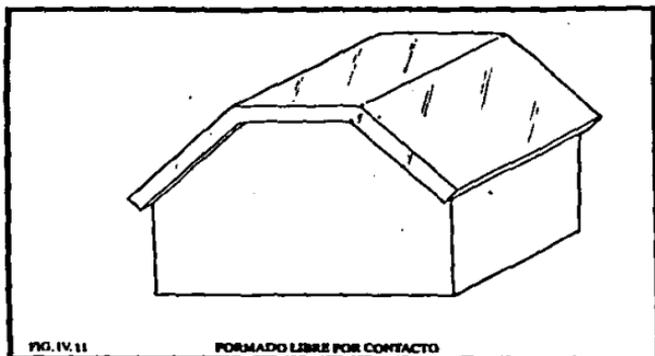
4.6.5.1.1 DOBLADO POR CALENTAMIENTO LINEAL.

Se coloca lámina de acrílico a calentar sobre una resistencia lineal, doblando el ángulo deseado. (Ver inciso 4.6.3. para mayor información).

4.6.5.1.2 FORMADO LIBRE POR CONTACTO

Se calienta la lámina de acrílico y un vez reblandecida, se coloca sobre el molde, las orillas del material pueden sujetarse al molde para evitar las ondulaciones que tienden a formarse durante el enfriamiento. (Ver inciso 4.6.2.1. al 4.6.4. para mayor información). (Ver figura).

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA



4.6.5.1.3 FORMADO EN FRIO

La lámina de acrílico puede ser formada en frío en marcos curvos, siempre que el radio de la curvatura sea mayor a 180 veces el espesor del material utilizado. (ver inciso 4.6.1. para mayor información).

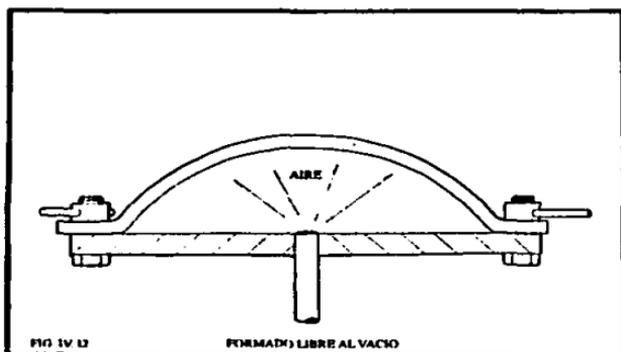
4.6.5.2 FORMADO TRIDIMENSIONAL

Los procedimientos para el formado tridimensional, requieren en general del uso de equipo de vacío y/o de aire

a presión para moldear una lámina de acrílico, con cierta temperatura requerida para esta transformación. A continuación se describen algunas de estas técnicas.

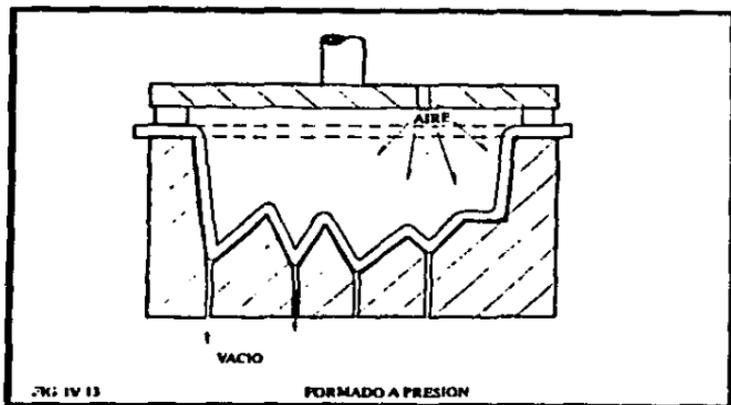
4.6.5.2.1 FORMADO LIBRE AL VACÍO

La lámina de acrílico se puede formar sin molde, retirándola por medio de vacío o presión de aire. La forma final de la pieza estará determinada por el tamaño y forma del anillo que fija al marco y por la altura que se dé por vacío o presión. Sin embargo, se limitan a contornos esféricos o burbujas libremente formadas, como domos, cabinas de helicópteros, etc.



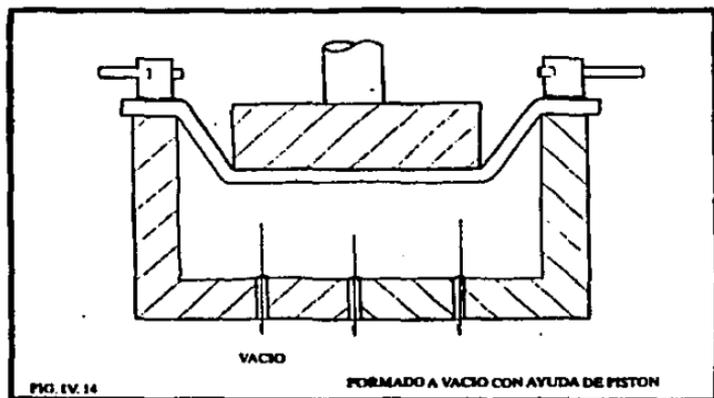
4.6.5.2 FORMADO A PRESION

Este procedimiento permite formar la lámina de acrílico sobre moldes de precisión. Con este procedimiento, se obtienen piezas con buena definición de detalles y tolerancias dimensionales exactas. Para altas presiones los moldes deberán ser de metal, resina epóxica u otro material que soporte grandes presiones sin deformarse y con un acabado excelente. (Ver fig.).



4.6.5.2.3 FORMADO A VACIO CON AYUDA DE PISTON

El uso de vacío para conformar lámina de acrílico a un molde tiende a proporcionar piezas con las paredes más gruesas que el fondo; presionar la lámina con un pistón ayuda a dejar el fondo más grueso que las paredes; la combinación de ambos procesos permite mayor uniformidad en el espesor y hará posible obtener mayores profundidades. (Ver fig.).



PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

4.6.5.2.4 FORMADO A PRESION CON RETORNO

Este método permite el formado de la lámina de acrílico en piezas de gran profundidad. Se debe tener un buen control de las presiones requeridas. Se puede usar vacío al retorno del material para acentuar la fidelidad de la pieza contra el molde. (Ver fig.).

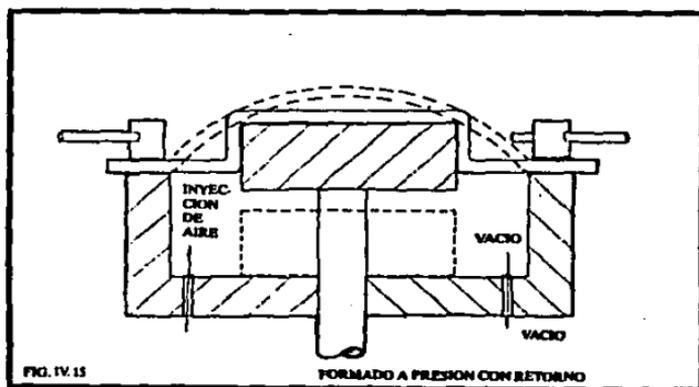
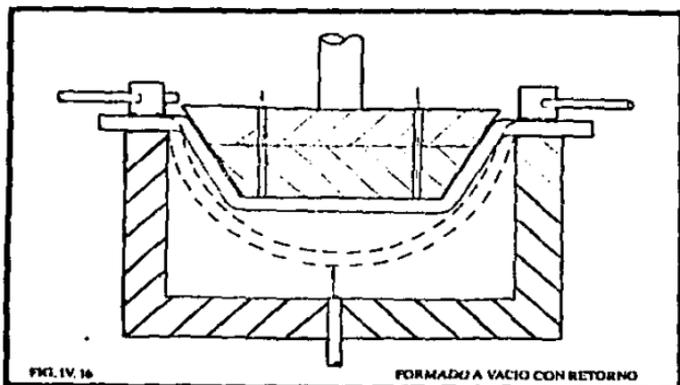


FIG. IV.15

FORMADO A PRESION CON RETORNO

4.6.5.2.5 FORMADO A VACÍO CON RETORNO

Sirve para formar piezas de lámina de acrílico que requieren espesor uniforme y un número de marcas de molde. La hoja revenida se estira en una caja de vacío hasta alcanzar la profundidad necesaria para dar cabida al molde. Una vez que el molde ha penetrado, se libera gradualmente el vacío para que la lámina regrese a su forma original, encontrándose a su regreso el molde y conformándose a él, logrando con este proceso formas más definidas, si al regreso de la lámina se aplica vacío al molde. (Ver fig.).



4.6.6 EQUIPO DE FORMADO

El equipo de formado consiste de cuatro elementos básicos:

1. Equipo para calentar lámina de acrílico a la temperatura:
 - a) Horno de 200°C.
2. Equipo mecánico, de vacío y de presión para conformar lámina de acrílico al molde:
 - a) Prensa de 2 000 kg. mínimo.
 - b) Aire 7 kg./cm² tubos de 20 mm. mínimo de diámetro.
 - c) Vacío 0.05 m³/min. tubos de 25.5 mm. mínimo de diámetro.
3. Aditamentos para sujetar lámina de acrílico a los marcos o arillos durante los procedimientos de calentamiento, formado y enfriado.
4. Bases adecuadas para sujetar el material.

4.7 PEGADO

La lámina de acrílico puede ser pegada con disolventes y adhesivos, formando uniones fuertes, durables y transparentes.

La fuerza y apariencia de la unión dependerá del cuidado y destreza con que se realice. Practique en pequeñas piezas, mientras más experiencia tenga, un mejor trabajo obtendrá.

4.7.1 TECNICAS DE PEGADO

Como habíamos dicho anteriormente, la lámina de acrílico se puede pegar prácticamente de dos maneras, con disolventes que reblandecen las partes a pegar o con cemento, que no es más que acrílico en forma semi-líquida y que cuando éste endurece nos da toda la apariencia y la resistencia del acrílico normal.

Para pegar por el primer método que es el llamado por capilaridad se usa Cloruro de Metileno y algunas veces Cloroformo, el cual no es muy recomendable porque la durabilidad del pegado no es tan alta como la durabilidad del pegado con el Cloruro de Metileno. Para pegar las

superficies, éstas deben estar limpias y próximas una a la otra, el cemento se proporciona por medio de una aguja hipodérmica o un gotero, se acerca a la junta y se satura de disolvente sujetando todo hasta que éste se evapore y el objeto se pueda sostener por sí mismo.

La durabilidad de estos materiales a la intemperie es mala, éstos solamente es conveniente usarlos cuando el objeto no tiene que estar a la intemperie. El método más conveniente para uso exterior es el cemento que posteriormente explicaremos.

4.7.2 PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Es conveniente que las superficies no se fuercen al unir, es más fácil trabajar cuando están planas o rectas. No necesitan preparación adicional las áreas de la lámina que formen parte de la superficie original, así como un corte limpio hecho con sierra. Pero si el área a unir tiene imperfecciones, es necesario lijarla o darle algún otro acabado hasta dejarla plana, lisa y a escuadra. No pula los lados a unirse pues se redondearía la superficie y disminuiría el área de contacto. Siempre remueva el papel protector del área que se va unir. Es bueno proteger la superficie cercana al área de pegado con cinta adhesiva para que no sea afectada por el disolvente o adhesivo y presiónela bien para que éstos no se filtren debajo de ella. La cinta debe ser removida después que la unión se haya realizado.

Use disolventes tales como Cloruro de Metileno, Dicloruro de Etileno, Tricloretileno, Cloroformo, Ether o Acetona. De seguro los distribuidores de lámina acrílica tendrán el adhesivo adecuado para su necesidad. (para mayor inf. ver inciso 2.1.15 y 2.1.15.1.)

4.7.3 PRECAUCIONES PARA TRABAJO

A continuación mostraremos algunas precauciones para trabajar con disolventes:

1. Siempre trabaje en una área bien ventilada.
2. No fume, los disolventes son inflamables y altamente volátiles.
3. Proteja su piel del contacto directo.

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

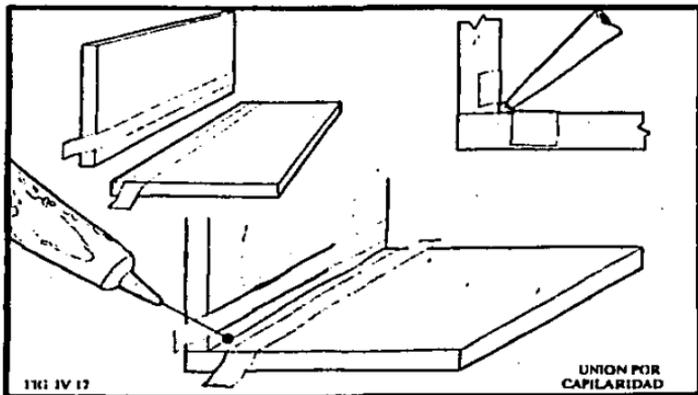
4. No respire el olor de los disolventes por prolongado tiempo, si es posible utilice una mascarilla.

4.7.4 UNION POR CAPILARIDAD

La unión por capilaridad es probablemente el método más popular de pegar la lámina de acrílico. Este método trabaja debido a la capacidad de un adhesivo o disolvente de baja viscosidad de fluir a través del área a unir por acción capilar. Propiamente hecho, producirá una unión fuerte y transparente. El pegado por capilaridad no funcionará si las partes no asientan correctamente.

Asegúrese de que las piezas asienten adecuadamente, ponga la cinta adhesiva en el área a proteger y sujete las piezas, si es necesario a una plantilla, con cinta o unas pinzas.

Es importante que la unión se conserve en posición horizontal o de lo contrario el adhesivo saldrá de ella.



Aplique el adhesivo con cuidado a lo largo de la unión y por ambos lados, si es posible sobre un plano. Use una jeringa hipodérmica o una botella de boquilla delgada, aunque también se puede utilizar una brocha o un gotero, si se hace con cuidado.

Si el adhesivo no fluye completamente dentro de la unión, incline ligeramente la pieza vertical (más o menos un grado) hacia el lado exterior, esto permitirá que el disolvente o adhesivo fluya libremente dentro de la unión. (Ver fig.)

Permitirá que la unión seque perfectamente antes de remover la cinta adhesiva o las pinzas sujetadoras.

4.7.5 PEGADO POR INMERSION O REMOJO

Este método de unir lámina de acrílico, requiere de sumergir el lado de una de las piezas a unir directamente en el disolvente. Es importante que solo se sumerja al borde, ya que de lo contrario resultará una unión débil y lenta.

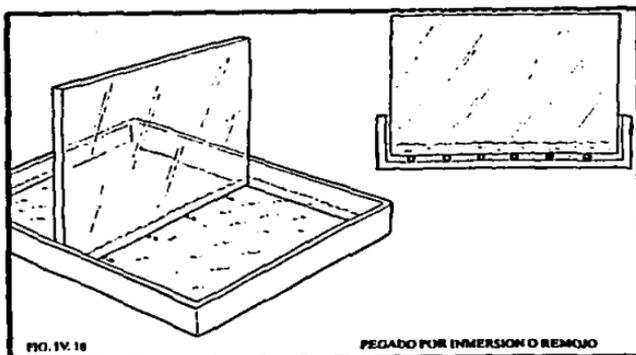
Utilice una bandeja poco profunda de aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado o vidrio, para sumergir el acrílico. Nunca use bandejas de plástico porque el solvente las puede disolver.

Coloque pequeños pedazos de alambre o clavos dentro de la charola, para que el borde de su lámina no toque el fondo de la charola. Procure que la charola esté nivelada y vierta disolventes dentro de ella sólo a cubrir uniformemente las piezas de alambre o clavos. Luego cuidadosamente coloque la orilla que se va a pegar dentro de la charola hasta que se apoye sobre el alambre o clavos y sujétela con un soporte o con las manos mientras se remoja.

La lámina de acrílico debe ser dejada en el disolvente de 1 a 5 min., dependiendo del espesor de la lámina, el tipo de disolvente y la fuerza de pegado requerida. El tiempo de remojo (inmersión) debe ser el suficiente para que el lado de la lámina se hinche. Tan pronto como esto suceda, la lámina debe ser retirada. Permita que escurra el exceso de disolvente, sujetando la pieza en ángulo inclinado. Luego cuidadosamente, pero rápido, coloque la pieza remojada precisamente sobre la otra parte que se va unir. Mantenga

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

las partes unidas, pero sin presionar más o menos 30 seg., para permitir que el disolvente actúe en la superficie de la otra pieza. (Ver fig.).



Después de 30 segundos aplique presión para sacar las burbujas de aire que pudieran quedar atrapadas, teniendo cuidado de no sacar el disolvente. Cuando las piezas estén unidas, manténgalas en firme contacto, sujetándolas de 10 a 30 minutos sin que se muevan.

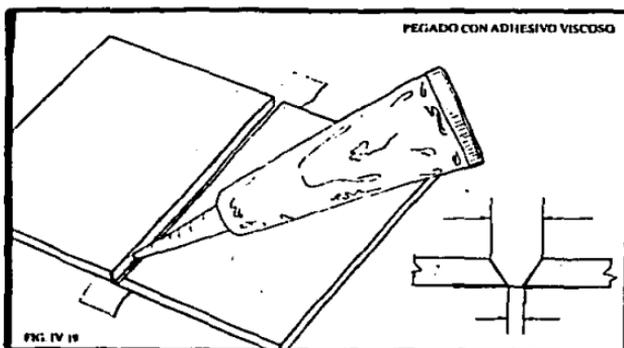
4.7.6 PEGADO CON ADHESIVO VISCOSO

El adhesivo viscoso es usado en uniones que no pueden ser pegadas por los métodos de capilaridad o inmersión, debido a que las partes no asientan correctamente o el área a pegar es difícil de alcanzar.

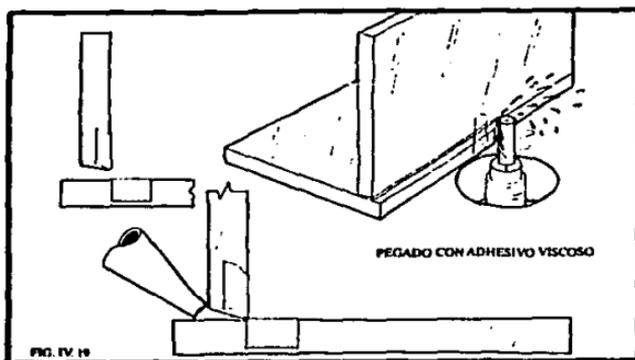
El adhesivo viscoso es capaz de rellenar pequeños huecos, logrando uniones fuertes y transparentes donde los disolventes no pueden.

El adhesivo viscoso lo puede usted adquirir con distribuidores de plásticos o hacer su propio adhesivo disolviendo virutas de acrílico cristal en una parte equivalente de disolvente y dejándolo toda la noche.

Remueva el papel protector del área que va a unir y aplique el adhesivo cuidadosamente, con una brocha, espátula o directamente del envase. Coloque cinta adhesiva o de enmascarar alrededor del área que se va a pegar para protegerla, ésta puede ser retirada después de unos 5 minutos, cuando el adhesivo aún está fresco. Coloque cuidadosamente adhesivo en uno de los lados de la unión y luego junte las piezas y manténgalas inmóviles un mínimo de 10 minutos. (Ver figs.).



PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA



4.8 MANTENIMIENTO

4.8.1 LIMPIEZA

Es conveniente cuando se tenga que limpiar el acrílico, hacerlo con suficiente agua y jabón simple o detergente, usando exclusivamente la mano. Puede usarse también una franela usada, una esponja o puede usarse una gamuza, pero solamente con la intención de distribuir el agua sobre el plástico sin frotar. Lo mejor para secar el acrílico es la gamuza húmeda o tela de tejido de punto usada. No usar nunca telas gruesas ya que rayan el acrílico.

En instalaciones donde no se pueda lavar fácilmente el acrílico con agua, es conveniente que primero se quite el polvo con aire, nunca tratar de quitarlo con un trapo.

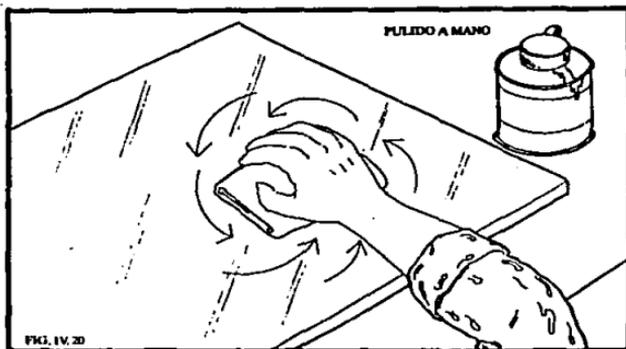
Posteriormente, la superficie se frotará cuidadosamente con una gamuza húmeda o una tela de punto como se dijo anteriormente, asegurándose de que no contengan polvo en su interior y cuidando de estar lavando muy seguido en agua limpia dicho trapo o gamuza.

La grasa y el aceite pueden removerse con petróleo o nafta que no contengan aromáticos. No se usen disolventes tales como el acetona, el benceno, el tetracloruro de carbono, líquidos de los usados para el lavado en seco en tintorerías o tintes para laca, ya que todos estos atacan en alguna forma a la superficie del acrílico. Tampoco se usen limpiadores para ventanas o materiales abrasivos como los que se usan en la cocina. (Ver inciso 4.1.11 y 2.1.15.).

4.8.2 PULIDO A MANO

El pulido a mano se efectúa habiendo removido con anterioridad los rasguños o marcas con lija de agua del número 320, seguido de lija del número 400, y posteriormente usando del número 600. Esto nos deja la superficie lisa para aplicar el pulimento. Este pulimento entre otros puede ser el usado para pulir plata, tales como Braso en pasta, o puede ser un pulimento para la pintura de los coches. Usar eso con un trapo limpio y frotar consecutivamente hasta lograr el *abrillantado* necesario. Si es necesario, utilice en esta etapa un poco de agua para facilitar el movimiento rotativo. Procurar no insistir en el pulido en una área pequeña sino distribuir los movimientos ampliamente para evitar que el acrílico sufra distorsiones ópticas en la superficie. Al terminar el pulido es conveniente limpiar con un trapo de tela de punto limpio y seco, y posteriormente proteger la superficie con cera de la que se usa para proteger la pintura de los coches del tipo de silicones. (Ver fig.).

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA



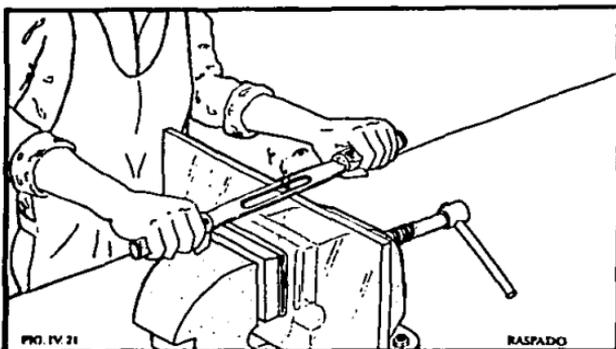
4.9 ACABADO

Cuando se corta la lámina de acrílico, independientemente de la técnica que se utilice, quedarán asperezas en los bordes, lo que no es recomendable para unir la con otra lámina para el acabado de la pieza. Es necesario emparejar estos bordes mediante la aplicación de diferentes técnicas, dependiendo del acabado deseado.

4.9.1 RASPADO

Este paso es el más fácil de realizar y se lleva a cabo con cualquier pieza de metal que tenga un extremo plano y filoso. Se procede a frotar firmemente con la pieza metálica

los bordes antes cortados de la lámina de acrílico hasta eliminar todas las asperezas.



4.9.2 LIJADO

Antes de proceder al pulido de la lámina de acrílico debe lijarse hasta obtener un acabado uniforme y mate. La claridad del lijado dependerá del tipo de lija que se utilice. Mientras más fino sea el grano, más fino será el acabado.

Si el trabajo ha ocasionado marcas profundas en la superficie de la lámina, deberá lijarse con una lija de grano medio entre el No. 180 y 320, para continuar con una lija fina, de preferencia lubricado con agua, del No. 400 al 600 hasta obtener una superficie uniforme, mate y libre totalmente de toda marca. Esta operación se puede realizar tanto a mano, como usando equipo mecánico.

4.9.2.1 LLIADO A MANO

Para lijar a mano se aplican técnicas similares al trabajo con madera, pero con más cuidado. Se debe emplear una cuña de madera o hule para efectuar el lijado.

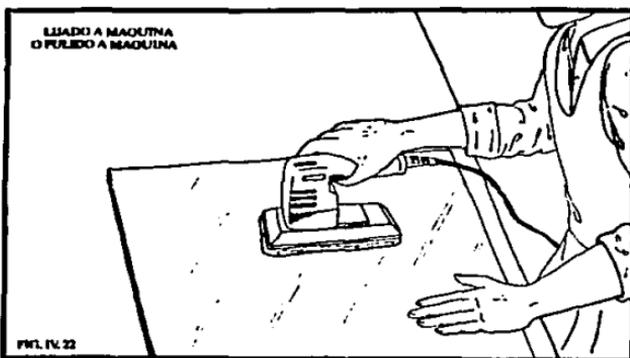
En la eliminación de marcas, asegúrese de que el lijado abarque una área mayor a la de la marca para evitar distorsiones y se vea manchada. Trabaje con un movimiento circular, presionando ligeramente y lubricando con agua.

A medida de que usted trabaje con lámina de acrílico, adquirirá la experiencia suficiente para determinar las necesidades de lijado para cada caso.

No tema experimentar con diferentes técnicas, lijas y cuñas, así encontrará la medida necesaria para resolver sus problemas de lijado.

4.9.2.2 LLIADO CON MAQUINA

Se puede utilizar lijadoras mecánicas comerciales para trabajar con lámina de acrílico. Realice la operación como si se tratara de madera, pero empleando menor presión y velocidad. (Ver fig.). Obviamente es necesario cambiar el tipo de lija, dependiendo del trabajo a realizar, siempre lubricado con agua, sobretodo con lijas finas.



4.9.3 PULIDO

Para restablecer el brillo de su lámina de acrílico en bordes y superficie, se puede utilizar un pulidor eléctrico o neumático, aunque también es posible pulir a mano.

Al empezar la operación de pulido el acrílico deberá estar lavado y seco. Algunos compuestos para pulir dejan la superficie del material bastante limpia al terminar. Si no se usan estos tipos de materiales, se deberá tener cuidado de lavar la pieza después de cada paso.

4.9.3.1 PULIDO A MANO

Aplique a su acrílico silicón automotivo o cera en pasta con una franela blanca dejando una capa delgada uniforme, después frote repetidamente con una franela blanca húmeda (no aplique en zonas impresas para no dañarlas). (Para mayor inf. ver inciso 4.8.2.).

4.9.3.2 PULIDO A MAQUINA

Se pueden utilizar motores de 2 a 5 H.P. con ruedas pulidoras equipadas con discos de franela suave unidos para formar una rueda de aproximadamente 2.5 a 7.5 cm de espesor (1" a 3") y de 15 a 30 cm. de diámetro (8" a 12").

También se pueden emplear herramientas eléctricas o neumáticas del tipo portátil equipadas con discos de franela. Se recomienda trabajar a velocidades entre 1 000 y 1 800 R.P.M.

Nunca use una rueda que haya sido utilizada para pulir metal, la viruta metálica ocasiona rayaduras al acrílico.

4.9.3.2.1 DISCO ABRASIVO

Si la pieza ha sido lijada con anterioridad o tiene raspaduras profundas, entonces se deberá usar un disco abrasivo, que consiste en usar un compuesto abrasivo en combinación con cera, cebo o grasa. Estos compuestos se denominan comúnmente de color y se obtienen en diferentes grados cada uno de diferente color. El grado obtenible más fino en la mayoría de los casos es el adecuado para el acrílico. Sin embargo es probable tener que usar a veces compuestos menos finos.

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

Los discos de tela abrasivos deberán de ser de algodón o popelina cosidos y deberán de ser de 15 cm. de diámetro y girar a una velocidad de 1 300 R.P.M. o de 50 cm. de diámetro y girar a 400 R.P.M. En general la velocidad superficial es de 350 m. por minuto.

4.9.3.2.2 DISCO DE PULIDO

Cuando la mayoría de las raspaduras se han reducido con el disco abrasivo, el acrílico se pule en un disco pulidor, usando un polish líquido más fino. El disco de tela deberá estar más abierto o suelto que el disco abrasivo y posiblemente deberá tener cinco hileras de cosido, la velocidad superficial deberá ser de 350 m. por minuto, usar en este paso un poco de cebo para disminuir la fricción. En lugar de el polish líquido se pueden usar compuestos abrasivos más finos que son generalmente blancos.

También se pueden usar discos fabricados con gamuza, cortando estos discos en este material y uniéndolos con discos menos grandes de metal.

La velocidad superficial recomendada de estos discos es de 750 m. por minuto a 900 m. por minuto.

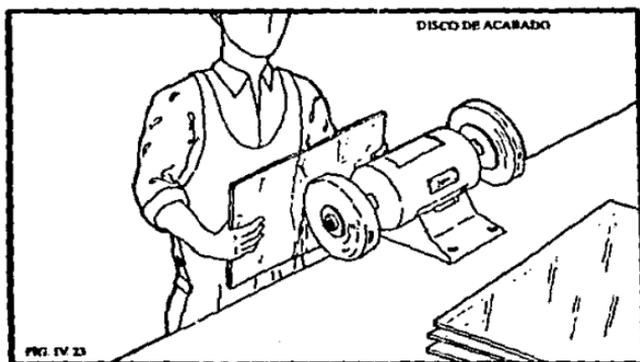
4.9.3.2.3 DISCO DE ACABADO

Para obtener un brillo de calidad se usa un disco aún más blando que el disco de pulido y que se fabrica con franela de algodón y se usan tres hileras de cosido (no se debe usar ningún compuesto o polish). Esta operación es prácticamente de limpiado y acabado. La velocidad superficial del disco deberá ser de 600 m. por minuto a 750 m. por minuto. Aplicar una capa de cera a mano al finalizar el acabado en el disco y frotar a mano con una franela.

NOTA: Primero debe aplicarse el pulimento a la rueda de franela. Mueva la pieza de un lado a otro de la rueda hasta obtener una superficie uniforme lisa y brillante.

Tenga cuidado, no aplique mucha presión y mantenga su pieza en movimiento para evitar el sobrecalentamiento de la lámina, que la puede quemar o desfigurar.

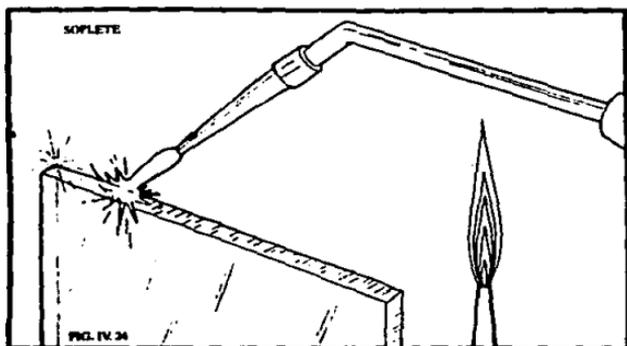
Por razones de seguridad, es importante no empezar a pulir cerca del borde superior de la lámina. La rueda fácilmente puede atraparlo y precipitar la pieza fuera de sus manos, lanzándola lejos o hacia Usted. Siempre empiece a pulir aproximadamente una tercera parte hacia abajo del borde superior de la lámina y mantenga en movimiento de un lado a otro hasta alcanzar el borde inferior, luego dé vuelta a la lámina y repita el proceso. Use guantes y lentes de seguridad. (Ver fig.).



4.9.4 SOPLETE

Cuando los bordes de la lámina de acrílico, se encuentran con asperezas, la técnica del soplete es muy buena ya que provoca un buen terminado superficial.

Se procede con un soplete de oxiacetileno con una boquilla del No. 1, se acciona la flama en condiciones óptimas y se acerca ésta al canto o borde de la lámina de acrílico con una distancia de un centímetro más o menos del vértice de la zona reductora de ésta, con movimiento lineal uniforme y más o menos rápido para que no se sobre caliente el acrílico ya que en esa zona la temperatura oscila entre 3 000 a 2 500°C provocando con esto un calentamiento tan grande que podría burbujear la placa si no se tiene cuidado, siendo éste imposible de remover. Así que se recomienda hacer pruebas con tramos de acrílico para tomar destreza en el proceso. (Ver fig.).



4.10 DECORADO Y PINTURA

La lámina de acrílico se puede pintar y decorar por métodos comunes, utilizando brocha o pistola atomizadora. Al seleccionar la pintura o laca que se va a utilizar, deben tomarse las siguientes precauciones.

1. La pintura no debe contener disolventes que ataquen la superficie de la lámina.
2. Para aplicaciones a intemperie, la pintura debe ser de excelente calidad y resistente al medio ambiente. En estos casos es recomendable utilizar pinturas con base de acrílico.
3. Para aplicación en interiores, se puede utilizar una pintura de base alquídica. No debe usarse pinturas a base de celulosa, ya que atacan el material.
4. Si requiere aplicar la pintura a la lámina antes de ser formada, deberá utilizar una pintura que resista la temperatura y con suficiente elasticidad para tomar la forma de la pieza.

4.10.1 PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Para lograr una buena adherencia de la pintura a la superficie de la lámina de acrílico, es necesario que esté perfectamente limpia.

El polvo o suciedad acumulada en la superficie se puede limpiar fácilmente con una franela o esponja humedecidas con agua. Si tiene manchas de grasa, se pueden quitar fácilmente con hexano o gas nafta y después de este proceso limpiar la superficie con agua limpia. Permita que la superficie de la lámina seque perfectamente antes de proceder a pintar. (Ver inciso 4.8.1.)

4.10.2 APLICACION DE LA PINTURA

La aplicación de varias capas delgadas sobre la lámina de acrílico, dará mejores resultados que la aplicación de una capa gruesa.

Ventilando adecuadamente la superficie pintada se favorecerá el secado y la evaporación de los disolventes.

PROCESO PARA LA TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA

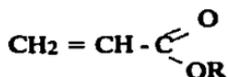
El pintado y el decorado puede hacerse por métodos comunes, utilizando brocha, pistola atomizadora o por el proceso de serigrafía, el cual ofrece múltiples posibilidades para el decorado de diseños complicados.

CAPITULO 5

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

5.1 INTRODUCCION

Los acrílicos para adhesivos, los selladores e impermeabilizantes, son polímeros y copolímeros basados principalmente en ácidos acrílicos y metacrílicos y sus derivados.



Otros compuestos acrílicos, por ejemplo, el ácido acrílico y el metilmetacrilato, son usados normalmente sólo como monómeros para las materias primas que se utilizan en la elaboración de adhesivos. Por medio de una juiciosa selección de los monómeros y de las condiciones de polimerización, fue posible desarrollar una gran variedad

de acrílicos sumamente adecuados como adhesivos. Estos se pueden conseguir en forma de soluciones, suspensiones y líquidos que contengan un 100% de polímero.

Dado que en este capítulo se verá el uso de acrílicos como aglutinantes para papel, recubrimientos, impermeabilizantes, pinturas, barnices, antimezcladores, o pigmentos de acabados para pieles, el término "adhesivo" sólo es ocasionalmente usado en el texto para aquellos aglutinantes para los que también ciertos tipos de acrílicos son muy adecuados.

5.2. HISTORIA

El ácido acrílico fue sintetizado por primera vez en 1843. Intentos de sintetizar ésteres acrílicos ya se habían llevado a cabo en el siglo pasado. En 1901 H. V. Pechmann y O. Rohm elaboraron un informe sobre sus sistemáticas investigaciones sobre ésteres de ácidos acrílicos. Las síntesis de ésteres acrílicos susceptibles de ser comercializadas fueron descubiertas por W. Bauer en 1928 y por W. Reppe en 1953. En 1927 la empresa Rohm & Haas, en Alemania, comenzó a producir la solución polimerizada de polimetilmetacrilato.

Las compañías Badische & Soda Fabrik AG, Ludwigshafen/Rhein, de Alemania, habían producido suspensiones de poliacrilato que fueron conocidas comercialmente como "Coralgrund", en el campo de la producción de pieles.

Numerosos métodos de polimerización de soluciones, suspensiones, emulsiones y en bruto (a granel), han sido descritos en textos desde 1930. El uso de acrílicos como materias primas para la elaboración de adhesivos se incrementó rápidamente. En numerosos campos donde se aplican adhesivos, éstos desplazaron a productos naturales y también a antiguos tipos de polímeros. Lo que permitió el desarrollo de un extenso número de nuevos procesos de enlace (enlazamiento). La aplicación de acrílicos, particularmente para producir etiquetas que se adhieren a presión, como las de los precios, fueron descritos apenas en el año de 1928. En 1940, H. Fikentescher y R. Gath, des-

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

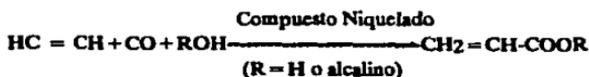
cubrieron el uso de suspensiones de copolímero acrílico para la unión de pieles entre sí y para la unión de madera y de papel. Los adhesivos basados en acrílicos para telas o tejidos de laminación, habían sido conocidos desde 1954. En 1955 H. Fikentscher describió el uso de acrílicos como adhesivos para papel, madera, vidrio y otros materiales. La laminación de telas ha adquirido relevancia desde 1958 y desde 1964 los acrílicos se han usado incrementadamente en la producción de laminados de tela. Se sabe que no menos del 80% de los laminados de tela fueron producidos con acrílico para el año de 1965. Después de 1960, las suspensiones acrílicas tuvieron mucha importancia como materias primas para adhesivos en la industria de la construcción. Hoy, más del 70% de los adhesivos para unir cubiertas de piso PVC (policloruro de vinilo), En Alemania Federal, están basados en acrílicos.

Lo adecuado de las soluciones acrílicas en la producción de selladores, fue descubierta en 1958 por la empresa Tremco MFG. (Para mayor inf. 2.1.1.)

Debido a sus destacadas propiedades, los adhesivos se han convertido, ellos mismos, en materias primas de adhesivos. Están siendo usados en forma creciente en adhesivos y selladores que tengan que satisfacer requerimientos muy estrictos.

5.3. MONOMEROS ACRILICOS

Cierto número de procesos para la producción de ésteres de ácido acrílico tienen importancia comercial. El más importante es el proceso Basf Reppe, en que acetileno, agua o alcohol, reaccionan bajo presión:



Por otra parte, la síntesis de ésteres acrílicos por la esterificación del ácido acrílico, merece ser mencionada. La hidrólisis ácida del acrilonitrilo ante el agua o alcoholes,

debería también enfatizarse, dada su conexión con el tema. La síntesis de petroquímicos de bajo costo, como es la oxidación del propileno es probablemente el proceso más promisorio en el futuro.

La convencional y más antigua síntesis industrial del ácido metacrílico y sus ésteres, empieza a partir del cianhidrina acetona, que es hecho a partir de acetona y cianhidrina ácida. La oxidación de isobutileno es un proceso moderno. Para una mayor comprensión del tema, además de darse referencia de patentes, se recomienda las obras de H. Rauch-Puntigam y de T. Volker.

Las compañías más importantes y sus procesos para la producción de ácido acrílico y de ésteres ácido acrílicos en el mundo son las empresas BASF y Rohm & Haas, cada una con capacidad de producción de aproximadamente 200 mil toneladas al año. (1984).

BASF	Proceso Reppe, con ácidos acrílicos como intermediarios*
Rohm & Haas	Proceso Reppe modificado; producción directa de ésteres con ácido acrílico como intermediario*
Unión Carbide	Oxidación de propileno; temperatura de 300 a 400°C, catalizada a base de molibdeno
Ugilor	Saponificación de acrilonitrilo*
Celanese	Oxidación de propileno
Dow Badische	Proceso Reppe similar al de BASF.

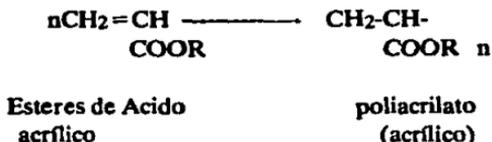
* Oxidación de propileno

Los principales productores de monómero metacrilato, ésteres de ácido que, hasta donde se sabe, usan el proceso acetona cianhidrina, incluyen a las compañías Rohm & Haas, Du Pont, American Cyanamid, ICI, y Rohm GmbH.

Los más importantes ésteres ácido-acrílicos para la producción de adhesivos son: metilacrilato, etilacrilato, butilacrilato, y 2 etilhexilacrilato. A temperatura ambiente estos monómeros son de tono claro, líquidos e incoloros. Aparte de los ésteres acrílicos mencionados, otros numerosos monómeros de este producto son usados también para efectos especiales en los adhesivos. Debido a su doble enlace altamente activado, todos los compuestos

5.4 PRODUCCION

Debido a la alta reactividad de los grupos vinilo, los compuestos acrílicos son susceptibles de formar polímeros lineales de alto peso molecular, por medio de las reacciones que tienen entre ellos mismos o con otros tipos de compuestos de vinilo:



Todos los procesos industriales de polimerización son llevados a cabo a una temperatura elevada y con la presencia de un iniciador. La polimerización puede efectuarse en bruto (a granel), en suspensión, solución o emulsión. Dado que todos estos procesos han sido descritos en detalle en la literatura sobre el tema, sólo los más importantes procesos para la producción de acrílicos para adhesivos son tratados aquí.

Además de otros factores, el punto de fusión de los polímeros y sus características de solubilidad son de importancia decisiva en la selección de procesos de polimerización para un cierto tipo de sistema. El proceso puede ser efectuado continuo o discontinuamente.

En la polimerización de soluciones el monómero o mezcla de monómeros es disuelto en un disolvente que es relativamente inerte a los radicales libres, por ejemplo, acetato de etilo o butilo, benceno, tolueno, disolvente de petróleo o cetonas; después, la polimerización es afectada por medio de elevadas temperaturas con la presencia de un iniciador, semejante a un peróxido orgánico o a un compuesto azo que es soluble en el disolvente.

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

Una fórmula típica para la polimerización de una solución para producir un adhesivo sensible a la presión, se da como sigue:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acrilato de n-butilo	500.00
Acetato de etilo	500.00
Peroxiso de benzoilo	00.55

Disolver el acrilato desestabilizado en acetato de etilo en un recipiente de mezclas y calentar 150 partes de la solución en un frasco con agitador a 75-80°C. Después de que se ha dado una reacción moderada, la solución residual es agregada gradualmente en el transcurso de dos horas, a temperatura de reflujo. Después de que se ha completado la incorporación, el compuesto es posteriormente polimerizado de una a dos horas.

PROPIEDADES DEL PRODUCTO

valor K (acorde con Fikentscher)*	50 - 60
Contenidos sólidos	50 %
Propiedades de la película	muy adherente

* Peso molecular Fikentscher

El tipo de disolvente usado tiene importancia decisiva en la velocidad de la reacción y en el peso molecular del polímero en la solución resultante. Esto es debido a que la diferente cadena de transferencia, traslada actividades (o reacciones) de los disolventes. De este modo, la viscosidad de una solución de poliacrilato de metilo y el peso molecular del polímero, decrece en el orden siguiente: benceno, acetato de etilo, dicloruro de etileno, acetato de butilo, metil isobutilcetona y tolueno. El disolvente con la cadena más alta traslada su actividad hacia los polímeros de menor peso molecular. Los pesos moleculares de las soluciones de polímeros son normalmente más bajos que los de las suspensiones de los polímeros. En la selección del disol-

vente que va a ser usado, deben considerarse también aspectos como su costo y el grado de seguridad que ofrezcan.

El proceso de polimerización de emulsión para homo y copolimerización de compuestos acrílicos es de mayor relevancia que el proceso de polimerización de soluciones. Este proceso se ve afectado ante la presencia de emulsiones y de indicadores (por ejemplo, persulfatos alcalinos) normalmente en agua durante la fase externa. Son emulsores adecuados, por ejemplo: sales alcalinas de cadena larga, el ácido alifático carboxílico, los ácidos sulfónicos y el óxido de etileno sulfato aduccionantes.

Una fórmula típica para emulsión de tipo acrílico para la producción de un adhesivo de uso múltiple, como para laminación es dada a continuación:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acrilato de n-butilo	1,375.00
Acetato de vinilo	1,375.00
Acido acrílico	50.00
Ampho Soap 18	25.00
Emulphor 0 (1 mol de alcohol octadecílico + 20 moles de óxido de etileno)	25.00
Agua	2,500.00
Persulfato de potasio (calculado sobre los monómeros)	0.05%

En un recipiente esmaltado en agua refrigerada, con cubierta y agitador, agréguese el agua, el emulsor y el ácido acrílico. Neutralice con sosa cáustica acuosa a un pH 7-8. Después agregue los otros monómeros y por último el catalizador. Mantenga la mezcla fresca. Se introduce del 15 al 20% de ella a presión y calentada a una temperatura de 70 a 80°C. Cuando la reacción ha llegado, después de entre media hora y 3/4 (lo que puede verse en el reflujo), la cantidad residual del recipiente de mezclas es gradualmente incorporada en el transcurso de una o media hora. La conclusión de la reacción puede reconocerse por la viscosidad de la sustancia, o por una corriente de nitrógeno sobre la superficie durante 30 minutos y a 80 o 90°C. El

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

compuesto es entonces enfriado a una temperatura inferior a los 35°C. Esto produce que la suspensión tenga las siguientes propiedades:

PROPIEDADES DE DISPERSION

Contenidos sólidos	ca. 50.0 %
Tamaño de la partícula	00.2 μ m
Viscosidad (25°C)	ca. 20.0 cps

Para cumplir con ciertos requerimientos, por ejemplo en la producción de materiales para empaquetar, es necesario quitar aún las mínimas cantidades de monómeros residuales de las suspensiones. Algunos de los procesos para este propósito son descritos en la literatura sobre el tema. De acuerdo a estos métodos, los monómeros no convertidos pueden ser eliminados con la ayuda de vapor de agua o de aire caliente o por medio de la incorporación de sustancias con átomos de nitrógeno básico; de ciertos ésteres epoxy y/o epoxy cetales. Según la referencia 15c, por ejemplo las suspensiones son atomizadas y las gotitas resultantes son mezcladas con vapor de agua. El monómero líquido es de esta manera evaporado fuera de las gotas. En el proceso de la referencia 15b, el vapor de agua es pasado a través de una suspensión de polímero hirviendo y la suspensión resultante evaporada (de apariencia espumosa) es cortada a razón de 100 m/seg. por la rápida reducción de la presión. El vapor es entonces separado de la espuma desintegrada y los monómeros residuales son de esta forma eliminados en gran medida. En el caso de suspensiones y soluciones de una conversión más alta y, por tanto, que necesariamente sean de un menor contenido de monómeros residuales, el proceso se realiza incrementando la cantidad de catalizadores y llevando a cabo la fase final durante un período de muchas horas.

Además de las suspensiones acuosas, las suspensiones en disolventes orgánicos también pueden conseguirse en el mercado. Las suspensiones acuosas tienen importantes ventajas sobre las acrílicas, como son: menor costo, que se

recuperación no necesariamente es disolvente, no ofrecen riesgos a causa del fuego, no contienen disolventes tóxicos, son de fácil manejo, tienen un mayor contenido de sólidos y un mayor peso molecular a una viscosidad menor. En la mayoría de las aplicaciones estas ventajas tienen un mayor peso que las desventajas: menor resistencia a la congelación, menor estabilidad al almacenarse, un mayor tiempo de secado de la película y en mayor grado de absorción de agua de la película.

5.5 PROPIEDADES

A temperatura ambiente, los homopolímeros de ácido metacrílico y acrílico, al igual que aquellos de los menores ésteres de ácido metacrílico, son productos duros y no pegajosos, adecuados sólo para aplicaciones especiales en el campo de los adhesivos. Los homopolímeros de ésteres de ácido acrílico de alcoholes con al menos dos átomos de carbono son elásticos, suaves, y de modo parcial sustancias poco pegajosas y se usan para un rango mucho mayor de aplicaciones para adhesivos. Bajo condiciones comparables, la dureza de los ésteres alquílicos poliméricos menores de los ácidos acrílico y metacrílico, decrece inicialmente con el incremento de la longitud o tamaño de la cadena del grupo alquilo. Lo anterior fue demostrado por Rehberg y por Fisher.

El punto para romper el homopolímero, es bajar su valor a 8 y 12 átomos de carbono en el grupo alquilo y después éste se incrementa con el aumento de la dimensión de la cadena de los alcoholes, alcanzando los polímeros una consistencia parecida a la de la cera.

Las posteriores propiedades físicas de los más importantes homopolímeros acrílicos comparadas con las de los acetatos de polivinilo son dadas en la tabla V.2. (las propiedades se incrementan en la dirección de la flecha).

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

TABLA V.2.

HOMOPOLIMERO	TEMPE- RATU- RA (°c)	ENDU- RECI- MIEN- TO	ADHE- SIVI- DAD	EN- LON- GA- CION	SOLUBILIDAD EN				
					A	B	C	D	E
Metacrilato de metilo	105				+	+	+	-	-
Acetato de vinilo	28				+	+	+	-	+
Acrilato de metilo	03				+	+	+	-	-
Acrilato de etilo	-23				+	+	+	-	+
Acrilato de n-butilo	-70				+	+	+	+	-
Acrilato de 2-etilhexilo	-75				+	+	+	+	-

A) ésteres, B) aromáticos, C) cetonas, D) hidrocarburos alifáticos, E) alcoholes, +) solubles, -) insolubles.

Las propiedades de la película, mencionadas anteriormente, no sólo dependen de la temperatura del polímero sino también de su peso molecular y de la distribución de éste. El valor "K", que es determinado por la medición del grado de viscosidad, de acuerdo al método de Fikentsher, es frecuentemente tomado como un criterio para determinar el peso molecular. Las películas de polímero de bajo peso molecular son menos flexibles, más pegajosas, y normalmente menos resistentes, a los disolventes que aquellas de alto peso molecular. Bajo condiciones comparables, un incremento en las ramificaciones del grupo alcohol, por ejemplo del alcohol n-butílico, al alcohol isobutílico o al terbutílico da por resultado un aumento en la rigidez de las películas. El reemplazo del n-alquilo por cicloalquilo o grupos fenil, ejerce un efecto similar. Entre mayor es la amplitud de la cadena del grupo alquilo en el éster, menor es la cantidad de agua que absorbe el polímero acrílico. La resistencia a la saponificación depende en la naturaleza de los sustitutos del alquilo. Esto aumenta con el tamaño del grupo alquilo y es particularmente alto cuando el grupo alquilo es ramificado. Normalmente los acrílicos son resistentes al

aceite, a los ácidos no-oxidantes y al agua salada. Todos los acrílicos se caracterizan por su excelente resistencia al envejecimiento. Ellos permanecen estables ante la luz, son resistentes a las altas temperaturas y a la oxidación y no tienen tendencia a adquirir un tono amarillento.

En la producción de adhesivos, los copolímeros acrílicos son de mayor importancia que los homopolímeros. Los compuestos acrílicos monoméricos pueden ser copolimerizados con la mayoría de los monómeros convencionales. Todos los copolímeros acrílicos que se pueden adquirir comercialmente tienen las mismas destacadas cualidades de los homopolímeros, como la resistencia al calor y la estabilidad ante la luz.

La buena adhesión con muchos sustratos se obtienen usualmente mediante la inclusión de pequeñas cantidades de un ácido carboxílico no saturado. Las suspensiones de polímeros que pueden ser espesadas con amoniacos (por ej. acronal 500 D), son obtenidas a través de la polimerización de ésteres acrílicos junto con pequeñas cantidades de ácido acrílico.

Acrílicos de alta firmeza y excelente resistencia a los disolventes son producidos incluyendo monómeros que contienen, además del grupo vinilo, otros grupos reactivos. El eslabonamiento puede ser ocasionado por esos grupos, ya sea durante el proceso de polimerización o después que el compuesto ha sido aplicado (a un sustrato). Los acrílicos eslabonados por sí mismos pueden ser usados en este último caso. Estos polímeros son usualmente eslabonados mediante la aplicación de calor o por medio de radiación de alta energía. El eslabonamiento puede ser efectuado también agregando agentes, semejantes a los poliisocianatos, epóxicos, ureas, de bajo peso molecular; melamina, resinas fenol-formaldehído, que pueden reaccionar con los grupos correspondientes (-OH alcohol, -NH₂ amina, COOH ácido) en el polímero acrílico. Los que se eslabonan exponiéndolos al calor, son referidos como acrílicos formados térmicamente. Los monómeros reactivos incluyen al monacrilato de butadiol, al acrilamida, N-hidroximetil, acrilamida o metacrilamida, N-alcoximetil

tantemente, éstos no pueden ser satisfechos por adhesivos basados en productos naturales. De tal suerte, no fue posible diseñar y usar maquinarias modernas y automáticas para la conversión de papel hasta que se descubrieron las suspensiones de este tipo de polímero basadas en poliacetato de vinilo, las cuales eran adecuadas para esta aplicación. Por medio de la modificación de estas suspensiones de homopolímero de poliacetato de vinilo, agregando, por ejemplo, plastificantes, disolventes y resinas, fue posible hacer estos adhesivos adecuados para cubiertas de papel (papel recubierto), y también, en alguna medida, para la unión de papel con películas de polímero. El rango de tipos de aplicaciones para suspensiones modificadas de esta forma es, sin embargo, limitado debido a que la "migración" plastificante puede, de manera adversa, afectar la adhesión y/o a los materiales de unión. La demanda de materias primas para adhesivos con una mejor adhesividad específica, se incrementó ante el mejoramiento de los materiales de la industria de conversión de papel, tales como los usados para la impresión (material para tipografía), para los cuales estos adhesivos se aplican en forma de laca o en capas impermeables al agua o al vapor aplicado a las superficies (tablas), y los que se usan para la película de polímero.

Debido a su alto grado de adhesividad específica, en una gran variedad de superficies, los ésteres de ácidos poliacrílicos en forma de suspensiones acuosas y de soluciones orgánicas, fueron considerados adecuados para la producción de adhesivos aplicados a superficies difíciles de unir. Los productos a los que nos referimos son tanto copolímeros de ésteres de ácidos acrílicos o, especialmente en el caso de adhesivos para empaquetado, copolímeros de ésteres del ácido acrílico con propionato de vinilo o de acetato de vinilo, como son los copolímeros de acetato de vinilo con ésteres de ácido acrílico. Los termopolímeros producidos a partir del ácido acrílico y de acetatos de vinilo, tienen incrementada adhesión sobre las láminas de metal y sobre varios tipos de plásticos; son, por tanto, usados para producir adhesivos en este campo dentro del cual se aplican. Los terpolímeros de este tipo son también muy resistentes

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

a la migración plastificante, como es la que ocurre en la película de PVC plastificado.

La siguiente fórmula puede servir como una guía para la composición o elaboración de un adhesivo usado en la laminación de hojas de aluminio a papel (pegado con papel).

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Actonal 500 D	1,900 cps	95.5
Natrosol 250 HR 5% en agua	950 cps	04.5

(Epprecht STV, 25°C.)

El medidor de viscosidad marca Epprecht STV, es un viscosímetro giratorio con un indicador del grado de elasticidad del material. Mientras que los viscosímetros Brookfield, que no son conocidos, no cuentan con indicador de la elasticidad del material. Por tanto, los valores que indican ambos tipos de viscosímetros no pueden ser comparables entre sí.

El adhesivo de la fórmula indicada anteriormente es aplicado sobre las láminas de aluminio por medio de rollos. Pueden efectuarse tanto mientras el adhesivo está aún mojado o está sellando, a una temperatura de entre 130 y 150 °C, después del secado.

El producto Acronal 500 D puede también usarse en la elaboración de un adhesivo para laminados rígidos o suaves de películas de PVC para papel. La que sigue es una fórmula tradicional:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 500 D	70 cps	100.0
Amoniaco 25%	70 cps	02.0
Agua	—	15.0

(Epprecht STV, 25 °C).

La adhesión a superficies impresas puede ser incrementada agregando entre 10 y 20 partes por peso de Acronal 14 D o de Acronal 4 D a la fórmula que acabamos de mencionar. Además, la temperatura de la laminación puede reducirse de este modo.

El grado de viscosidad requerido para su aplicación se obtiene espesando la substancia con amoniaco y, si es necesario, agregando agua. El adhesivo es aplicado sobre la película. La laminación puede efectuarse tanto mientras el adhesivo esté aún mojado o por medio de presión entre rodillos a una temperatura de entre 60 y 70°C, después de que éste haya secado. El adhesivo es, por lo general, aplicado en una proporción de 10-12 g/m (calculado en sólidos).

Las aplicaciones típicas incluyen la laminación de libros de bolsillo, mapas, posters, etc., con una rígida o suave película de PVC (policloruro de vinilo).

Para la laminación de la película para poliéster al papel, es necesario incrementar la adhesión de la película. Una primera fórmula de elaboración es dada a continuación:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 500 D	90.0
Acronal 4 D	10.0
Amoniaco 25%	02.0
Agua	10.0

El adhesivo es aplicado como antes mencionamos, pero debido al añadido de Acronal 4 D, la temperatura de laminado se reduce a 50-55°C.

Las soluciones acrílicas se usan de manera muy significativa en la elaboración de materiales muy brillosos, por ejemplo, en películas de acetato o celofán, para cubiertas de libros de bolsillo, cubiertas de discos, etc. A continuación sigue una fórmula típica:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 500 D L, 40% en acetato de etilo	100.0
Alreast KA 945, 40% solución en tolueno	60.0
Tolueno	55.0

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

Peso del recubrimiento sobre una película de acetato:
de aproximadamente 12 g/cm^2 de sólidos.

Temperatura de laminación 40 - 50°C

Presión de Laminación 08 - 10 kg/cm^2

En la laminación de películas de acetato es recomendable usar tolueno como disolvente, con objeto de evitar que la película se disuelva ligeramente por la acción del acetato de etilo en la solución de Acronal 500 L. En este caso el adhesivo se aplica también sobre la película. La película recubierta es laminada para las hojas o láminas de tablas. Después de que la mayor parte del disolvente se ha evaporado. Esto se realiza con la ayuda de rodillos para laminado a una temperatura moderada, con objeto de evitar que los laminados se pandeen.

Los laminados de hojas de aluminio y de papel con buena resistencia al calor y al agua, pueden ser producidos con soluciones acrílicas, de acuerdo con la siguiente fórmula típica:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 500 L, 40% en acetato de etilo	70.0
Lufotan 200 L, 50% en acetato de etilo	30.0

Temperatura de laminación: aproximadamente 60°C.

La resistencia al calor del enlace puede incrementarse por arriba de los 100°C añadiendo isocianato, por ejemplo, 5 partes por peso de Desmodur L, 75% de éste en acetato de etilo, (isocianato polifuncional aromático de Bayer) a la fórmula antes mencionada. Un compuesto de este tipo tiene una vida (duración en que es útil) de aproximadamente 8 horas, a temperatura ambiente.

Una capa adhesiva para películas de polímero, protectoras de selladores a calor, puede elaborarse de acuerdo a esta fórmula típica:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 300 D	99.0
Collacral VL	01.0
Peso del recubrimiento	06 - 10 g/cm ²
Temperatura de techo	aprox. 100°C
Temperatura de paredes	aprox. 40°C

Las películas producidas de esta manera pueden ser aereadas sin bloquearse.

Para la producción de papeles selladores de calor, es recomendable reducir la tendencia a la obstrucción, agregando Butonan 200 D al Acronal 300 D. Esto incrementa ligeramente la temperatura de sellado.

En la aplicación de adhesivo al papel recubierto de PVCD o laminado con una película de polímero, es muy difícil obtener una adhesión adecuada. No se obtiene, normalmente, resultados satisfactorios modificando las suspensiones de homopolímeros de poliacetato de vinilo con plastificantes, disolventes y resinas. Por esta razón se usan para estas aplicaciones suspensiones de propionato de vinilo o copolímeros de acetato de vinilo. La adhesión requerida se obtiene mezclando estas suspensiones con suspensiones acrílicas. Debido a su excelente adhesión a la mayoría de las superficies, que son difíciles de unir, el Acronal 14 D ha probado ser muy adecuado.

Una fórmula típica es la siguiente:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 14 D	3,800 cps	30.0
Propiofan 800 D	3,100 cps	70.0

En el campo de la producción de envolturas, los acrílicos son frecuentemente usados para las cubiertas adhesivas (con enlaces retardados) para etiquetas. Las suspensiones de copolímeros de ésteres acrílicos son acetatos de vinilo, cloruro vinilo o estireno, son generalmente empleadas para este uso. El material de soporte, usualmente papel, es recubierto después que las suspensiones se han modificado.

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

Los papeles recubiertos no necesitan añadidos bajo condiciones normales, de tal suerte que las hojas y los cortes pueden ser enrollados o apilados.

Los tipos de adhesivos de enlaces retardados a que nos referimos consisten, primeramente, de uno o una mezcla de películas de polímeros (anteriormente en forma de suspensión) y de uno o una mezcla de muchos plastificantes cristalinos. El plastificante es usualmente empleado en la forma de una suspensión con partículas de tamaño muy reducido.

Las resinas en solución o las resinas en suspensión, son usadas como aditivos para obtener ciertos efectos adhesivos. Las capas de adhesivos deben ser secadas a una temperatura inferior al punto de fusión del plastificante con objeto de que la superficie de ellas sea regular.

Una fórmula típica para adhesivos de efecto retardado, basada en copolímeros acrílicos, se da a continuación:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 300 D	1,300 cps	25.0
Collacral VL	100 cps	03.0
Dispersión plastificante	---	75.0
Solución de resina	---	20.0

(Espesador STV, 25°C)

Los elementos individuales que constituyen la mezcla son incorporados en el orden enlistado; pero también es posible agregar de antemano un agente que sirva para dar consistencia (espesar): el Collaral VL, a la solución plastificante.

La suspensión plastificante de este ejemplo tiene la siguiente composición:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Lunetrol A - FK	00.4
Agua	58.4
Nopco NDW	00.2
Unimoll 66 M	40.0

El Lunetzol A-FK (emulsificante) y el Nopco NDW (antiespumante o desespumante) son agregados al agua antes de que el plastificante en polvo sea dispersado mediante un agitado vigoroso. La estabilidad (por ejemplo, la resistencia a asentarse) depende en gran medida en la finura de las partículas del plastificante y en la viscosidad, que puede ser incrementada por medio de un agente que sirva para espesar.

La solución resinosa tiene el siguiente contenido:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Alrcsat KA 945	50.0
Etanol	26.5
Agua	10.0
Amoniaco 25%	13.5

A las etiquetas producidas con la solución mencionada, ésta se les aplica del modo siguiente: la cubierta adhesiva es calentada directamente por medio de radiación infrarroja o con aire caliente, o con láminas calientes puestas sobre el reverso de las etiquetas a una temperatura superior al punto de fusión del plastificante. El polímero es plastificado, de esta forma la cubierta es fijada por el plastificante licuado o fundido que se encuentre presente en exceso. En estas condiciones, la etiqueta puede ser unida al sustrato (producto al que se aplique), aplicando una pequeña presión. La adhesión de la etiqueta al vidrio, metales, PVC, madera, etc., permanece durable, aún después de que el plastificante se ha recristalizado (vitrificado).

Los adhesivos que se derriten en caliente o las cubiertas que sellan con calor, son hechos de copolímeros de etileno y de ácido acrílico y/o de ésteres de acrilato. Las propiedades de los polímeros pueden variar dentro de un intervalo o límite muy extenso por medio de la alteración de su peso molecular que contienen los ácidos acrílicos y alterando la proporción y el tipo de los ésteres del ácido acrílico. Los productos que no son modificados son excluidos de los materiales de soporte (por ejemplo, laminillas de papel o de aluminio) que son combinados con otras superficies por medio de selladores térmicos. Con la incorporación de ceras y de resinas se pueden adaptar las propiedades del sellado

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

térmico a los requerimientos del producto, o también pueden producirse sustancias derretidas para enlazar o unir papel o productos como tablas.

5.6.2 ADHESIVOS PARA LAMINACION

Debido a sus destacadas propiedades, los adhesivos acrílicos tienen un papel dominante en dos de los principales procesos de laminación de la industria textil de laminación entre telas y en la laminación de telas y espuma.

Los acrílicos son usados en forma de suspensiones acuosas. Con objeto de ser durables al lavado o limpiado en seco, los acrílicos son por lo general, del tipo de los que mantienen su propio eslabonamiento al ser expuestos al calor. Después de las modificaciones adecuadas, las suspensiones acrílicas previstas por los fabricantes, pueden también satisfacer requerimientos relacionados con su resistencia al envejecimiento, a la decoloración y a la exposición, a la radiación del tipo UV (ultravioleta); también deberán tener buena adhesión hacia varios sustratos (productos); un grado de suavidad (variable en un alto rango) y finalmente, pero no el aspecto menos importante, que tengan un bajo costo.

El adhesivo es aplicado a la espuma (goma o hule espuma -poliuretano-) o hacia las telas (tejidos) por medio de equipos convencionales usados en la industria textil (cuchillos, rodillos de beso, o rodillos grabados). Los adhesivos de laminados para unir textiles a espuma son usualmente muy similares en su composición. En la elaboración del adhesivo es siempre necesario adaptar las propiedades reológicas a la aplicación del método que se esté llevando a cabo. Un adhesivo para laminación debe permanecer estable durante su almacenamiento, transporte y manejo. Por otro lado, se debería dispersar lo más pronto posible durante el proceso de laminado, con objeto de evitar una excesiva penetración en la espuma o tela y para obtener un alto grado de adhesión lo más rápido posible cuando se encuentra húmedo o mojado.

Los aprestos textiles, basados en el almidón y los agentes repelentes al agua tienen un defecto adverso en la adhesión

del adhesivo en la tela y deben, por tanto, ser quitados de antemano. Si un agente repelente al agua es requerido, deberá ser aplicado después del proceso de laminación.

La durabilidad ante el limpiado en seco depende principalmente de que si el tiempo de proceso es adecuado para el eslabonamiento o si la temperatura que éste requiere es alcanzada. Generalmente una temperatura de 140-150 °C y una duración de 2 a 5 minutos es necesaria para el secado y el eslabonamiento.

Un adhesivo para laminado basado en suspensiones de acrílico acuosas autoeslabonadas, normalmente también contienen otros componentes, tales como agentes para espesar, antiespumantes y catalizadores o polimerizadores.

La naturaleza de los agentes empleados para espesar es de importancia decisiva para las propiedades reológicas del adhesivo. El adhesivo debe tener una consistencia viscosa, cremosa y parecida a la de un gel. Dependiendo ésto de la superficie y grado de absorción de los materiales que van a ser laminados, del tipo del aplicador y de la velocidad de la maquinaria utilizada en el proceso de producción.

Los pseudoplásticos de bajas propiedades de dilatación pueden también ser necesarios. Los adhesivos dilatantes son principalmente requeridos cuando son usados rollos aplicadores grabados, o cuando la laminación es llevada a cabo a altas velocidades.

Es recomendable usar un antiespumante o desespumante con objeto de evitar los efectos causados por la formación de natas y por un secado prematuro, como resultado de formaciones espumosas en el aplicador. Se usa un catalizador cuando el óptimo eslabonamiento del acrílico trata de ser obtenido mediante las condiciones indicadas anteriormente (2 a 5 minutos, de 140 a 150 °C). Los catalizadores son tanto ácidos libres, tales como el ácido oxálico, el ácido cítrico, el ácido maléico, etc., o ácidos latentes como el fosfato ácido de amonio. Mientras que los ácidos libres pueden ser usados con agentes espesadores neutrales, como el Collacral VL o derivados de la celulosa, los ácidos latentes deberían de preferencia usarse junto con suspensiones acrílicas alcalinas.

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

Comparativamente, una buena durabilidad de lavado en seco puede ser obtenida aún a bajas temperaturas de eslabonamiento, es decir, a aproximadamente 130 °C, agregando un reactivo adecuado. (formaldehido urea) o agregando resinas melaminas formaldehidas. Sin embargo, estos aditivos tienen un inconveniente debido a que reducen la vida del material, además de disminuirle flexibilidad y firmeza al laminado resultante. Resinas reactivas como la Kaurit W (una metilurea modificada producida por Basf) o por el Kaurit M 90 (un estificado de la metilomelamina de bajo peso molecular de Basf), pueden ser usadas para este fin. A continuación sigue una fórmula típica:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Collacral VL	10,000 cps	2.0
Nopco NXZ	4,000 cps	0.2
Acronal 330 D	2,000 cps	100.0

(Epprecht STV, 25 °C)

Condiciones de polimerizado: 3 min. a 150 °C.

Se puede obtener un polimerizado óptimo aún a bajas temperaturas (por ejemplo, a 120 °C) agregando dos partes por peso, de una solución acuosa al 20% de ácido maléico.

El método de aplicación por medio de un rodillo grabado, en que el adhesivo es aplicado en forma de puntos o de líneas, es empleado principalmente en aquellos casos donde el manejo y la absorción de telas de poco peso no deberá ser afectado. Varios métodos se han desarrollado para este fin. El más ampliamente conocido de ellos es probablemente el proceso de "coin" (moneda), en el cual el adhesivo en forma de suspensión es utilizado (en el laminado) en forma de granos de arena.

La cualidad de la lámina depende tanto de la fórmula del adhesivo como de las condiciones de la laminación. Una insuficiente durabilidad del laminado ante la limpieza en seco o al lavado, se debe frecuentemente a un es-

labonamiento inadecuado. Una durabilidad inadecuada puede también obedecer a una aplicación del adhesivo no uniforme y a una excesiva penetración del adhesivo en la tela o en la espuma. Estas deficiencias son debido a una viscosidad inicial excesivamente baja del adhesivo, o a una inadecuada adaptación de las condiciones de maquinado a las propiedades de fluido del adhesivo. La diferencia de la velocidad entre el sistema aplicador y el de laminado, pueden también reducir la calidad de la lámina, además de producir fracturas en la capa del adhesivo.

Aparte de su manejo, la fuerza (cohesión) de los enlaces entre textiles y entre textiles y espuma quedara determinada por las pruebas a las que se someten muestras de estos materiales ya terminados a diferentes esfuerzos de tensión. Este es el mejor criterio para determinar la calidad de los laminados. La fuerza de los enlaces también se prueba mediante un examen de depuración; después de que la muestra de material ha sido sometida a numerosos ciclos de lavado en una lavadora y/o después de muchos ciclos de limpiado en seco. Las muestras son probadas mientras aún permanecen mojadas y después de que se hayan secado. Con objeto de evitar decoloración por la influencia de la luz solar, especialmente en las telas de laminado delgado, los laminados son también probados para conocer su resistencia a amarillarse (adquirir un tono amarillo), especialmente someténdolos a radiaciones ultravioleta.

La laminación de textiles para películas de polímero es sólo de una importancia secundaria. Por el momento, las películas plastificadas de PVC son usadas para este fin. El principal requerimiento impuesto a los adhesivos para este uso es, por tanto, que tengan resistencia a la migración plastificante, ciertos copolímeros de ésteres acrílicos (por ejemplo, Acronal 14 D) y copolímeros de ésteres acrílicos y de acetatos de vinilo (por ejemplo, Acronal 500 D) han sido probados entre sí para la producción de laminados de este tipo. Los copolímeros acrílicos que son usados para laminados del tipo textil/textil y textil/espuma, pueden emplearse también para esta aplicación; pero en este caso la capacidad de eslabonamiento (polimerizado) del material no puede ser aprovechada, a menos que la película

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

de PVC (policloruro de vinilo) tenga una adecuada resistencia al calor.

Los adhesivos producidos de acuerdo a la siguiente fórmula típica han sido usados exitosamente para la laminación plastificada de película de PVC para textiles.

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 500 D	9,000 cps	70.0
Amoniaco 25%	4,000 cps	01.5
Acronal 14 D	2,000 cps	30.0

(Epprecht STV, 25 °C)

Los laminados con una resistencia al agua substancialmente alta, pueden ser obtenidos con adhesivos de acuerdo a la siguiente fórmula típica:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Collacral VL	1,000 cps	001.0
Nopco NXZ	500 cps	000.2
Acronal 330 D	300 cps	100.0
Acido maleico 20%	----	002.0

(Epprecht STV, 25 °C)

Condiciones de polimerizado: 3 min. a 120 °C.

Los laminados de PVC película/madera están siendo usados en gran medida en la producción de muebles, componentes de paredes, etc. Este constituye un amplio campo para la aplicación de suspensiones basadas en ésteres de ácidos acrílicos y en sus copolímeros. La película normalmente contiene de 5 a 10% de plastificante; se aplica usualmente sobre tablas de aglutinado.

Una fórmula típica para un adhesivo adecuado en esta aplicación es la siguiente:

Manual de Resinas Acrílicas

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 500 D	100,000 cps	75.0
Nopco NDW	50,000 cps	00.3
Ftalato de dibutilo	-----	02.0
Aerosil 200	24,000 cps	01.0
Yeso precipitado	-----	20.0
Amoniaco 25%	-----	01.5

(Epprecht STV, 25 °C)

Resistencia del enlace a las bajas temperaturas: aprox. -20 °C.

Resistencia del enlace al calor: 75 °C.

El adhesivo es aplicado usualmente a la madera por medio de un rodillo o pistola de aire. La laminación es efectuada mientras el adhesivo aún está húmedo y las láminas se mantienen en una pila bajo presión hasta que se obtiene una adecuada adhesión. Los defectos que tengan el laminado combinado con madera son normalmente detectados probando los enlaces producidos con este tipo de adhesivos.

Procesos más recientes para la laminación de películas de PVC para tablas de aglomerado, indican que el enlazamiento en condiciones de humedad se está volviendo obsoleto. En estos procesos el adhesivo aplicado en la madera permite que se seque, de este modo, la laminación es efectuada bajo presión por el aprovechamiento del carácter termoplástico de la película adhesiva. El mismo método de enlazamiento en caliente se emplea también para la laminación de películas de PVC hacia la madera, por medio de un proceso de formado al vacío. La siguiente fórmula típica es adecuada para la producción de adhesivos para enlazamiento, tanto en seco como en caliente:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 14 D	13,000 cps	80.0
Acronal 350 D	5,000 cps	20.0

(Epprecht STV, 25 °C)

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

La película es laminada para la madera mediante formación al vacío a temperaturas que oscilan entre los 130 y los 150 °C.

Si una película altamente plastificada debería ser laminada en lugar de una película de PVC no plastificada o de una película con bajo contenido de plastificante, uno puede usar las típicas recetas indicadas en los textos que tratan sobre los enlazamientos de películas PVC plastificadas, para papel o textiles.

El grado de humedad de la película de PVC plastificada por el adhesivo puede ser mejorado agregando pequeñas proporciones de disolvente, por ejemplo, 5% de tolueno.

Otra aplicación para los adhesivos acrílicos que dependen en grado sumo en las tendencias de la moda, es la laminación de películas de PVC plastificado para tiras de piel, en la producción de piel de patente. Aunque la más alta fuerza (cohesión) de enlazamiento de los laminados de películas/tiras de PVC plastificado se obtiene con adhesivos basados en copolímeros de cloruro de vinilo que contienen plastificantes, el uso de los adhesivos acrílicos para esta aplicación tienen la ventaja de que una adecuada fuerza de enlazamiento para muchas aplicaciones pueden ser obtenidas más rápidamente y bajo condiciones menos estrictas. Un enlace excelente entre tiras de piel y películas de PVC plastificado puede obtenerse de acuerdo a la siguiente fórmula típica:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 500 D	8,000 cps	50.0
Amoniaco 25%	3,000 cps	01.0
Acronal 14 D	1,500 cps	50.0

(Eprecht STV, 25 °C)

Normalmente el adhesivo es aplicado a la película y la laminación es efectuada mientras ésta aún se encuentra mojada. Sin embargo, la laminación también puede llevarse a cabo a 80°C a una presión aprox. de 5 kg/cm² después de que la cubierta de adhesivo se ha secado. Una fórmula típica es:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 500 L con 40% de acetato de etilo	4,500 cps	00.0 - 80.0
Lutofan 200 L con 50% de acetato de etilo	4,000 cps	00.0 - 20.0
Desmodur L con 75% de acetato de etilo	3,300 cps	05.0 - 10.0
Acetato de etilo	----	00.0 - 30.0

(Epprecht STC, 25°C)

Tiempo de vida a 25 °C: aprox. 10 horas.

El adhesivo puede ser aplicado sólo a la película o de preferencia a la piel y a la película. Después del secado la laminación es efectuada a aprox. 70 °C y con una presión de 5 Kg/cm².

5.6.3 ADHESIVOS PARA BORLADO

(Unión de hebras o fibras).

El término borlado es tomado para nombrar un tipo especial de tratamiento de revestido, en el cual las fibras de diferente tamaño y grosor son sometidas a la aplicación de una sustancia de recubrimiento adhesivo.

Las superficies aterciopeladas o de borlas de diferentes grados de densidad, son obtenidas por diferentes procedimientos que varían de acuerdo al tipo, grosor y cantidad de hebras, y al método de elaboración empleado.

Tanto la superficie completa (borlado total), como parte de ella (borlado estampado), pueden ser borladas, aplicando el adhesivo según sea el caso.

Los materiales típicos que son borlados incluyen: tejidos y materiales no tejidos, hilos, piel, papel, madera, hule y plástico. Para el borlado total de productos en forma de capas o láminas, el adhesivo es aplicado por medio de paletas de doctor o de rodillos. El borlado estampado es llevado a cabo por medio de métodos convencionales de estampado textil, por ejemplo, el adhesivo es aplicado por

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

medio de paletas de doctor o de rodillos grabados, o por medio de una tramadora rotatoria. Estos tipos de textiles son borlados aplicándoles el adhesivo con un aspersor o por medio de inmersión. Las propiedades reológicas de los adhesivos basados en suspensiones (dispersión) acrílicas, deben ser adaptadas para el método de aplicación que se realice, a través de una formulación adecuada. Los tiempos de flujo y de ensamblaje del adhesivo son también de suma importancia; un recubierto prematuro podría evitar que el adhesivo de recubrimiento no penetrara en las hebras.

Se pueden aplicar varios tipos de sustancias a las hebras por medio de métodos diferentes. Las siguientes tres técnicas son las más ampliamente usadas:

1. Borlado mecánico.
2. Borlado electrostático.
3. Borlado electrostático/mecánico.

Las hebras de todas las fibras sintéticas y naturales, al igual que el polvo de piel, trozos de mica, polvo de metal, etc., pueden ser usados para el borlado. El tipo de hebras que se use debe ser seleccionado de acuerdo al método de borlado y a los requerimientos impuestos al artículo borlado. En el borlado electrostático, se usa exclusivamente hebras textiles especialmente tratadas.

Una lista que comprende reportes, libros y patentes que conciernen al borlado, es dada por Weyker.

Debido a los requerimientos precisos impuestos a los textiles borlados, por ejemplo, durabilidad al lavado y al limpiado en seco, alta resistencia al desgaste, tanto en seco como en mojado, y que pueden ser manejables en la elaboración de textiles, los adhesivos en suspensiones acrílicas eslabonables o autoeslabonables están siendo usados en gran medida dentro de esta aplicación. Además se usan en plásticos de PVC, sistemas de poliuretano y en soluciones acrílicas.

La composición de los adhesivos basados en suspensiones acrílicas acuosas para el borlado de textiles, es muy similar a la de los adhesivos que se usan para producir

laminados. Los detalles, fórmulas relacionadas y el polimerizado indicados son, generalmente válidos en esta aplicación. A continuación se da una fórmula típica para la elaboración de textiles totalmente borlados:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 35 D	50,000 cps	93.0
Nopco NXZ	20,000 cps	00.2
Latekoll D	08,000 cps	05.0
Amoníaco 25%	02.0

(Epprecht STV, 25 °C)

La viscosidad de la pasta adhesiva puede controlarse variando la proporción de Latekoll D. El ph de la mezcla lista para usarse puede ser ajustada con amoníaco de un índice de 8 a 9. La durabilidad al lavado y al limpiado en seco, puede ser mejorada incorporando una resina reactiva como un formaldehído urea o una resina formaldehído melamina. Sin embargo, lo anterior puede incrementar la dureza o la aspereza de la textura de la hebra.

Usando Acronal 330 D en lugar de Acronal 35 D, de acuerdo a la siguiente formulación típica, se puede obtener una mayor durabilidad del producto (su textura, sin embargo, será algo más áspera o dura).

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Collacral VL	27,000 cps	003.0
Nopco NXZ	10,000 cps	000.2
Acronal 330 D	04,000 cps	100.0

(Epprecht STV, 25 °C)

Los materiales deberán ser secados cuidadosamente en la etapa inicial, con objeto de evitar la formación de ampollas, las cuales no sólo afectan el borlado, sino también perjudican la adhesión de la película adhesiva. El eslabonamiento subsecuente al secado debería realizarse de

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRÍLICOS

130 a 150 °C por un espacio de 3 a 5 minutos. Estas condiciones de procesamiento tienen como consecuencia que las temperaturas alcanzadas por el adhesivo, influyan, naturalmente, en las propiedades de durabilidad del brolado.

La creciente popularidad de los plásticos brolados para empaquetado o con fines decorativos, incrementó el desarrollo de nuevos adhesivos acuosos para brolado que tuvieron buena adhesión a los plásticos aún bajo condiciones severas y además, que tuvieran una buena resistencia a los plastificantes. En este caso, también la variada gama de acrílicos, particularmente en forma de copolímeros, ha sido muy adecuada. Las formulaciones típicas basadas en Acronal 35 D y en Acronal 330 D, antes mencionadas, para textiles brolados, pueden ser usadas también para producir goma o espuma brolada de poliuretano que sea resistente al lavado en seco. Los detalles relativos al secado y a los eslabonamientos, son también válidos para esta aplicación.

Las películas decorativas plastificadas de PVC, sean broladas totalmente o broladas como estampados, son frecuentemente cubiertas del lado que no ha sido brolado con un adhesivo sensible a la presión. La siguiente formulación típica puede usarse en este proceso de brolado:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 500 D	5,500 cps	100.0
Amoniaco 25%	3,000 cps	002.0
Agua	1,500 cps	005.0

(Epprecht STV, 25 °C)

En este caso, la cantidad de agua indicada es usada para ajustar la consistencia del rociado.

Los brolados de películas rígidas de PVC y de poliestireno, adecuadas para el termoformado, están siendo ampliamente usadas en el campo del empaque. Para este uso, uno puede producir adhesivos acrílicos acuosos que no sólo tengan buena adhesión al elemento al que se apliquen,

sino que también cuenten con excelentes propiedades de flujo, necesarias para el proceso de termoformado.

La que sigue es una típica formulación para película de PVC rígido:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Collacral VL	7,000 cps	02.0
Lutofan 200 D	3,000 cps	50.0
Acronal 500 D	1,000 cps	50.0

(Epprecht STV, 25 °C)

Una típica formulación para películas de impacto de poliestireno es la siguiente:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Acronal 290 D	3,500 cps	50.0
Propiofan 800 D	1,500 cps	50.0

(Epprecht STV, 25 °C)

La siguiente formulación típica que presentamos sirve para polietileno prerrecubierto, para borlados formados eléctrica o químicamente:

PRODUCTO	VISCOSIDAD	PARTES POR PESO
Collacral VL	600 cps	02.0
Epotal 181 D	300 cps	40.0
Acronal 500 D	200 cps	60.0

(Epprecht STV, 25 °C)

5.6.4 ADHESIVOS PARA LA CONSTRUCCION

Los adhesivos clásicos usados en la industria de la construcción para unir cubiertas de piso (linoleum) y para papel tapiz, antes se basaban casi exclusivamente en productos naturales o en productos naturales modificados como: betún, licor de desecho de sulfito, almidón y productos de celulosa. Debido a la creciente demanda de materiales que deben ser usados, además de las nuevas técnicas de

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

construcción, estos productos no pudieron ser capaces por más tiempo cumplir con los nuevos requerimientos. El aumento en el uso de cubiertas para piso de PVC, por ejemplo, necesito del desarrollo de nuevos adhesivos.

Los adhesivos basados en betún o en latex de estireno butadieno además de las suspensiones de poliactato de vinilo, probaron ser muy satisfactorias en el uso de la unión de baldosas (láminas) rígidas que no contuvieran o que contuvieran sólo una pequeña proporción de plastificante. Sin embargo, en muchos países europeos donde las baldosas o láminas son usadas, existió la tendencia a desarrollar adhesivos elastómeros basados en disolventes (policlorobutadieno). Estos adhesivos de contacto son particularmente ventajosos en su aplicación: el adhesivo se aplica en ambos lados del producto que va a ser unido y se deja que la cubieta del suelo se asiente, después de que se ha evaporado el disolvente, de esta forma, se obtiene una alta adhesión inicial y firmeza de la unión. A pesar de su buena adhesión al PVC y su alta resistencia a plastificarse, los adhesivos acuosos no ofrecen inicialmente, esta ventaja. Los adhesivos basados en suspensiones se usaron por largo tiempo en uniones de cubiertas de pisos.

No fue posible producir adhesivos acuosos que pudieron ser aplicados del mismo modo que los adhesivos basados en disolventes; los cuales, comparativamente, tienen la propiedad de tener gran firmeza en las uniones, además de resistencia a la plastificación. Sólo se obtuvo lo anterior hasta que se desarrollaron nuevos copolímeros acrílicos que pudieron eslabonarse añadiendo sustancias alcalinas a temperaturas ambiente, estos adhesivos (descritos en la literatura de patente) están basados en polímeros de acrilato 2 etilhexilo que contienen grupos caproxilo. Las suspensiones acrílicas de este tipo pueden obtenerse en el mercado con los nombres comerciales de Acronal 80 D y Acronal 81 D. A pesar de su excepcional cohesión, las películas de este tipo de suspensiones son muy pegajosas.

Las principales ventajas de los adhesivos basados en estas suspensiones, son su facilidad de manejo y que no son

inflamables. De manera distinta a los adhesivos elásticos basados en disolventes, los adhesivos acrílicos acuosos no implican riesgo de incendio, de tal suerte, pueden ser aplicados y procesados sin precauciones especiales. Además, los adhesivos acrílicos acuosos se caracterizan por lo fácil de su aplicación y su buena resistencia al envejecimiento. Los productos mencionados han llegado a proveer una parte considerable del mercado de adhesivos europeo para cubiertas de piso, en unos pocos años. A continuación se da una formulación típica de un adhesivo para baldosas (láminas) plastificadas de PVC:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 81 D al 60%	100.0
Sosa cáustica solución al 10%	006.0
Nopco NDW	000.3
Latekoll D solución al 12%	008.5
Resina Balsam, al 70% en Tolueno	027.0
Cuarzo molido	042.0
Yeso	018.0

La solución resinosa es incorporada para aumentar la adherencia de la película adhesiva. Sin embargo, cantidades excesivas de resina pueden producir la resistencia a la plastificación del adhesivo.

El tipo y cantidad de relleno usado puede también tener cierta influencia en la cohesión y adhesión del adhesivo. Los rellenos inertes, tales como el cuarzo, tienen influencia poco decisiva en la adhesión. El yeso tiene un efecto benéfico en la cohesión y puede ser usado para ajustar la expansibilidad de la substancia, pero reduce su grado de adhesión.

Cuando se usa el Acronal 80 D en lugar del Acronal 81 D, es necesario aumentar la proporción del espesador con el objeto de obtener un alto grado de viscosidad al elaborar el producto.

En su uso, primero se aplica el adhesivo en el piso con una espátula (en contraste con adhesivos de neopreno, no es necesario también cubrir la cubierta del piso), después se

deja que se asiente la cubierta del piso; una vez que, por espacio de 20 a 45 minutos, la cubierta ha secado (el tiempo de ésto depende de los elementos que contenga) se obtiene una inmediata adhesión sensible a la presión del adhesivo. En estas condiciones, la cubierta del piso puede ser colocada y su posición puede ser corregida, si esto fuera necesario. La firmeza final de la unión o embonado puede obtenerse en pocos días. Cuando el piso es adecuadamente permeable, la cubierta de éste puede, naturalmente, asentarse también en la cubierta adhesiva mojada. En este caso, la adhesión final es mucho menor, pero la firmeza final del embonado puede ser obtenida inmediatamente después que el adhesivo haya secado.

Dado que los adhesivos basados en Acronal 80 D o Acronal 81 D han sido puestos a prueba como cubiertas de pisos por muchos años, ahora están siendo usados en forma creciente para embonar cubiertas para muros de PVC, como son las películas o láminas de PVC celular plastificado. Como un resultado de su adhesión inicial, y de la posibilidad de una fácil corrección, uno también puede unir pesadas láminas permeables o impermeables, que son adecuadas para superficies verticales, sin ninguna substancia que sirva de auxiliar. Con el fin de evitar los riesgos de los disolventes, los adhesivos acuosos basados en el acronal 80 D o en el Acronal 81 D, están siendo crecientemente empleados en lugar de los adhesivos que contienen disolventes (como son los que se basan en resinas) que hasta ahora se han usado exclusivamente en la colocación de alfombras, en Europa. La principal ventaja de los adhesivos acuosos en este empleo es que (dependiendo de su estructura, como son los soportes de PVC, y su grado de sensibilidad al agua, por ejemplo), la cubierta del piso puede ser colocada en la capa del adhesivo, esté mojada, semi-húmeda o seca. Los adhesivos acuosos pueden usarse sólo en aquellos casos donde el piso es resistente al agua que contienen los adhesivos.

La resistencia al agua del embonado de este tipo de adhesivos es buena. La firmeza del embonado depende del tipo de la capa de adhesivo del piso puesta para pegar el producto. También depende en la duración e intensidad de

los efectos del agua. En contraste, al embonado o unido de los adhesivos elastómeros basados en policlorobutadieno que contienen disolventes, el embonado de los adhesivos acuosos llegan a su firmeza original durante el presecado.

Anteriormente, en Europa, las baldosas de cerámica eran colocadas en muros o pisos exclusivamente por medio de cemento. En el proceso que se conoce como el método de fijado en capas, las baldosas o mosaicos (en este caso) son colocadas en una capa de cemento de 10 a 20 mm de espesor. Este proceso es muy costoso porque requiere de mucho tiempo para realizarse. Por esta razón y debido a que los componentes para construcción prefabricados requieren cada vez más del uso de estos materiales, los adhesivos acuosos están siendo utilizados cada día más para la colocación que mencionamos, en el caso de mosaicos o baldosas de cerámica. Lo liso y libre de polvo que requiere estar el área en que se aplica el adhesivo en este proceso, además del alto costo de este material, se compensan puesto que el tiempo de instalación es considerablemente menor que el método tradicional. Las baldosas que embonan con adhesivos acuosos, particularmente los basados en suspensiones de poliacetato de vinilo o en látex butadienoestireno, tienen mucho menor resistencia al agua que las uniones o embonados que se hacen con cemento. Sin embargo, como resultado del desarrollo de nuevas suspensiones acrílicas que forman películas con muy bajo grado de absorción al agua, además de tener alta resistencia a la alcalinidad, se hizo posible usar este tipo de adhesivos también para instalar baldosas de cerámica en lugares donde hay mucha humedad, como son los baños, lavaderos y regaderas. Un típico adhesivo de consistencia pastosa para este empleo puede ser producido de acuerdo a la siguiente formulación inicial:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 295 D	
Disolvente de petróleo 145/200°C	100.0
Nopco NXZ	005.0
Preservador	000.9

(Continuación)

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Dispersor de pigmentos A	000.1
Polifosfato de sodio	000.1
Solución de Lateckoll al 4%	037.5
Tamaño de partículas de yeso 1-100 um	300.0
Metanol	005.0

Tiempo abierto de ensamblado: 30 min.

Densidad relativa de acuerdo con Erishson, tipo 290/II: 1,602.

La resistencia de este tipo de adhesivos al frío es mostrada mediante la siguiente prueba de congelamiento:

- | | |
|-------------------|--------------|
| a) -10° / + 20°C | 30 ciclos OK |
| b) -20°C / + 20°C | 30 ciclos OK |

Los valores siguientes fueron contenidos para determinar la firmeza de la unión o embonado en relación con las condiciones de secado o por medio de un aparato de prueba marca Herion, para conocer la resistencia del producto a un esfuerzo de tensión:

TIEMPO	FIRMEZA DE UNION: Kg/cm²
24 horas	03.8
07 días	09.3
28 días	25.0

5.6.5 ADHESIVOS SENSIBLES A LA PRESION

Los adhesivos sensibles a la presión forman una película permanentemente pegajosa, después de la evaporación, en la primera fase líquida o después del enfriamiento de la sustancia derretida. La adhesión se efectúa presionando la superficie del adhesivo a la superficie que se va a adherir este material. Este tipo de adhesivo es usado en aquellos

casos donde no se desea una adhesión o unión permanente o que ésta sea impracticable por razones técnicas. Los materiales adhesivos sensibles a la presión pueden ser aplicados rápidamente y en el momento que se necesiten por recubiertos. De modo distinto a los embonados hechos en condiciones húmedas, en los adhesivos mencionados no existe el riesgo de exceder el tiempo de ensamblado. De este modo, se ha incrementado la importancia de estos adhesivos en muchas aplicaciones. Ellos no sólo abrieron la posibilidad de nuevas formas de usarse, sino que también frecuentemente son usados, para aquellas uniones en que los adhesivos de contacto o en forma de selladores térmicos fueron empleados con anterioridad. De acuerdo a un cálculo, el volumen de la producción de adhesivos sensibles a la presión es de 200 mil toneladas al año (1983). Varios de los polímeros que sirven de materias primas son usados para este propósito, éstos son: gomas naturales, poliisobutileno, polieter vinílico, varios tipos de goma sintética (como los copolímeros de butadienoestireno), copolímeros de etileno, poliuretanos y acrílicos. Debido a sus excelentes propiedades como resistencia al envejecimiento, estabilidad ligera, buena adhesión en varios tipos de elementos y un modo sencillo de aplicarse, los acrílicos han obtenido una considerable importancia como adhesivos sensibles a la presión. Ellos representan aproximadamente un 20% de este tipo de productos en el mercado. El incremento anual en su demanda es más alto que el de otras materias primas, 40,000 toneladas aproximadamente en 1983.

Los acrílicos son usados en etiquetas sensibles a la presión, cintas para propósitos técnicos y generales, películas decorativas, materiales protectores, cintas para cirugía, cubiertas para paredes de tipo adhesivo que se adhieren a presión, cubiertas para suelos y cartones, además de cintas que aíslan el ruido (antiruido).

Los requerimientos impuestos a los acrílicos pueden variar en forma amplia, dependiendo en qué se apliquen. Dado que la estructura de los acrílicos puede ser variada ampliamente, las más importantes propiedades características de un adhesivo sensible a la presión que tiene

forma balanceada (capacidad de pegado, cohesión y adhesión) pueden ser rápidamente adaptadas a los requerimientos impuestos. Exámenes físicos extensos, que también fueron efectuados con acrílicos, han demostrado que las propiedades arriba mencionadas dependen de numerosos factores. Estas propiedades características pueden ser probadas por varios métodos que han sido descritos en la literatura sobre el tema. Los resultados de los diferentes métodos de probado no pueden, sin embargo, ser comparables entre sí. Para algunas aplicaciones, hay tanto métodos de prueba desarrollados y usados por los productores particulares, como métodos de prueba de estándares desarrollados por asociaciones como PSTC, FINAT, AFERA, y DIN. además del fijado, cohesión y adhesión, otras propiedades, como la resistencia al calor y al envejecimiento y a la radiación ultravioleta, son también de decisiva importancia para obtener adhesivos sensibles a la presión adecuados.

De los muchos acrílicos que se pueden conseguir, aquéllos que contienen ésteres acrílicos con cuatro o más componentes de carbono en el componente de alcohol, son especialmente adecuados en adhesivos sensibles a la presión. El pegado que se desea tenga el adhesivo, se obtiene primeramente con n-butil acrilato y/o 2-etilhexil. Dependiendo de los requerimientos impuestos, los productos pueden contener otros comonómeros (por ejemplo, acetato de vinilo, acrilonitrilo, estireno, acrilato de etilo, metilmetacrilato, ésteres de ácidos carboxílicos no saturados alfa beta, o ésteres medios de ácidos dicarboxílicos no saturados). Los terpolímeros son también frecuentemente usados.

El hecho de que en muchos países existan muchos cientos de patentes en la producción y uso de acrílicos para adhesivos sensibles a la presión, puede ser tomado como un criterio que dé una idea de las múltiples posibilidades del uso de las propiedades de los acrílicos. En vista de estas circunstancias, siempre es recomendable investigar la situación en el campo de las patentes, antes de empezar el proceso de aplicación.

Los adhesivos sensibles a la presión con un alto nivel de resistencia al calor y de cohesión, pueden obtenerse con acrílicos eslabonables. Después del eslabonamiento estos acrílicos son sumamente adecuados para aplicaciones en productos tales como, cintas aislantes de calor. Los productos autoeslabonables incluyen al Acronal 80 D, al Acronal 81 D, Acronal 50 D, o al Acronal 3 L. Hay también productos que pueden elaborarse agregando resinas reactivas, por ejemplo: resinas epóxicas, resinas melaminas formaldehído, poliisocianatos, peróxidos u óxidos de metal. El pegado y la adhesión pueden ser incrementados incorporando monómeros como el diacetona acrilamida, dimetilaminoetil metacrilato o propileno glicol metacrilato. Los adhesivos sensibles a la presión de alto grado de pegado son también obtenidos con copolímeros de ésteres de ácidos acrílicos o metacrílicos de alcoholes tert-C y de compuestos heterocíclicos N-vinilo. La adhesión de los acrílicos de elementos opuestos, puede ser posteriormente mejorada incorporando grupos carboxílicos. Se obtiene una adhesión en cubiertas particularmente buena (en el caso de las exteriores), por medio de la polimerización con N-ter-butil acrilamida. Hay numerosos acrílicos que tienen una buena adhesión al aplicarse al polipropileno o al polietileno.

Los acrílicos adecuados se pueden conseguir en forma de soluciones en disolventes orgánicos, en suspensiones acuosas y no acuosas, en sustancias derretidas y recientemente, también en forma líquida con un 100% de contenidos sólidos.

Cierto número de factores deben tomarse en cuenta en la selección de un sistema de procesamiento. Dado que los adhesivos convencionales sensibles a la presión basados en goma son soluciones, los acrílicos fueron de primordial interés por un buen tiempo sólo en forma de soluciones. La actual tendencia, sin embargo, es usar las soluciones acuosas acrílicas y en forma derretida. Esto se da como respuesta a las regulaciones de protección al ambiente. Los derretidos en caliente (hot-melts) son muy económicos cuando se pueden conseguir los aplicadores adecuados. El problema en la producción de amalgamas acrílicas en caliente, es el de obtener productos de cohesión adecuada, sin una ex-

cesiva viscosidad. En varios procesos en que la capa de adhesivo sensible a la presión es polimerizada "in situ" (en el mismo lugar) con ésteres acrílicos monoméricos por medio de radiación, se hace su descripción en la literatura de los patentes.

De los sistemas mencionados arriba, solo las suspensiones y soluciones acrílicas tienen, hasta la fecha, importancia industrial. Estos productos compiten con los adhesivos de goma natural que deben ser aplicados en forma de solución. La goma natural es todavía la materia prima más ampliamente usada en la producción de adhesivos sensibles a la presión, principalmente debido a su bajo precio y a que cuando es usado junto con resinas, su pegado inicial es alto. Sin embargo, mientras los adhesivos de goma natural requieren una considerable cantidad de tiempo para aplicarse, además de que su masificación, disolución y proceso de mezclado son costosos, los adhesivos pueden ser aplicados sin ninguna preparación previa. Además, la calidad de la goma natural no es, por supuesto, tan uniforme como la de los acrílicos sintéticos. La goma natural frecuentemente todavía contiene algunos grupos no saturados y no tiene la buena resistencia al envejecimiento y a la radiación UV, que hace a los acrílicos tan populares. A esto se agrega que los adhesivos de goma se limitan en su uso a un cierto número de aplicaciones. De este modo, amplios campos de aplicación tales como en alfombras adhesivas sensibles a la presión o en el caso de adhesivos sensibles a la presión de materiales antiruido (que amortiguan el sonido) podrían no estar abiertos para este tipo de productos hasta que fueran desarrolladas suspensiones adhesivas sensibles a la presión. Los adhesivos basados en disolventes podrían no llegar a ser comunes en este tipo de aplicaciones debido a razones económicas y al riesgo de incendio que implica su uso.

Los acrílicos en forma de suspensiones, soluciones o amalgamas en caliente, pueden ser usados en una gran variedad de materiales de soporte: papel, telas, productos no tejidos, películas de polímero, celofán, hojas de metal y plásticos celulares. La literatura que se puede encontrar abarca las películas de polímeros adecuadas para los artículos adhesivos sensibles a la presión.

Los plásticos celulares pueden también ser producidos entre las películas acrílicas adhesivas. De esta manera, se puede obtener una adhesión particularmente buena entre la película adhesiva y el plástico celular. Sin una primera mano de recubierto (Primer), los acrílicos se adhieren bien a los materiales de soporte arriba mencionados. En contraste a estos compuestos acrílicos, los adhesivos de goma natural normalmente requieren una primera mano. La cantidad de adhesivo sensible a la presión que va a ser aplicada depende en el grado de absorción del material de soporte y de los requerimientos impuestos a las propiedades que tenga la unión o embonado. El peso de la cubierta de la sustancia que se aplica tiene una influencia decisiva en la ejecución del proceso. El peso en seco de la cubierta para películas y materiales de soporte normalmente varía entre 20 y 80 g/m². Los productos que son muy absorbentes, como las alfombras y los cartones antiruido, requieren de un peso de cubierta más alto, de entre 100-300 g/m².

Siendo diferentes a la goma natural, los acrílicos son generalmente comercializados en forma "listo para usarse", esto hace que puedan aplicarse en los elementos arriba mencionados sin complicados sistemas de modificación. De tal suerte, suspensiones como el Acronal 80 D y el Acronal 5 D, pueden ser usados para producir algunos tipos de cintas adhesivas (PVC de polietileno plastificado). Lo mismo ocurre con otro tipo de cintas adhesivas sensibles a la presión que estén basadas, por ejemplo, en PVC. El pegado, la cohesión y otras propiedades requeridas para cintas aislantes y para empaquetado, pueden normalmente obtenerse con la aplicación de suspensiones no modificadas, con una medida de aproximadamente 25 g/m² (de sólidos).

BASF recientemente desarrolló una solución en petróleo disolvente eslabonable con 30% de Acronal, para producir cintas adhesivas sensibles a la presión, respaldadas o apoyadas con películas de poliéster o películas de polipropileno estirado. Este producto se adhiere sin la necesidad de una primera mano (Primer) a los materiales de soporte. La película de propileno debe, sin embargo, ser pretratada eléctricamente. Después de que se ha aplicado en el material de soporte, el producto se eslabona mientras

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

el material recubierto pasa a través de un túnel de secado a aproximadamente 120 °C en el transcurso de menos de 45 segundos. Una película adhesiva sensible a la presión, con firmeza o fuerza de cohesión, un pegado inicial excelente, se obtiene a través del eslabonamiento.

Las películas de este tipo de materiales son transparentes e incoloras. Dado que el producto no se eslabona hasta que es expuesto al calor, tiene buena estabilidad durante su eslabonamiento. Las cintas cubiertas con esta solución acrílica son, por ejemplo, adecuadas para empaquetar y para propósitos generales.

Para algunas aplicaciones es recomendable usar la mezcla de diferentes tipos de polímeros. En lugar de usar el Acronal 80 D solo, para cintas adhesivas sensibles a la presión uno puede, por ejemplo, usar una mezcla de Acronal 80 D y Acronal 7 D de acuerdo a la siguiente formulación inicial:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 80 D	60.0 - 80.0
Acronal 7D	40.0 - 20.0
Collacral VL	01.0 - 00.0

Peso del recubrimiento: aprox. 25 g/m² (seco).

Esta mezcla se produce para una película adhesiva de alta cohesión y capacidad de pegado. El Acronal 7 D es usado para incrementar dicha capacidad. La adhesión de los elementos anteriormente mencionados es normalmente buena.

Puede ser difícil obtener una adecuada adhesión en algunos elementos hidrofílicos, tales como el celofán, la película de suspensión PVC rígido y otras películas de polímero que contengan una proporción grande de plastificantes y lubricantes. En tales casos, materiales de soporte tienen que ser separados aplicándoles una capa inicial (aprox. 2 g/m²).

Las suspensiones acrílicas acuosas, tales como el Acronal 500 D, son adecuados como "primera mano" para películas de PVC suaves y rígidas sensibles a los disolventes. En caso de una adhesión inadecuada, la capa de adhesivo puede ser transferida al lado opuesto del material de soporte durante el proceso de desenrollado.

Las emulsiones acuosas también pueden requerir un agente humectante para mejorar su adhesión a varios tipos de soportes. Si es necesario, la viscosidad de las suspensiones y, por tanto, el flujo de las máquinas procesadoras puede ser ajustado por medio de agentes que sirvan para espesar, tales como el Collacral VL, hidroxietilcelulosa o metil celulosa, como se mencionó en la formulación antes expuesta. La proporción, tanto de agentes humectantes, como de agentes espesadores, deberá de ser lo menor posible, porque dichas sustancias tienen un efecto negativo en la capacidad de pegado y afectan la resistencia al agua de la película adhesiva resultante. Agregar de un 0.5 a un 2.0% de Collacral VL, también incrementa la estabilidad y compatibilidad del producto con, por ejemplo, resinas y mejora el efecto humectante en sustancias que son difíciles de humedecer o de mojar. Dicha adhesión también ha resultado ser muy adecuada para ajustar las suspensiones Acronal a la viscosidad requerida.

Las mezclas de Acronal 80 D y de Acronal 7 D pueden también ser usadas en materiales anti-ruido elaborados con adhesivos sensibles a la presión. La siguiente es una formulación típica:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 80 D	80.0
Acronal 7 D	20.0
Collacral	01.0

Peso del recubrimiento: 100-200 g/m² (seco).

Esta película adhesiva sensible a la presión tiene buena capacidad para pegarse, buena resistencia a las bajas temperaturas, y adecuada resistencia al calor. Si se requiere un cierto tipo de tixotrópicos, para aplicar el adhesivo por medio de espátula, se pueden obtener buenos resultados agregando, por ejemplo, 1% de Aerosil 200 sin prensar.

La siguiente mezcla de una suspensión de Acronal y un plastificante, es adecuada en la producción de un adhesivo sensible a la presión para placas de anuncios:

PRODUCTO**PARTES POR PESO**

Acronal 4 D	85.0
Palatinol C (BASF)	15.0

Peso del recubrimiento: aprox. 30 g/cm² (seco).

Base: Película de PVC plastificada.

El Palatinol C actúa como substancia que ayuda a pegar, con objeto de asegurar que el plastificante sea absorbido por las partículas de la dispersión, el compuesto debe dejarse reposar por 1 ó 2 días antes de ser aplicado. En algunos casos el pegado del material puede ser incrementado agregando resinas o polieter de vinilo. Sin embargo, estos aditivos también tienen la tendencia a reducir el grado de firmeza del material. Hablando en términos generales, los adhesivos de gomas naturales pueden también ser usados en acrílicos. Entre ellos están: las resinas de petróleo hidrocarbón, los ésteres de colofonio, las resinas fenólicas alcalinas, las resinas fenol terpeno, las resinas B-pineno, las resinas cumareindene, las resinas cetonas, y las resinas alfa-metil estirenadas vinil tolueno. El efecto en estas resinas de los acrílicos es, sin embargo, no comparable con el que tienen sobre las gomas naturales. Estas resinas son, de preferencia, en la forma de soluciones disolventes al agua, dentro de suspensiones acuosas, por emulsificación. En vista de que no todas las resinas mencionadas arriba son igualmente compatibles con los distintos o varios tipos de acrílicos, y porque su efecto en el pegado puede variar en gran medida,

debe probarse en cada caso particular, lo adecuado que pueda resultar determinado tipo de resina. En la selección de las resinas, debe prestarse atención también a su resistencia al envejecimiento y a su capacidad para retener disolventes. Las suspensiones contienen aditivos resinosos secos en una escala menor que las suspensiones puras. Cuando el polieter de vinilo (por ejemplo, Lutonal I 65 D) es usado para aumentar la capacidad de pegado del material, es recomendable agregar, digamos un 0.5% de antioxidante ZKF o Santowhite en polvo, con objeto de aumentar la resistencia al envejecimiento del polieter de vinilo.

Las resinas acrílicas suaves de bajo peso molecular (por ejemplo, Acronal 4 F) son también adecuados para usarse como adherentes.

Las siguientes formulaciones iniciales pueden, por ejemplo, ser usadas para producir etiquetas adhesivas sensibles a la presión:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 4 L 25% en acetona/petroleo	95.0
50% solución de ester staybelite 10 en tolueno	05.0

Peso del recubrimiento: 20-25 g/m² (seco).

Base: Película plastificada de PVC.

Este adhesivo cumple con los requerimientos impuestos relacionados al nivel de pegado, resistencia al desmenuzamiento y la resistencia del material a adquirir un tono amarillento. Si se requiere una mayor adherencia (por ejemplo, en etiquetas permanentes), la cantidad de resina puede incrementarse de 20 a 30 partes. Los acrílicos que se combinan con resinas, han probado ser también muy satisfactorios en la producción de alfombras sensibles a la presión. Los adhesivos de este tipo pueden ser compuestos de acuerdo a la siguiente formulación inicial:

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 80 D	85.0
70% solución de resina Balsam WW en tolueno	15.0

Peso del recubrimiento: 100-200 g/m² (seco).

La alta viscosidad de las suspensiones acrilato/vinilo/acetato de fluido libre, que son muy compatibles con resinas de petróleo hidrocarburo de bajo costo y que producen una película adhesiva de excelente firmeza y alta capacidad de pegado, son también usadas para esta aplicación. Las suspensiones acrílicas en el uso de películas, caracterizadas por su buena resistencia al plastificante y bajo grado de absorción de agua, fueron desarrollados por medio de la inclusión de monómeros adicionales. Tales productos son adecuados para producir artículos, como cintas aislantes de electricidad con PVC plastificado como vehículo. Una típica formulación de esta aplicación es la siguiente:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 85 D	98.0
Acronal 300 D	02.0

Peso del recubrimiento: 25 g/m² (seco).

Las suspensiones de Acronal son también usadas para producir cintas adhesivas sensibles a la presión de doble recubrimiento, al igual que para el laminado de películas. Las cintas con doble cubierta de adhesivo se usan, por ejemplo, en la instalación de alfombras. Los laminados de películas son usados, por ejemplo, como cubiertas de libros, de mapas, de grabados o de fotografías.

La siguiente formulación, que es muy similar a lo que se acaba de mencionar, para cintas adhesivas y cartones o tablas acústicas, puede ser usada como guía para producir cintas adhesivas de doble cubierta:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 80 D	80.0
Acronal 7 D	20.0

Peso del recubrimiento: 80-100 g/m² por lado (seco).

Base: PVC, cartón, papel, etc.

En lugar de una suspensión acrílica para pegar, como el Acronal 7 D, uno también puede usar resinas en esta formulación para ajustar el grado de pegado del material.

Las cintas adhesivas laminadas sensibles a la presión pueden ser producidas de acuerdo a la siguiente formulación guía:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 500 D	80.0 - 90.0
Acronal 4 D	20.0 - 10.0

Peso del recubrimiento: 40-50 g/m² (seco).

Base: Película plastificada de PVC.

La proporción del, comparativamente pegajoso, Acronal 4 D, debe ser lo más pequeña posible, de tal modo que cualquier doblez formado en el proceso puede ser todavía alisado inmediatamente después de la laminación.

Las soluciones acrílicas son también usadas en la producción de películas decorativas. Tales adhesivos pueden ser compuestos de acuerdo con la siguiente formulación inicial:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 4 L al 25% en acetona/gasolina	70.0
Acronal 4 L al 50% en etil acetato	20.0
Resita ester hidrogenada	10.0

Peso del recubrimiento: aprox. 25 g/m² (seco).

Base: Película plastificada de PVC, impresa.

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

Sin ser disuelta de antemano, la resina puede ser mezclada en la solución Acronal en forma directa. Las películas decorativas de este tipo, muestran un buen grado de pegado, adecuada resistencia a la migración plastificante y buena adhesión a, por ejemplo, cartón, vidrio y madera.

Una aplicación importante para las soluciones y suspensiones acrílicas, es la producción de cintas para cirugía. Dado que los polímeros no irritan la piel y son fisiológicamente inocuos, son particularmente adecuados para estos tipos de cintas. Los materiales de soporte típicos usados en este campo son, telas, productos no tejidos y películas de PVC.

En la literatura sobre el tema, se describen procesos para usar adhesivos acrílicos en la producción de cintas microporosas que son impermeables al vapor de agua.

Para algunas aplicaciones puede ser necesario usar un adhesivo sensible a la presión, resistente al fuego. Los acrílicos pueden ser reducidos para este propósito.

Los adhesivos acrílicos sensibles a la presión pueden ser normalmente aplicados por medio de métodos convencionales, por ejemplo, siendo cubierto el producto en forma directa o sólo el reverso por medio de rodillos o aplicándose el recubrimiento por medio de pistola de aire. El compuesto adhesivo es aplicado al producto final tanto en forma directa, como a través de una cobertura de papel (papel de protección). En el último caso, el adhesivo puesto en el producto utilizado para portarlo (portador), es secado o eslabonado antes de ser transferido al producto final. Este método de transferencia es necesario en aquellos casos donde el material de soporte se deteriora durante el proceso de secado o eslabonado. El método de transferencia es, por ejemplo, comúnmente usado en la producción de películas decorativas.

Para proteger la cubierta adhesiva de los materiales adhesivos sensibles a la presión, durante el transporte y almacenamiento, la cubierta adhesiva (excepto en el caso de cintas adhesivas en rollo) es generalmente cubierta con un papel o lámina protectora. El papel tratado con silicón, las películas de polietileno y las de PVC son, por ejemplo,

adecuadas para este propósito. Los acrílicos de largo en-cadenamiento muestran buen efecto de protección. El material de protección no debe tener ningún defecto adverso en la cubierta adhesiva sensible a la presión. Puede llegarse a obtener efectos no deseados cuando son usados silicones inadecuados o cuando los silicones no son propiamente procesados.

5.6.6 EMPRESAS EN MEXICO

Entre las empresas fabricantes en México de adhesivos acrílicos tenemos principalmente a:

- 1. Industrias Resistol, S.A.**
Calzada Azcapotzalco la Villa No. 705
Col. Azcapotzalco, México, D.F. 02300
Tel. 587 0100
- 2. Artículos Industriales Montes, S.A.**
Calzada Vallejo No. 640
Col. Trabajadores del Hierro, México, D.F.
Tel. 567 6853; 567 6864; 567 8743; 567 8843.

5.6.6.1. PRODUCTOS COMERCIALES

ADHESIVO SENSITIVO A LA PRESION 9214

- MARCA:** Resistol 9214
- DESCRIPCION:** Líquido blanco, lechoso de olor característico.
- USOS:** Posicionador de toalla sanitaria. Se usa para optimizar los equipos de alta velocidad de aplicación y en donde se requieren velocidades de secado controlado.
- PRECAUCIONES:** Este producto no es tóxico al contacto con la piel, sin embargo en piel sensible puede producir irritación.

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

ADHESIVO SENSITIVO A LA PRESION 9254

- MARCA:** Resistol 9254
- DESCRIPCION:** Líquido blanco, lechoso de olor característico. Pegado en frío.
- USOS:** Adhesivo sensitivo a la presión para cintas de empaque, etiquetas, etiquetas transparentes, gráficas y etiquetas para protección y toallas sanitarias.
- PRECAUCIONES:** Para obtener un buen anclaje, las superficies deberán estar libres de polvo, grasas, aceites, óxidos o cualquier materia extraña que pueda interferir con la acción del adhesivo. Este producto no es tóxico al contacto con la piel.

ADHESIVO SENSITIVO A LA PRESION 9788

- MARCA:** Resistol 9788
- DESCRIPCION:** Líquido traslucido con ligero color amarillento y olor característico.
- USOS:** Etiquetas y artículos auto-adheribles.
- PRECAUCIONES:** Por contener disolventes inflamables, debe trabajarse en lugares bien ventilados, libres de fuego y descargas eléctricas. Evite la inhalación prolongada de sus vapores. Este producto no es tóxico al contacto con la piel, sin embargo, en piel sensible puede provocar leve irritación.

ADHESIVO SENSITIVO A LA PRESION 9794

MARCA:	Resistol 9794
DESCRIPCION:	Líquido traslúcido incoloro y olor característico.
USOS:	Calcomanías, etiquetas y artículos decorativos autoadheribles.
PRECAUCIONES:	Por contener disolventes inflamables, se debe trabajar en lugares libres de fuego y descargas eléctricas. El lugar de trabajo debe estar ventilado. Evite la inhalación prolongada de sus vapores. Este producto no es tóxico al contacto de la piel, sin embargo, en piel sensible puede provocar leve irritación.

5.7 SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRÍLICOS

El aceite de linaza o el betún fueron durante mucho tiempo los materiales de base más comunes para selladores empleados en la construcción. Posteriormente, el desarrollo en la industria de la construcción y los actuales requerimientos más exigentes en cuanto a calidad, trajeron como consecuencia el desarrollo de polímeros sintéticos para selladores e impermeabilizantes. Los primeros trabajos en la elaboración de selladores e impermeabilizantes acrílicos para construcciones, fueron llevados a cabo en respuesta al éxito técnico y económico que alcanzó esta clase de producto en los últimos 15 años en el campo de recubrimiento de superficies, tales como, pinturas. Los primeros compuestos acrílicos prácticos fueron comercializados alrededor del año de 1960. Entre tanto, los acrílicos, particularmente las soluciones acuosas, ganaron una considerable importancia en la producción de selladores e impermeabilizantes, debido a sus destacadas propiedades de adhesión y resistencia al envejecimiento, al igual que por su costo favorable.

Se espera que el aumento en el consumo de selladores e impermeabilizantes acuosos, hará que su uso sea común dentro de pocos años. El consumo total de selladores e impermeabilizantes se incrementará un 20% también en pocos años.

Los acrílicos usados actualmente para selladores e impermeabilizantes son copolímeros adaptados de ésteres de ácidos acrílicos o metacrílicos y de otros monómeros.

Usualmente muchos monómeros están presentes en la elaboración de estas sustancias con objeto de que tengan las propiedades deseadas, como son: elasticidad, adhesión, resistencia a la radiación ultravioleta, resistencia a productos químicos y firmeza. Los polímeros adecuados para este fin son los de tipo lineal, hechos con elasticidad adecuada, a través de vulcanización en frío, por oxidación o por efecto de sustancias alcalinas, tales como la solución de sosa cáustica, cemento o cal. Los acrílicos con grupos mercapto (-SH) (ver inciso 2.1.6 para completar información) terminales, que pueden ser eslabonados con la ayuda de catalizadores oxidantes o de resinas epóxicas, son también muy conocidos para este uso. Las materias primas que predominan en la producción de selladores acrílicos están basadas en suspensiones acuosas (BASF Acronal 81 D, Rohm & Haas Rohplex LC 45). Los productos que contienen disolventes (Rohm & Haas Paraloid CS) y productos recientes, libres de disolventes (B.F. Goodrich Hicar MTA) se pueden también conseguir en el mercado. Los productos libres de disolventes han sido comercializados sólo durante poco tiempo y la experiencia obtenida con su uso aún no es suficiente. Los productos que contienen disolventes se han comercializado por largo tiempo, pero han tenido menos demanda que las suspensiones acuosas.

Los productos que contienen disolventes son por lo general soluciones a un 80-90% en xileno. En la primera etapa de su producción, las suspensiones acuosas pudieron obtenerse con contenidos sólidos de sólo 50-55%. Las suspensiones con mayor contenido de sólidos, comercializadas con las marcas Acronal 81 D (60%) y Rhoplex LC

45 (65%), fueron obtenidos mejorando la técnica de polimerización. Todos los acrílicos deben ser modificados con cargas u otras sustancias auxiliares, con objeto de obtener las propiedades óptimas del producto.

5.7.1 SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRÍLICOS ACUOSOS

Los selladores e impermeabilizantes acrílicos acuosos son empleados principalmente en aquellas aplicaciones para las cuales los compuestos basados en aceite de linaza, en goma de polibutil de isobutileno, han sido usadas hasta ahora, en el sellado de uniones que son sujetas a una pequeña elongación, por ejemplo, las uniones entre canceles/puertas, y las uniones entre marcos/ventanas, y en impermeabilizaciones a base de productos bituminosos.

En vista de la experiencia ganada hasta ahora, parece que los selladores acrílicos acuosos son también adecuados para uniones entre componentes de concreto para construcciones con una elongación práctica de aproximadamente 10-15%.

Los selladores acrílicos suaves con un alto grado de elongación, ya han sido exitosamente usados por muchos años para uniones entre componentes pequeños de construcción y aplicaciones especiales, por ejemplo, en concreto aereado o ventilado.

Incluso, los resultados obtenidos hasta la fecha en los intentos de aplicar el material en uniones de expansión, que fueron comenzados hace algún tiempo, han sido hasta ahora positivos. La práctica mostrará si los selladores acrílicos acuosos son, adecuados para esta aplicación.

Los componentes de mayor dureza son principalmente usados en aplicaciones del tipo "hágalo usted mismo" y para equipo sanitario, como tinajas de baño, sanitarios y lavabos.

Un sellador acrílico acuoso tradicional, que ha probado ser satisfactorio por muchos años, particularmente para uniones entre concreto y marcos de ventanas, puede ser compuesto de acuerdo a la siguiente formulación gúfa:

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Acronal 81 al 60%, pH8	329.0
Pigmento de dispersión N	0.5
Nopco NXZ	0.5
Oppanol B 3	82.0
Emulphor OG	1.0
Partículas de yeso repelente al agua	440.0
Talco en polvo muy fino	89.0
Dióxido de titanio RN 56	58.0

El pigmento Disperser N, mejora la estabilidad y facilita que el compuesto pueda ser aplicado con pistola de aire. El Nopco NXZ reduce la tendencia a que el producto se haga espumoso y por ello reduce la cantidad de burbujas de aire en el compuesto final.

El Oppanol B3 es una resina plastificada basada en polisobutileno con un peso molecular medio de aproximadamente 800. Este incrementa el contenido de sólidos y, por lo tanto, reduce el encogimiento del compuesto. Debido a su efecto plastificante esta resina también mejora la elongación del compuesto. El lugar del Oppanol B3, uno puede también usar resinas de bajo peso molecular como el Acronal 4 F o derivados del propilenglicol, como el Plastilit 3060. La formulación, consecuentemente, tiene que ser modificada según sea el caso. El Emulphor OG actúa como un agente emulsor para la resina plastificada. Los materiales de relleno como el yeso y el talco, son usados no sólo para reducir costos e incrementar la firmeza del compuesto, sino también para ejercer una influencia en la consistencia del producto que va a ser aplicado con la pistola de aire, además de ayudar a fijar la firmeza del compuesto.

La incorporación de dióxido de titanio no sólo aumenta las propiedades de firmeza del sellador, sino que también aclara su tono.

Las propiedades de un sellador acrílico acuoso producido con Acronal 81 D, de acuerdo a la formulación antes mencionada y de acuerdo a los resultados de la prueba de ejecución obtenidos con este compuesto, son listados a continuación:

Total de contenidos sólidos 85.0%

Volumen de contracción de pigmento	42.5
Densidad	1.3 gr/cm³
Reducción en su volumen	20.0%
Prueba de estabilidad al deslizamiento (DIN 52 455).	
Temperatura del cuarto	-50.0°C
Prueba A	Buena
Prueba B	2 mm / 5 mm
Resistencia después de la lluvia	50.0 min

Este tipo de sellador acrílico acuoso y aún los que son de grados mayores, se han vuelto muy populares debido a sus numerosas ventajas sobre los compuestos basados en aceites y/o disolventes.

Las ventajas más importantes incluyen:

- 01. Un sistema de un componente, por lo cual no es necesario calentarlo o mezclarlo en la construcción.**
- 02. Un procesamiento sencillo.**
- 03. Puede ser aplicado en el momento con pistola de aire.**
- 04. Su efectividad no disminuye en uniones.**
- 05. La superficie del compuesto puede ser aplicada o pulida en el mismo momento con agua.**
- 06. No tiene un color indeseable.**
- 07. No emana vapores de disolventes.**
- 08. No es tóxico.**
- 09. Puede aplicarse también en la mayoría de las uniones.**
- 10. El sellador puede ser sobrepintado con una pintura para exteriores, después de poco tiempo de aplicado.**
- 11. Las herramientas para aplicarlo pueden ser limpiadas en el mismo momento con agua sola.**
- 12. El trabajo de reparación puede ser llevado a cabo en el mismo momento, simplemente aplicando el**

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

compuesto en la capa del sellador acrílico viejo por medio de una pistola de aire o una espátula.

13. Tiene alto contenido de sólidos y, por lo tanto, un bajo nivel de encogimiento.
14. Tiene bajo grado de añadidos residuales y, como consecuencia, sólo poca tendencia a mancharse.
15. La sobresaliente resistencia al envejecimiento del compuesto, no la hace susceptible al endurecimiento o a hacerse quebradizo aún bajo condiciones severas.
16. Los selladores acrílicos pueden producirse en todos los tonos y colores.
17. No son manchables.
18. Son muy económicos en comparación a otros compuestos similares.

La experiencia ha mostrado que el buen comportamiento de los selladores acrílicos acuosos es principalmente debido al hecho de que este material tienen cierto grado tanto de elasticidad como de plasticidad.

En contraste con los compuestos completamente elásticos, los selladores acrílicos acuosos son, debido a su carácter parcialmente plástico, capaces de reducir las tensiones de las uniones de construcciones, como resultados de movimientos irreversibles.

Debe tomarse en cuenta que el sellador acrílico acuoso cuando se encuentra fresco después de su aplicación es sensible a una fuerte lluvia. Sin embargo, los selladores que ahora se pueden conseguir en el mercado, tienen la capacidad de formar una membrana una hora después de haber sido aplicado, de este modo se hacen insensibles (resistentes) a la lluvia y a la humedad. Esta ventaja, que acabamos de mencionar, del compuesto es compensada con el hecho de que los selladores acuosos pueden también ser aplicados en uniones mojadas o húmedas, ventaja que no ofrece ningún otro sistema. En la presente etapa de desarrollo, los selladores acuosos probablemente todavía no puedan ser usados en uniones que estén sumergidas en agua. Sin embargo, su resistencia al agua los hace completa-

mente adecuados para uniones en construcciones, interiores y exteriores.

Los selladores acrílicos acuosos basados en Acronal 81 D han sido sujetos a pruebas de resistencia al agua similares al método Bygg Ama. En esta prueba, una unión prerrecubierta (15 mm X 15 mm X 50 mm) es llenada con el sellador, posteriormente es dejado secar y luego se deja inmerso en agua por cuatro días. La mezcla del compuesto es, consecuentemente, elongado un 100% y mantenido en esta condición durante 25 horas. En estas pruebas no ocurre la separación de las superficies unidas.

Las pruebas de clima abierto por un período largo llevadas a cabo con selladores acrílicos acuosos, bajo las condiciones climáticas de Europa Central, mostraron que el contenido de humedad del material no excedía del 10%.

Lo adecuado de un sellador para aplicación interior y exterior, todavía no puede ser determinado por pruebas de laboratorio. Una valoración confiable de esto sólo puede ser hecha sobre la base del comportamiento que el material tenga en la práctica. Debería ser tomado en cuenta este hecho para que se llegaran a encontrar métodos de prueba estándares.

La adhesión de compuestos acrílicos acuosos a sustancias absorbentes hidrofílicas como el yeso, el concreto, la madera, los ladrillos, etc., es excelente. Con objeto de asegurar óptimos resultados, puede ser recomendable humedecer las aberturas de los materiales con agua o cubrirlas con sellador diluido (sellador/agua 1:3 a 1:4). Para sustancias como plástico y metal, es necesario usar una capa inicial (primer), como puede ser una solución silano. El efecto de la capa inicial se debe determinar en cada caso particular.

A pesar de sus muchas ventajas, los selladores acrílicos también están sujetos a limitaciones. Los compuestos que hasta ahora se pueden adquirir no llegan todavía a cumplir con los requerimientos de los estándares Federales o de la A.S.A. en el caso de las más estrictas aplicaciones arquitectónicas o en el caso de las uniones expansivas que tengan movimientos muy bruscos.

Podemos afirmar que este tipo de selladores acuosos en contraste con los selladores bituminosos, en el caso en que se pongan en lugares en donde la luz solar es fuerte, le ha sacado mucha ventaja siendo de gran aceptación por los constructores.

5.7.2 SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS BASADOS EN DISOLVENTES

Como ya se mencionó antes, estos tipos de acrílicos son en un 80-90% soluciones, preferentemente en xileno. En forma equivalente con los selladores e impermeabilizantes acrílicos acuosos, los selladores e impermeabilizadores acrílicos basados en disolventes se caracterizan por las propiedades típicas del acrilato, a saber: sobresaliente resistencia al envejecimiento y buena adhesión hacia muchos elementos. Además, los selladores e impermeabilizantes acrílicos basados en disolventes, son capaces de adherirse a superficies mojadas, aceitosas y con polvo, (no excesivo), de este modo puede prescindirse de un cuidado minucioso y del costo pre-tratamiento de la superficie.

Distinto al caso de las suspensiones acrílicas, las soluciones acrílicas para selladores e impermeabilizantes requirieron de un período bastante largo de tiempo para consolidarse dentro de la industria de la construcción. Esto se debió principalmente al hecho de que estos productos acrílicos basados en disolventes tienen que ser calentados de 50-60 °C para obtener una consistencia lo suficientemente maleable para poder aplicarse. Los selladores e impermeabilizantes aplicados a temperatura ambiente tienen cierta tendencia a reducir su efectividad. Otras desventajas de estos compuestos acrílicos basados en disolventes son: que contienen disolventes combustibles; menor peso molecular que el de las suspensiones de copolímeros y, por lo tanto, una menor elasticidad; tienen ciertos añadidos residuales y emanan un fuerte olor antes del secado.

Una compilación accesible de las ventajas generales de los selladores acrílicos basados en disolventes, es dada por Huff.

Como los selladores acrílicos acuosos, los selladores acrílicos basados en disolventes son más apropiados para aquellas aplicaciones en donde se espera que haya poco movimiento, por ejemplo, uniones entre marcos de ventana y concreto, para los cuales los compuestos de butilo no son adecuados debido a su alto grado de encogimiento y a su inadecuada elongación, y para las cuales los compuestos elastómeros son demasiado costosos. Los compuestos acrílicos basados en disolventes son también usados para el sellado de paneles de vidrio aislantes. En el caso de las impermeabilizaciones solo se usan en techos, muros y columnas que no tengan movimiento alguno.

5.7.3 EMPRESAS EN MEXICO

En México existen una gran variedad de empresas que producen tanto selladores como impermeabilizantes, entre las que tenemos:

- 1. Revoplas, S.A.**
Poniente 140 No. 819
Col. Industrial Vallejo,
México, D.F. 02300
Tel. 587 4186
- 2. Imperquimia, S.A. de C.V.**
San Pedro No. 24
Col. del Moral,
México, D.F. 09300
Tel. 568 5399
- 3. SIKKA Mexicana, S.A.**
Blvd. Avila Camacho No. 675
Naucalpan, Estado de México.
Tel. 576 6871
- 4. Fester de México, S.A.**
Av. Ejército Nacional No. 579
Col. Anzures.
México D.F. 11590
Tel. 250 1900

5.7.3.1 PRODUCTOS COMERCIALES

1. EMPRESA: Revoplas.

- **PRODUCTO:** Acritón flexible y Elider.

Es un impermeabilizante formado de una dispersión acuosa de copolímeros acrílicos, pigmentos inorgánicos, y aditivos, que le confieren excelentes y duraderas propiedades para la impermeabilización.

USOS:

Se aplica en todo tipo de techos de concreto, cemento, lámina o plástico con una inclinación mínima de 2 grados.

VENTAJAS:

Mucho más durable que un producto asfáltico.

Resiste a la intemperie.

No contiene disolventes.

Muy fácil y rápido de aplicar.

Se puede aplicar en superficies húmedas

Ahorra el 50% en mano de obra porque impermeabiliza y pinta al mismo tiempo.

Listo para usar.

Los materiales de aplicación se lavan en agua.

Por su flexibilidad no se cuartea ni se fisura.

Puede aplicarse directamente sobre el concreto.

- **PRODUCTO:** Acritón rugoso y decorativo.

Es un recubrimiento formado por una dispersión acuosa de copolímeros acrílicos con arenas micronizadas, pigmentos, fibras sintéticas y con aditivos especiales para impermeabilización y decoración de fachadas e interiores

USOS:

Se aplica en diferentes superficies como paredes de cemento, tabique, lámina, piedra natural, fibrocemento, poliestireno expandido, corcho, aglomerado, madera, plástico, mampostería, etc.

VENTAJAS:

- Fácil de aplicar.
- Excelente adherencia sobre diferentes tipos de soporte.
- Impermeable y autolavable.
- Resiste a la intemperie.
- No absorbe vapor de agua.
- Aplicable sobre morteros ligeramente húmedos.
- Por su flexibilidad no se cuartea ni se fisura.
- Puede aplicarse directamente sobre concreto.

2. EMPRESA: Imperquimia.

- **PRODUCTO:** Impercrl (Ver Acritón flexible).

3. EMPRESA: SIKA.

- **PRODUCTO:** Sikacril (Ver Acritón flexible).

4. EMPRESA: Foster.

- **PRODUCTO:** Supercolorcoat (Ver Acritón rugoso).
- **PRODUCTO:** Festacril.
Sellador basado en resinas acrílicas, de un solo componente, listo para usarse.

USO:

Para sellar ventanería de todo tipo, juntas de concreto, mampostería, aluminio, lámina, asbesto-cemento, vidrio, azulejos, etc.

VENTAJAS:

- Se adhiere perfectamente tanto a superficies húmedas como secas.
- Mantiene su elasticidad y adherencia por mucho tiempo en interiores y exteriores.

5.8 CIANOACRILATOS

Los cianoacrilatos son acrílicos modificados, que utilizan cantidades microscópicas de humedad y oxígeno para desatar la polimerización y formar un adhesivo muy

resistente sobre todo al esfuerzo de tensión, que llega a más de 170 kg/cm²

Como todo termoplástico, su resistencia al calor no es muy alta, pero se pueden encontrar cianoacrilatos que soporten hasta 246°C sin alterar notablemente sus propiedades mecánicas; la temperatura normal de uso de los cianoacrilatos comerciales se encuentra en el rango de 80°C a 120°C.

El descubrimiento de este importante adhesivo, se lo debemos a la compañía Eastman Chemical Products, subsidiaria de Eastman Kodak Co. de los Estados Unidos de Norteamérica, que haciendo una investigación en 1957 sobre nuevas resinas, notaron que se habían adherido fuertemente dos portaobjetos en segundos, esa película incolora, transparente y dura la bautizaron con el nombre de Eastman 910.

La fórmula genérica del cianoacrilato es:



La formulación del cianoacrilato puede modificarse para diferentes usos solo cambiando el radical. Por ejemplo, si colocamos un etilo en la formulación del cianoacrilato, obtendremos un adhesivo para todo uso, el cual podrá adherir: elastómeros, termoplásticos, metales, cerámica, hule, etc. Si utilizamos un metilo, será un adhesivo principalmente para metales, si colocamos un butilo, pegaremos piel y madera.

El cianoacrilato es un adhesivo bastante estable ya polimerizado, y sólo se puede disolver con tres productos principalmente: acetona, nitrometano y metiletilcetona, siendo el último el más importante de ellos.

El tiempo de vida de un cianoacrilato es de diez meses a temperatura ambiente (20°C), de un año a 5°C y de seis meses a 30°C sin perder sus propiedades; es un polímero

que no puede ser diluido por ninguna sustancia que no pertenezca a la familia de los cianoacrilatos.

5.8.1 APLICACIONES

Como habíamos anotado en el inciso anterior, los cianoacrilatos se usarán dependiendo del radical que contenga la fórmula, pegando casi todas las combinaciones de substratos, excepto las poliolefinas (polietileno, polipropileno, etc.), las resinas fluoradas (politetrafluoroetileno) y el poliuretano espumado (hule espuma).

En la electrónica se usa para fijar componentes y alambres, eliminando el uso de tornillos y grapas.

En la automovilística, en adherir principalmente plásticos y en donde se requiera importante resistencia a la humedad.

En la eléctrica, para asegurar los ensamblajes a presión, fortalecer los sujetadores de metal a la vibración, etc.

En el hogar, pegando madera, piel, cartón, cerámica, vidrio, bakelita, uñas, plásticos, etc.

En los últimos años, se está utilizando en el área médica para curaciones superficiales como raspaduras, cortadas pequeñas, etc. en presencia de un anticéptico.

5.8.2 FORMA DE USO

Los especialistas recomiendan para el óptimo funcionamiento del cianoacrilato seguir los siguientes pasos:

1. Las superficies a unir se deberán encontrar perfectamente limpias y secas, removiendo el polvo, la grasa o cualquier impureza con acetona.
2. Se deberá aplicar una película muy fina en una de las superficies, y rápidamente se pondrá la otra superficie en posición correcta eliminando el exceso del adhesivo.
3. La dosificación deseada, será de 5 mg. que equivale aproximadamente a una gota de cianoacrilato, la cual puede cubrir 2.5 cm^2 , dependiendo de los materiales a unir. "Una excesiva canti-

dad de adhesivo puede causar una unión defectuosa".

4. Solamente una ligera presión de los dedos se requiere para acelerar el curado (polimerizado). El tiempo de curado, depende de las propiedades físicas de las superficies a unir, pudiendo ser sometidos a una tensión en poco tiempo.

A continuación se muestra el tiempo de curado para adherir diferentes productos:

PRODUCTO	TIEMPO
PVC rígido - PVC rígido	07 - 30 seg.
Hule natural - Hule natural	07 - 40 seg.
Neopreno - Neopreno	07 - 40 seg.
Bakelita - Bakelita	07 - 120 seg.
ABS - ABS	10 - 120 seg.
Latón - Latón	20 - 200 seg.
Acero - Acero	20 - 200 seg.
Temperatura de curado: 20 °C.	
Humedad: 60%.	

Nota: El tiempo está proporcionalmente influido en la viscosidad; a mayor viscosidad, mayor tiempo de curado.

5. El objeto no deberá forzarse a tensiones extremas, hasta transcurrir 12 h después de su aplicación.

5.8.3 PRECAUCIONES

Los especialistas recomiendan seguir las siguientes precauciones:

1. El cianoacrilato pega rápidamente la piel, por lo que debe evitarse el contacto con la piel y los ojos.
2. En caso de que ocurra un contacto accidental con la piel, limpie con disolventes tales como: acetona, nitrometano o metiletilcetona. Si cae en los ojos, lávelos rápidamente con agua en abundancia y acuda al médico.

- 3. Deje el cianoacrilato fuera del alcance de niños. Mantenga el envase perfectamente cerrado.**
- 4. El cianoacrilato casi no es tóxico, sin embargo, se recomienda que para usos prolongados se tenga en una área adecuadamente ventilada.**

5.8.4 EMPRESAS EN MEXICO

En México existen varias compañías que producen o importan cianoacrilato, entre las más importantes tenemos:

- 1. Lotite Company de México, S.A. de C.V.**
Bosques de Ciruelos 130 - 11 piso
Fracc. Bosques de las Lomas
México, D.F. 11700
Tel. 596 4511
- 2. Grupo Cyanomex, S.A. de C.V.**
Guillermo Barroso 26 - C
Fracc. Industrial Las Armas
Tlalnepantla, Edo. de Méx.
Tel. 394 5910
- 3. Grupo Pega, S.A. de C.V.**
Lago Zurich 519
Col. Francisco I. Madero.
México, D.F. 11480
Tel. 254 5311
- 4. Industrias Resistol, S.A.**
Bosques de Ciruelos 99
Fracc. Bosques de las Lomas
México, D.F. 11700
Tel. 596 0177

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

5.8.5 DISTRIBUCION DEL CONSUMO

En términos generales su distribución está de la siguiente manera:

A) INDUSTRIAL:

Las empresas líderes en este ramo son:

EMPRESA	POR CIENTO
1. Loctite Company de México	70%
2. Grupo Pega	25%
3. Otros	5%

* Datos proporcionados por las empresas.

B) CASERA:

Las empresas líderes en este ramo son:

EMPRESA	POR CIENTO
1. Grupo Cyanomex	80%
2. Grupo Pega	15%
3. Otros	5%

* Datos proporcionados por las empresas.

5.8.6 PRODUCTOS COMERCIALES

De las variantes que tenemos en México:

1. **EMPRESA:** *Loctite Company de México.*

- **PRODUCTO:** *Supradhesivo C.I.*

Está diseñado para cubrir las necesidades de la industria electrónica y sus derivados. Fija los componentes y alambrados, elimina el uso de tornillos, grapas, etc. Para obtener mejores resultados se recomienda utilizar el acelerador de cianoacrilato TAK-PAK 715.

USOS:

Industria electrónica en general (circuitos eléctricos).

VENTAJAS:

Gran rapidez de curado (de 3 a 5 segundos).

Facilita el manejo de los circuitos impresos.

Abate costos eliminando el uso de tuercas, soldadura, etc.

- PRODUCTOS: Supradhesivo 414.

Adhesivo instantáneo de viscosidad media, formulado especialmente para un comportamiento superior en plásticos y en todas las aplicaciones donde sea importante la resistencia a la humedad.

USOS:

Alto volúmen en operaciones de ensamble donde se requiere una adhesión rápida de las partes.

Reparación y ensamble de vinilos y uretano.

Unión de plásticos como las resinas acetal.

VENTAJAS:

Une plásticos difíciles de pegar.

Permite la fabricación a alta velocidad sin abrazaderas.

Minimiza el tiempo de preparación.

- PRODUCTO: Supradhesivo 415.

Adhesivo instantáneo de alta viscosidad, desarrollado para la industria en general. Minimiza escurrimientos en los ensambles. Este adhesivo es de fijado lento, lo que permite el ajuste de las partes después del ensamble. "Excelente para pegar diferentes metales".

- PRODUCTO: Supradhesivo 416.

Adhesivo instantáneo de alta viscosidad, desarrollado para la industria en general. Minimiza escurrimientos en los ensambles. Este adhesivo es de fijado lento, lo que permite el ajuste de las partes después del ensamble. "Excelente para pegar hule y partes de plástico".

USOS:

Espumas o espumas de celada abierta.
Fabricación de cerámica.
Superficies ásperas.

VENTAJAS:

Permite holguras relativamente grandes entre los subs-tratos.
Baja velocidad permitiendo ajustes en el ensamble.
Permite la adhesión en substratos porosos.

- PRODUCTO: Supradhesivo 420.

Adhesivo instantáneo penetrante de muy baja viscosidad de propósito general, diseñado para penetrar entre componentes pre-ensamblados. "Recomendado para uso en plásticos, hules, etc."

- PRODUCTO: Supradhesivo 493.

Adhesivo instantáneo penetrante de muy baja viscosidad de propósito general, diseñado para penetrar entre componentes pre-ensamblados. "Recomendado para pegar partes metálicas".

USOS:

Fortalece los sujetadores de metal ante la vibración.
Ajuste permanente de sujetadores de plástico (sólo 420).
Mantiene la laminación y el alambre de las bobinas.
Pegado de pequeños engranes (metal/plástico) a ejes.
Sujeción de collarines.
Fijación de tornillos de seguridad.
Sellado de ensambles metálicos.

VENTAJAS:

Ayuda en tornillería de cerraduras.
Aumenta la confiabilidad en los ensambles a presión.
Sella componentes previamente ensamblados.

- PRODUCTO: Supradhesivo 495.

Adhesivo instantáneo de baja viscosidad y gran versatilidad, capaz de pegar hule, metal, cerámica y la mayoría de los plásticos.

USOS:

Para pegar hule con metal, así como zapatas de aislante.

Para pegar los sellos de filtro de aceite y aire.

Fabricación de juguetes y equipos deportivos de plástico.

Adhesión temporal en la reparación de partes de máquinas.

VENTAJAS:

Elimina el uso de la mayoría de los sujetadores metálicos.

Reemplaza el uso de costosas guías o accesorios de maquinado.

Reemplaza a los adhesivos de pegado lento.

No requiere mezclarse.

- PRODUCTO: Supradhesivo 496.

Adhesivo instantáneo de mediana viscosidad para el pegado rápido de partes metálicas, así como metal a hule y un gran número de posibles adhesiones entre materiales disímboles.

USOS:

Alto volumen en operaciones de ensamble donde se requiera rápida adhesión de las partes.

Reparación y ensamble de vinilos y partes de uretano.

Unión de plásticos difíciles de pegar como poliacetal.

VENTAJAS:

Proporciona buena resistencia al corte y a la tensión.

Une plásticos difíciles de pegar.

Permite la fabricación a alta velocidad sin abrazaderas.

Minimiza el tiempo de preparación.

ADHESIVOS, SELLADORES E IMPERMEABILIZANTES ACRILICOS

2. EMPRESA: Grupo Pega (Distribuidor de Permabond).

- PRODUCTO: Permabond 130 (Ver supradhesivo 414).**
- PRODUCTO: Permabond 102 (Ver supradhesivo 414).**
- PRODUCTO: Permabond 101 (Ver supradhesivo 495).**
- PRODUCTO: Permabond 105 (Ver supradhesivo 420).**
- PRODUCTO: Permabond 200 (Ver supradhesivo 416).**

3. EMPRESA: Grupo Cyanomax.

- PRODUCTO: Kola Loca - 2 (Ver supradhesivo 495).**
- PRODUCTO: Kola Loca - 50 (Ver supradhesivo 420).**
- PRODUCTO: Kola Loca - 100 (Ver supradhesivo 496).**
- PRODUCTO: Kola Loca - 200 (Ver supradhesivo 415).**

• La presentación de los adhesivos la podemos encontrar de 2 g. a 500 g.

CAPITULO 6

FIBRAS ACRILICAS

6.1 HISTORIA DE LA FIBRA

La fibra acrílica está basada en el poliacrilonitrilo. Es además uno de los triunfos más notables desde la aparición del nylon en 1927 en los Estados Unidos de América.

Buscando en la historia se encontró que en 1893, Moureu, en Alemania fue el primero en obtener monómeros de acrilonitrilo. Desde aquella época y hasta finales de los años 30's, los estudiosos sobre esta fibra permanecieron prácticamente estáticos; sin embargo tomaron nuevo auge cuando se encontró el disolvente ideal para el poliacrilonitrilo 100%; este disolvente fue el dimetil formamida. Fue entonces cuando se inició en forma experimental la producción de fibra acrílica.

Los primeros productores fueron: en Alemania I.G. Farbenindustrie y en Estados Unidos de América, E.I. duPont de Nemour and Co. Inc.

Esta última planta, E.I. DuPont, produjo una fibra de poliacrilonitrilo, misma que ofreció al gobierno de su país para aplicaciones militares. En el año de 1945 esta planta produjo la primer fibra a un nivel semi-industrial llamada provisionalmente "fibra A".

Esta "fibra A", era tan fuerte como el nylon, solo que con una resistencia notablemente mayor a los agentes químicos y a los rayos solares. Estas características, presentaron dificultad para que las moléculas de colorante penetraran dentro de ella. Desde sus inicios, le auguraron a esta fibra un futuro promisorio en uso de exteriores.

A medida que el tiempo pasó, se modificó la técnica tanto para la fabricación, como para el teñido de la misma.

En 1948 DuPont decidió producir esta fibra en gran escala, y no fue sino hasta 1950 cuando se instaló en Candem, Carolina del Sur, la primer productora de esta fibra. Su producción fue en esta forma de filamento continuo y se registró con el nombre de "Orlon". Sin embargo esta fibra aún presentaba dificultad para el teñido; pero se modificó su estructura molecular de manera que fuera más afín a los colorantes.

Dos años más tarde, o sea en 1952, esta misma planta se amplió y empezó a producir fibra corta, la cual tuvo una gran demanda y aceptación por industriales y público consumidor, debido a las grandes ventajas que más adelante se mencionarán.

Posteriormente se iniciaron nuevos productores por todo el mundo. A continuación se mostrará un listado con las principales.

NOMBRE	PRODUCTOR	PAIS
Acrilan	Chemstrand	E.U.A.
Arybel	Fabelta	Bélgica
Beslon	Toho Rayon	Japón
Coshmilon	Asahi Chemical	Japón
Courtell	Courtaulds	G.Bretaña
Crestan	American Cyanamid	E.U.A.
Crylor	Soc. Crylor	Francia
Dolan	Sudd. Chemiefaser	Alemania
Dralon	Bayer Farbenfabriken	Alemania
Exlan	Japan Exlan	Japón
Leacril	Asca	Italia

(Continuación)

NOMBRE	PRODUCTOR	PAIS
Maxrolan	Acetilen Fiber Chem.	Yugoeslavia
Nilton	Nitto Spinning	Japón
Nitron	Vow. Nogina Ploshad	U.R.S.S.
Orlon	Du Pont Nemours	E.U.A.
Pamacryl	The Chemical Work	Hungría
Polyazin	Kurale Boseki	Japón
Polyank	Textile Institute K.	U.R.S.S.
Prelana	Phrix Werke	Alemania
Rolan	Savinesti	Rumania
Tacryl	Super Foster	Suecia
Torylon	Toyo Ravan	Japón
Vonncl	Mitsubishi Vonncl Co.	Japón
Wolcrylon	Film Fabrik Agfa	Alemania
Zelkrome	Dow Chemical	E.U.A.
Zefran	Dow Chemical	E.U.A.

En México, existen tres productores de fibra acrílica, cada uno con su marca registrada.

NOMBRE	PRODUCTOR	LOCALI-ZACION
Acrilan	Celulosa y Derivados S.A.	Jalisco
Acrilan	Fibras Sintéticas, S.A.	Veracruz
Darvan	Celanese Mexicana, S.A.	Michoacan

La primer planta que se estableció en el país, fue Celulosa y Derivados, S. A., en el año de 1967, dos años después, en 1969, se estableció Fibras Sintéticas, S. A., y por último como tercer productor surgió Celanese Mexicana, S.A. en el año de 1971.

6.2 OBTENCION DE LA FIBRA

Estas fibras son derivadas del polímero de acrilonitrilo, por lo que reciben el nombre de poli(acrilonitrilo) o simplemente fibras acrílicas.

El monómero fundamental, el acrilonitrilo llegó a ser una de las sustancias de las que se disponía en importantes

cantidades, como consecuencia del desarrollo de la industria de la goma sintética en los Estados Unidos de América, en tiempos de la Segunda Guerra Mundial.

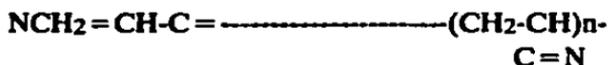
El acrilonitrilo es un producto que se obtiene de la síntesis del gas de coque (derivado del petróleo) y del nitrógeno del aire. El acrilonitrilo se presenta físicamente como un líquido volátil e incoloro que no sólo tiene utilización en la industria textil, sino que también se ocupa en la fabricación de hule sintético, en la industria de los fertilizantes, en la industria de las pinturas y en gran número de materiales plásticos.

El acrilonitrilo se prepara por varios métodos, pero especialmente a partir del etileno hasta el año de 1961, fecha en que el propileno lo substituye como materia fundamental. Con este método se consiguió una fuerte reducción en el costo del acrilonitrilo, lo que dió origen a la gran penetración y auge que experimentaron las fibras acrílicas a partir de esta fecha.

La polimerización del acrilonitrilo daba origen al poliacrilonitrilo, producto que transformado en fibras presentaba grandes dificultades para el teñido y problemas de hilatura por la insolubilidad del poliacrilonitrilo. De esto se derivaba su mayor facilidad de cristalización con el consiguiente empaquetamiento molecular, lo cual ejercía una notable resistencia a la penetración de disolventes y colorantes.

Para solucionar todas estas dificultades, se recurrió al uso de substancias llamadas comonomeros, provistos en general del radical vinilo ($\text{CH}_2=\text{CH}-$), que al polimerizar junto con el acrilonitrilo, daban origen a copolímeros de poliacrilonitrilo.

Fórmula de polimerización del acrilonitrilo.



Entre los principales productos usados como copolímeros podemos citar, el metacrilato de metilo, el cloruro de vinilo, el estireno, el acetato de vinilo, el butadieno, etc.

El éxito logrado inicialmente por las fibras acrílicas en diversos campos, alentó la investigación para la obtención de nuevos copolímeros que acompañando al acrilonitrilo, pudieran dar fibras con propiedades diversas. Así se llegó al descubrimiento de muy distintas fibras que actualmente pueden clasificarse en dos grupos:

- a) Las fibras acrílicas o verdaderas.
- b) Las fibras modificadas o modacrílicas.

Las fibras acrílicas verdaderas, de las que hablaremos en este trabajo, son las que comúnmente se conocen con el nombre de fibras acrílicas. Para que se consideren dentro de este grupo, deben contener por lo menos el 85% de acrilonitrilo; por el contrario, se consideran del grupo de las modacrílicas aquéllas que contienen menos del 85% y más del 35% de acrilonitrilo.

Para la producción de fibras acrílicas, partiendo del monómero de acrilonitrilo, se deben observar tres pasos que son fundamentales:

- a) Polimerización.
- b) Hilatura.
- c) Proceso textil.

Los dos primeros pasos, es decir, polimerización e hilatura, están caracterizados por el hecho de que el polímero de poliacrilonitrilo no puede ser hilado por fusión como sucede con el poliéster o el nylon; debido a que el material se descompone antes del ablandamiento.

En consecuencia, el poliacrilonitrilo para hilarse debe ser convertido en una solución de polímero por medio de un disolvente adecuado. Esta etapa de disolución, puede ser evitada si la polimerización ya se ha llevado a cabo en solución, utilizando un disolvente que sea adecuado para el monómero y el polímero.

Para la polimerización se conocen dos técnicas:

- a) Polimerización por suspensión o precipitación.
- b) Polimerización directa o en solución.

a) En la polimerización por suspensión o precipitación, el monómero de acrilonitrilo, los comonómeros y los catalizadores junto con el agua, se introducen en el reactor, donde tiene lugar la polimerización controlándose la temperatura y el tiempo. Terminada la polimerización, se obtiene el poliacrilonitrilo en forma de solución acuosa. El monómero remanente se recupera y la suspensión del polímero se filtra, se lava, se seca y se pulveriza, el polvo blanco resultante se almacena, listo para ser entregado o disuelto para la hilatura subsiguiente.

b) En la polimerización directa o en solución, las bombas mediadoras cargan en el reactor los componentes de la reacción, tales como el monómero de acrilonitrilo, los comonómeros y el disolvente. Estos componentes antes de entrar en el reactor, deben ser filtrados. Después de permanecer cierto tiempo en el reactor, se lleva a cabo la reacción obteniéndose el poliacrilonitrilo en solución. Después de un tiempo de reacción, el acrilonitrilo sin reaccionar es separado y reciclado al sistema de reacción por medio de una unidad de destilación.

Después de ser filtrado y desgrasadas las partidas de la solución de polímero, se conducen al sistema de hilatura, listas para que ésta se lleve a cabo en forma directa.

6.2.1 HILATURA

Como ya mencionamos, el poliacrilonitrilo y sus copolímeros usados para la fabricación de fibras acrílicas no pueden hilarse por fusión como sucede con el poliéster y el nylon.

Como consecuencia de lo anterior, las fibras acrílicas se hilan en solución. Esta hilatura se lleva a cabo por dos métodos principalmente:

- a) Hilatura en seco.
- b) Hilatura en húmedo.

6.2.1.1 HILATURA EN SECO

En el proceso de hilatura en seco, se introduce la disolución del polímero en un disolvente volátil, posteriormente se filtra esta solución, se eliminan los gases por medio de vacío, y por último se hace la hilatura por sistemas de ductos verticales cerrados a través de los cuales circula en contracorriente un gas inerte caliente para evaporar el disolvente residual, el cual se recupera mediante equipos especiales.

Este método, se caracteriza por ser el más apto para la fabricación de filamento continuo, permitiendo de esta manera mayor velocidad de hilatura; este método se adapta a grandes producciones, donde pueden justificarse económicamente las enormes inversiones que originan los complicados sistemas de recuperación de disolventes. Los disolventes además de caros, son peligrosos y existe pérdida, por ello sólo se justifica el uso de éstos en mercados grandes. En mercados medianos o chicos, no es recomendable por la poca retabilidad.

6.2.1.2 HILATURA EN HUMEDO

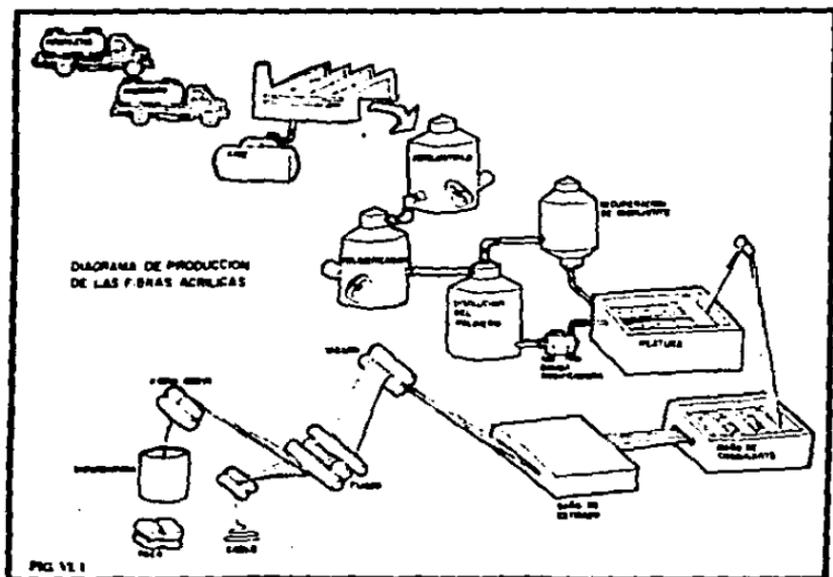
En el proceso de hilatura en húmedo, se disuelve el polímero en un disolvente o se usa la solución de polímero proveniente de la polimerización directa en solución.

Posteriormente, la solución resultante se introduce en una máquina especial la cual la filtra, le elimina los gases y por último hila a través de espreas por precipitación, en un baño en el cual las fibras no se disuelvan. Este baño puede estar formado por soluciones acuosas diluidas del compuesto usado como disolvente o en soluciones del mismo, en

sistemas de alcohol agua, glicol agua, etc.; este proceso es apto para la fabricación de cables.

Este método se caracteriza por una menor velocidad de hilatura, por lo tanto reporta menor volumen de producción; su instalación no requiere de una fuerte inversión inicial como en la hilatura en seco, además permite ampliaciones posteriores en la planta sin complicar exageradamente su ingeniería.

Los disolventes que normalmente se utilizan para el poliacrilonitrilo son: la dimetilformamida, la dimetilacetamida, el dimetilsulfóxido, el tiocianato de sodio, el cloruro de zinc y el ácido nítrico. A continuación se expone un diagrama de flujo para la obtención de la fibra acrílica; posteriormente se observa un poco más objetivamente en el flujo de producción de la fibra acrílica. (Ver fig. VI.1.)



ACRILONITRILLO

COADYUVANTES

POLIMERIZACION

ALMACENAJE

SUSPENSION

SECADO

PULVERIZADO

DISPERSION

DISOLUCION

COAGULACION

LAVADO

ESTIRAJE

SECADO

CORTADO

RIZADO

ROMPIMIENTO

GREÑA

CABLE

MECHA

6.3 PROPIEDADES FISICAS

Dentro de este punto, se anotarán las características o propiedades físicas que se consideran como principales, además se hará una comparación con otras fibras para tener un campo de visión más completo.

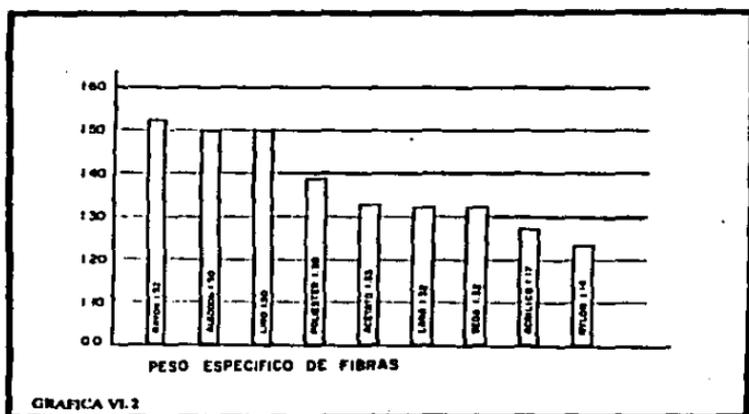
Las propiedades que a continuación se muestran, han hecho que la fibra acrílica tenga la gran aceptación en los diferentes campos y aplicaciones en los que actualmente se utilizan.

6.3.1 PESOS ESPECIFICOS DE LAS PRINCIPALES FIBRAS

El peso específico de un objeto sea cual fuere su naturaleza, es el peso en gramos de un centímetro cúbico, por ello se expresa en gramos por cm^3 .

En la gráfica VI.2., se puede observar que las fibras acrílicas poseen un peso específico muy bajo en relación con las demás fibras; esto ayuda principalmente a obtener hilos más voluminosos y prendas más ligeras.

FORMULA: $\text{Peso específico} = \text{Peso} / \text{Volumen}$



6.3.2 ABSORCION DE AGUA

Se define como absorción de agua, a la masa en gramos de agua retenida, por cierta cantidad de materia textil (previamente liberada de todas las materias agregadas) en equilibrio higrométrico con una atmósfera determinada, siendo obtenido este equilibrio de la materia previamente llevada a un estado de sequedad mayor que el que corresponde al equilibrio.

El término "reprise de humedad" (retención de agua) utilizado en tecnologías anteriores, se refiere a la cantidad de agua que legal y comercialmente es aceptado en 100 Kg. de fibra a partir del estado anhidro.

Asimismo, la absorción de agua de un material textil, está relacionado con 100 g. del material deshidratado, considerando que la atmósfera estándar internacional, es de 20°C + -2 °C y 65% de humedad relativa.

Debido a que estas fibras son hidrófobas, conservan la estabilidad de sus propiedades tanto en húmedo como en seco.

Como medida de comparación, el siguiente cuadro indica los valores medios de los porcentajes de absorción de agua de unos materiales textiles naturales, artificiales y sintéticos.

FIBRAS	PORCENTAJE
Lana	17.0
Viscosa	11.0
Algodón	08.5
Acetato	06.0
Nylon	04.5
Acrílica	02.0
Poliéster	00.4

En esta tabla se puede observar que las fibras acrílicas tienen una absorción muy baja, lo que la hace poseer y conservar buena estabilidad y secado rápido, esta particularidad le ayuda a que no sea atacada por bacterias y hongos, ya que no hay humedad donde se produzcan.

6.3.3 RESISTENCIA A LA TENSION Y TENACIDAD

La resistencia a la tensión de una fibra, es la capacidad de soportar una carga aplicada; esta carga debe ser en sentido de su eje. La resistencia puede ser expresada en términos de fuerza por unidad de superficie, esto es: kg/cm^2 , lb/pulg^2 , etc.

6.3.3.1 RELACION ENTRE RESISTENCIA Y TENACIDAD

Ambos conceptos son comparables cuando se trata de fibras que tienen una misma densidad específica, ya que la finura de éstas es la relación entre el peso y la longitud. Para dar una idea de la tenacidad de algunas fibras textiles, se muestra a continuación una tabla con los diferentes valores.

TENACIDAD DE ALGUNAS FIBRAS:

FIBRAS	VALORES	
	g/denier	lb/pulg ²
Poliéster	4.0 - 5.6	88,257
Nylon	4.0 - 5.5	65,500
Algodón	1.0 - 3.3	40,210
Acrílica	2.0 - 3.0	37,400
Viscosa	0.7 - 2.6	35,400
Acetato	1.2 - 1.4	22,100
Lana	1.0 - 7.0	21,800

(Como medida de comparación se anotará, la equivalencia en lb/pulg^2 según la fórmula de Siemenski:

$$\text{lb/pulg}^2 = \text{g/denier} \times \text{densidad} \times 12,791)$$

Cabe mencionar que la fibra acrílica se encuentra citada en la parte media del grupo de las fibras, ya que posee buena elongación. (Como es sabido a medida que la resistencia a la tensión de una fibra aumenta, el porcentaje de alargamiento disminuye).

6.3.4 ALARGAMIENTO A LA ROTURA

Este término indica la longitud que aumenta una fibra sometida a una fuerza de tracción en el sentido de su eje antes de romperse. Este alargamiento o elongación, se ex-

presa en porcentajes sobre la longitud inicial, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{ELONGACION} = \frac{(L1 - L) 100}{L}$$

L1 = Longitud de la fibra al romperse.

L = Longitud inicial de la fibra.

La elongación, es una propiedad complementaria de la tenacidad. El producto de elongación y tenacidad, indican la capacidad de las fibras de absorber energía, de tal manera que esa energía puede ser absorbida vía alargamiento o vía resistencia.

El cristal, por ejemplo, posee una alta resistencia pero baja elongación, por lo cual, su capacidad de absorción de energía es baja. La lana, en cambio, es una fibra débil, pero con alta elongación, por lo cual puede absorber cantidades mayores de energía.

En la tabla siguiente, se muestra la elongación de algunas fibras.

FIBRAS	ELONGACION EN %
Lana	20.0 - 40.0
Acetato	25.0 - 40.0
Acrílica	20.0 - 35.0
Viscosa	20.0 - 30.0
Nylon	10.0 - 35.0
Poliéster	08.0 - 25.0
Algodón	03.7 - 07.0

6.3.5 ELASTICIDAD

Elasticidad, es la recuperación que tiene una fibra o un material, cuando después de una fuerza de tracción, retoma su forma original.

Esta elasticidad se expresa en porcentajes con respecto a la longitud que recupera. Para calcular este porcentaje intervienen tres factores:

$$\text{Elasticidad} = \frac{(L1 - R) 100}{(L1 - L)}$$

L = Longitud inicial de la fibra.

L1 = Longitud máxima alcanzada.

R = Longitud final al cesar la fuerza.

La propiedad de una fibra de deformarse cuando se aplica una fuerza y de recuperarse cuando ésta cesa, es una propiedad de gran importancia; sobre todo en prendas textiles, por varias razones, tal vez la que se considere más importante es la de recuperación a las arrugas, también está ligada con la resistencia a la abrasión, desgaste, etc.

FIBRAS	PORCENTAJE DE RECUPERACION
Nylon	99.0 - 99.9
Acrílico	89.0 - 89.1
Poliéster	75.0 - 80.0
Lana	63.0 - 63.1
Rayón	30.0 - 74.0
Acetato	48.0 - 65.0
Algodón	32.0 - 44.0

Como se puede observar dentro del plano de las fibras, las acrílicas se encuentran situadas en muy buen lugar.

6.3.6 EFECTOS DE HUMEDAD DE LAS FIBRAS

En la mayoría de las fibras, el agua hace que pierdan resistencia, debido a que se desorientan sus moléculas, y al no estar bien orientadas con respecto a su eje, pierden del 10% al 35% según su estado final y la fibra que se trate.

En las fibras sintéticas, mientras menor sea su capacidad de absorber agua, menor será su sensibilidad y por consiguiente menor será el efecto que las producen.

En la siguiente tabla se observan las variaciones de tenacidad que sufren las fibras tanto en húmedo como en seco:

FIBRAS	HUMEDO	SECO
Nylon	3.7% - 6.2%	4.0% - 7.0%
Poliéster	4.0% - 5.6%	4.0% - 5.6%
Algodón	3.3% - 5.3%	3.0% - 4.9%
Acrílicas	1.6% - 2.7%	2.0% - 3.0%
Rayón	0.7% - 1.8%	0.7% - 2.6%
Acetato	0.8% - 1.0%	1.2% - 1.4%
Lana	1.0% - 1.7%	0.7% - 1.6%

Como se puede observar, casi todas las fibras se ven afectadas por la humedad, cosa que no sucede con el nylon y el poliéster, ya que casi mantienen las mismas propiedades en húmedo y en seco.

6.3.7 PROPIEDADES TERMICAS DE LAS FIBRAS

La influencia del calor en las propiedades de las fibras, es de gran importancia, con respecto al proceso textil y el uso de las prendas.

Existen dos tipos de fibras:

- a) Fibras termoplásticas.
- b) Fibras no termoplásticas.

Dentro del primer grupo se consideran casi todas las fibras sintéticas, y dentro del segundo grupo a las fibras naturales como las fibras de celulosa regenerada y las fibras protéicas como el algodón, el yute, el henequén, la fibra de coco, etc.

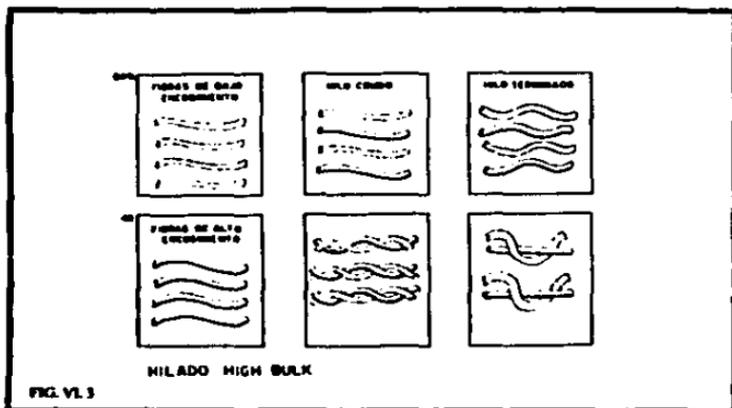
En las fibras del primer grupo, es decir, las termoplásticas, a medida que la temperatura sube la resistencia se reduce y el alargamiento aumenta.

Normalmente cuando la fibra se enfría, recupera sus propiedades originales. Sin embargo la exposición de la fibra al calor, provoca un encogimiento térmico, pero la fibra puede recuperar sus propiedades iniciales si se estira a una temperatura más elevada.

Si una fibra sin tensión es sometida a la acción del calor, sucede que esta fibra se encoge; sin embargo en vez de someterla a tensión se sujeta por ambos extremos, la fibra se estabiliza a esa longitud, a esta operación se le llama termofijado de fibras.

Las fibras acrílicas presentan esta cualidad, de ser termoplásticamente modificadas; cualidad que se utiliza muy bien para la fabricación de los hilos "High Bulk"; estos hilos son conocidos también con el nombre de HB o hilos de alta voluminosidad.

Los hilos HB, se obtienen mediante una mezcla apropiada de fibras normales (bajo encogimiento) con fibras de alta capacidad de encogimiento (Ver fig. VI.3.)



6.3.8 RESISTENCIA A LOS RAYOS SOLARES

Como una de las características más importantes, se debe destacar la excepcional resistencia de estas fibras a la degradación por efecto de los rayos solares y los agentes atmosféricos combinados. Es sabido que una exposición prolongada a los rayos solares, es causa notable de pérdida de resistencia, para casi todas las fibras textiles, aunque en algunos casos se recurra al agregado de inhibidores o estabilizadores para este fin.

En la gráfica se ilustra de modo evidente la enorme diferencia que se presenta en la resistencia de las fibras acrílicas con relación a otras fibras examinadas.

En la misma gráfica se podrá observar que después de una exposición de cuatrocientas horas a las radiaciones solares en las mismas condiciones ambientales, la resistencia del algodón, de la lana y el rayón descienden a menos del 50%, mientras que las fibras acrílicas conservan el 98%. Se prolongó esta exposición hasta ochocientas horas, y se observa que el acrílico disminuye alrededor del 15%. Las fibras de lana, algodón y rayón no tienen resistencia, es decir, se rompen al menor esfuerzo.

6.3.9 IDENTIFICACION DE LA FIBRA

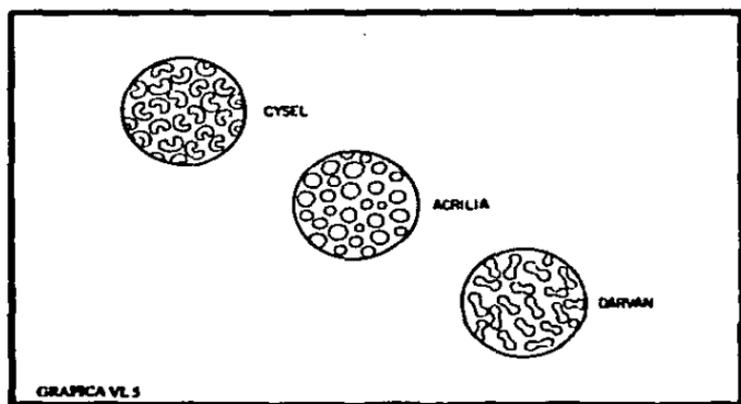
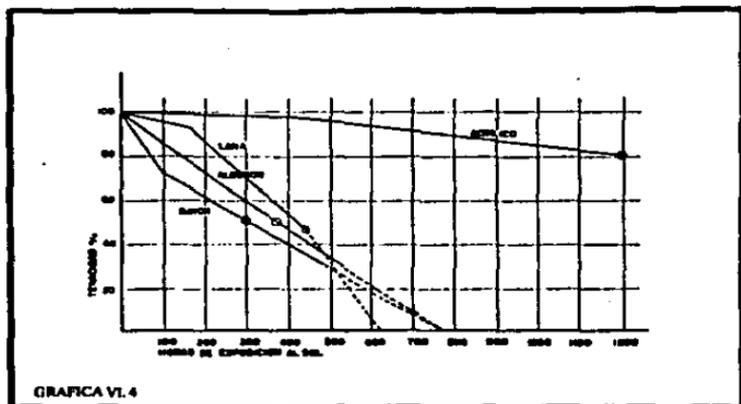
La identificación de las fibras, cualesquiera que sea su naturaleza, se puede hacer por tres métodos:

- a) Por combustión.
- b) Por microscopio.
- c) Por disolventes.

Las fibras acrílicas, se comportan de la siguiente manera, según sea el método de identificación utilizado:

6.3.9.1. COMBUSTION:

1. Antes de tocar la llama se funde o se inflama.
2. En la flama se funde y arde enseguida.
3. Después de dejar la flama arde y enseguida chisporrotea.
4. El olor es a carne quemada.
5. Las cenizas son duras, negras e irregulares.



6.3.9.2 MICROSCOPIO

La sección transversal de la fibra acrílica varía entre productor, de ahí la variedad en cuanto a secciones transversales se refiere, a continuación se muestran los cortes de tres tipos de fibra que se produce en México. (Ver fig. VI.5.)

1. Forma afrijolada "CRYSEL".
2. Forma circular "ACRILIA".
3. Forma de cacahuete "DARVAN".

6.3.9.3. DISOLVENTES:

El disolvente más utilizado para la disolución de la fibra acrílica, es la dimetilformamida. También tienen acción disolvente sobre estas fibras el butirrolactona, el carbonato de etileno, el dimetilacetamida entre otros.

6.4 PROPIEDADES QUÍMICAS

Tanto las propiedades químicas de la fibra como las propiedades físicas ya mencionadas, se pueden considerar como excelentes. Sobre el particular, sólo haremos resaltar las más notables para tener una idea más genérica de este tipo de fibras.

La fibra acrílica como todas las fibras sintéticas posee buena resistencia a los agentes químicos como disolventes, agua oxigenada, hipoclorito de sodio, etc.

A continuación se anotará el comportamiento de la fibra acrílica:

En medio ácido: Su comportamiento es aceptable, razón por la cual se puede aceptar cualquier tratamiento en esta clase de medio sin ninguna precaución especial. Tenemos como ejemplo: los blanqueos con clorito de sodio, el carbonizado con ácido sulfúrico, etc.

En medio alcalino: El comportamiento de la fibra acrílica, se considera bueno si las concentraciones no son muy elevadas, es decir, a media escala; lo que sí se nota en la fibra, es que tiende a amarillarse. Es por esta razón que no es aconsejable utilizar esta clase de productos en el lavado, ya sea de tipo casero o industrial. Por lo tanto se recomienda utilizar productos neutros o ligeramente ácidos.

En medio disolvente: Sin excepción alguna se pueden utilizar cualquier tipo de disolventes para desmanchar las prendas. La razón por la cual se pueden utilizar varios tipos de disolventes, es porque los que pudieran disolver a la fibra acrílica son muy poco usuales.

Los agentes de roido: Los agentes de roido tales como el sulfato de amonio y el peróxido de benzoilo, no producen ni ocasionan ningún cambio sobre las prendas que se elaboran con fibra acrílica.

Las tablas que a continuación se muestran, dan una idea general del comportamiento de la fibra acrílica ante los productos minerales y orgánicos, dichos valores se clasifican de la siguiente manera:

C = Comportamiento.

0 = Malo, la pérdida de resistencia es superior al 70.0%.

1 = Regular, la pérdida de resistencia está comprendida entre el 31.0% y el 69.0%.

2 = Bastante bueno, la pérdida de resistencia está comprendida entre el 11.0% y el 13.0%.

3 = Excelente, la pérdida de resistencia es inferior al 10.0%.

D = Duración.

m = Minutos.

h = Horas.

d = Días.

s = Semanas.

ACIDOS	20 GRADOS		50 GRADOS		90 GRADOS	
	D	C	D	C	D	C
Sulfúrico al 10%	3 d	3	3 d	3	2 d	3
Sulfúrico al 50%	2 d	3	2 d	2	2 d	0
Sulfúrico al 100%	2 d	0	2 d	0	2 d	0
Nítrico al 10%	40 s	3	10 s	3	3 d	1
Nítrico al 20%	40 s	2	5 s	3	3 d	0
Nítrico al 40%	10 s	3	10 s	2	2 d	0
Nítrico comercial	30 s	0	2 d	0	2 d	0
Clorhídrico al 10%	40 s	2	10 s	3	1 s	2
Clorhídrico al 40%	1 s	1	2 d	1	1 d	1
Clorhídrico al 50%	4 d	1	1 d	1	4 h	1
Clorhídrico al 100%	2 d	2	12 h	1	4 h	0
Agua regia al 50%	20 s	3	1 s	2	4 d	1

ACIDOS	20 GRADOS		50 GRADOS		90 GRADOS	
	D	C	D	C	D	C
Agua regia al 100%	40 s	0	1 s	2	2 d	0
Fosfórico al 38%	2 d	3	2 d	3	2 d	2
Perclórico al 100%	2 d	3	-	-	-	-
BASES:						
Cal hervida al 10%	2 d	3	2 d	3	2 d	3
Sosa cáustica al 5%	13 s	1	1 d	0	-	-
Sosa cáustica al 10%	5 s	1	1 d	0	-	-
Potasa al 15%	5 s	1	1 d	0	-	-
Amoniaco comercial	3 d	3	2 d	2	-	-
AGENTES DE LIMPIEZA Y BLANQUEO:						
Solución jabón al 2%	2 d	3	2 d	3	2 d	3
Hipoclorito/sodio 5%	2 d	3	2 d	3	2 d	3
Hipoclorito/sodio 10%	2 d	3	2 d	2	2 d	2
Hipoclorito/sodio 30%	2 d	3	2 d	1	2 d	1
Perborato/sodio 25%	2 d	3	2 d	3	2 d	3
H ₂ O ₂ 60 volúmenes	2 d	3	2 d	3	2 d	1
	70 GRADOS		90 GRADOS		125 GRADOS	
	D	C	D	C	D	C
SALES:						
Sulfato de zinc 100%	3 d	3	2 d	3	-	-
Sulfato férrico 100%	3 d	3	1 d	3	-	-
Sulfato cromo 100%	3 d	3	-	-	-	-
Sulfato cobalto 100%	3 d	3	-	-	-	-
Sulfato cobre 20%	1 año	3	-	-	-	-
Sulfato cobre 100%	3 d	3	-	-	-	-
Persulfato/potasio 25%	-	2	d 3	-	-	-
Nitrato/ferro 100%	3 d	2	1 d	2	20 m	2
Nitrato/plata 10%	3 d	1	-	-	-	-
Cloruro/calcio 100%	3 d	3	2 d	3	-	-
Cloruro/magnésico 75%	-	-	4 d	3	-	-
Cloruro/cádmico 100%	3 d	3	-	-	-	-
Cloruro férrico 40%	-	-	20 m	3	-	-
Cloruro férrico 5%	3 d	3	-	-	-	-
Cloruro/zinc 50%	1 d	2	-	-	-	-
Cloruro/cobre 25%	-	-	2 d	3	-	-
Fosfato/triácido 25%	2 d	3	2 d	3	-	-
Fosfato/ferro 100%	-	-	-	-	20 m	3
Citrato/ferro 100%	-	-	-	-	20 m	3
Oxalato/ferro 100%	-	-	-	-	20 m	3
Bromato/potasio 25%	3 d	3	3 d	3	-	-
Cromato/potasio 25%	3 d	3	2 d	2	-	-
Silicato/sodio 100%	-	-	1 d	2	-	-
PRODUCTOS MINERALES:						
Azufre fundido 110 °C	-	-	-	-	1 d	2
Cloruro sulfurito 100%	-	-	-	-	1 d	2
Cloruro tionilo 100%	-	-	-	-	1 d	2

6.4.1 ACCION DISOLVENTE DE PRODUCTOS QUIMICOS MINERALES

En concentración elevada, las soluciones acuosas de las sales que a continuación se mencionan disuelven el acrílico a temperatura ordinaria:

- a) Cloruro de zinc al 55%. *
- b) Sulfocianuro de sodio al 50%. *
- c) Sulfocianuro de potasio al 50%. *

* La cifra que en cada disolvente se especifica, indica mínima concentración para obtener la disolución de las fibras.

6.4.2 ACCION DE ALGUNOS PRODUCTOS QUIMICOS ORGANICOS

A continuación se muestran los efectos producidos sobre las fibras acrílicas por algunos productos con duración de contacto de dos días a temperatura de ebullición.

Se clasifica su comportamiento de la siguiente forma:

- a) Ningún cambio.
- b) Amarillamiento.
- c) Disolución.

a) No se observa ningún cambio con los siguientes productos:

01. Aceite de lino, de vaselina, de engrase.
02. Acetato de etilo, acetona.
03. Acido acético 10%, 50% glacial.
04. Acido fórmico.
05. Alcoholes metílico, etílico y otros.
06. Aldeídos.
07. Benceno.
08. Cetonas.
09. Dioxano.
10. Esteres, éteres.
11. Fenol 50%, o puro.
12. Formiato de metilo.
13. Formol.

14. Hidrocarburos.
15. Nitrometano.
16. Nitrometano 90% con ácido fórmico 10%.
17. Piridina.
18. Tricloretileno.

b) Se produce amarillamiento en la fibra con:

1. Aminas.

c) Se efectúa la disolución con los siguientes productos:

1. Butirolactona.
2. Carbonato de etileno.
3. Carbonato de propileno.
4. Dimetil acetamida.
5. Dimetil formamida.
6. Dimetil sulfóxido.
7. Nitrilo malónico.
8. Tetrametilo sulfonado.

A continuación y para dar término a las innumerables características de la fibra, se presenta un cuadro en el cual se trata de resumir estas propiedades, conjuntamente con otras fibras a manera de comparación.

TABLA COMPARATIVA DE PROPIEDADES FISICAS DE LAS FIBRAS:

A) PROPIEDADES FISICAS:

- 01 = Densidad específica.
- 02 = Absorción de humedad.
- 03 = Elongación en por ciento.
- 04 = Encogimiento en por ciento.
- 05 = Tenacidad en por ciento.
- 06 = Secado.
- 07 = Resistencia a los rayos solares.
- 08 = Resistencia a las bacterias.
- 09 = Resistencia a la abrasión.
- 10 = Resiliencia.
- 11 = Aislante térmico.
- 12 = Teñido.
- 13 = Plancha.

B) TIPO DE FIBRAS:

- A = Algodón.
- B = Lana.
- C = Seda.
- D = Rayón.

E = Nylon.
 F = Poliéster.
 G = Acrílica.

C) NOMENGLATURA:

B = Bucna.
 M = Mala.
 R = Regular.
 E = Excelente.
 F = Fácil.
 V = Tonos vivos.
 C = Caliente.
 C/V = Con vapor.
 T = Tibia.
 N = No.

	A	B	C	D	E	F	G
01	01.50	01.32	01.32	01.52	01.14	01.38	01.17
02	08.50	17.00	11.00	11.00	04.50	00.40	02.00
03	03-07	20-40	15-20	20-30	15-35	08-25	20-35
04	7.0-8.5	25-35	00.30	04.50	11.50	07.00	02.00
05	1.0-3.5	1.0-1.7	2.8-5.0	2.0-3.0	4.0-5.0	4.0-5.6	2.0-3.0
06	L	L	L	L	M	R	M
07	B	B	B	R	M	B	B
08	M	B	R	M	B	B	B
09	B	B	M	M	B	B	B
10	R	B	B	M	E	B	B
11	B	E	M	M	M	R	B
12	F	F	F	F	F	F	V
13	C	C/V	T	C	N	N	T

6.5 PRESENTACION DE LA FIBRA

La fibra acrílica se presenta de acuerdo a los requerimientos del cliente y al tipo de hilatura en que se vayan a trabajar. Así tenemos que la fibra se presenta a las hilaturas bajo dos diferentes formas:

- a) Cable (Tow).
- b) Greña (Staple).

6.5.1 CABLE (TOW)

El material presentado en forma de cable, deberá someterse a las operaciones de rompimiento con objeto de obtener una mecha o cinta de fibras discontinuas, que estén en posibilidades de ser sometidas a los procesos de hilatura.

Las máquinas de rompimiento o convertidoras se conocen generalmente con el nombre de Tow To Top, algunas de estas máquinas son las siguientes:

6.5.1.1. Seydel.

6.5.1.2. Turbo Stapler.

6.5.1.3. Pacific Converter.

6.5.1.4. Tomatex, Rieter, Warner & Swasey.

Las construcciones de estas máquinas utilizan principios de transformación que son bastante diferentes unos a otros; para dar una idea de lo mencionado, describiremos en forma muy ligera los principios en que se basan estas máquinas para realizar el rompimiento.

6.5.1.1 SEYDEL

El funcionamiento de esta máquina está basado en el estiraje progresivo del cable hasta su ruptura, aprovechando el coeficiente de variación del alargamiento de las fibras, esto significa que se puede obtener un diagrama de longitud de la fibra parecido al que se obtiene con las fibras de lana.

Este tipo de máquinas cuenta con un bastidor para presentar y alimentar los cables; además se tiene un dispositivo de barras de tensión, que tiene por objeto presentar una napa uniforme de ancho, tensión y paralelización. Entre más tenso esté el cable, será mejor ya que para un trabajo eficiente, cuenta mucho la presentación del cable en la primera zona de preparación.

Después de las barras de tensión, se encuentra la primera zona de pre-estiraje, que tiene por objeto tensar aún más la napa y hacer desaparecer las ondulaciones o el rizado que les pudiera quedar.

Inmediatamente después, se encuentran las placas calientes y las zonas sucesivas de pre-estiraje o preparación hasta llegar a la zona de rompimiento y post-rompimiento.

En la máquina Seydel, se encuentra al final una caja rizadora, con el objeto de rizar la mecha y darle cohesión a las fibras.

Las zonas en que se debe tener cuidado en estas máquinas son:

- a) Alimentación.
- b) Tensión en el bastidor.
- c) Longitud de bastidor.
- d) Ancho de la napa.
- e) Pre-estiraje.
- f) Presiones en los cilindros de presión.
- g) Enfriamiento de los cilindros.
- h) Zona térmica.
- i) Ecartamientos de rompimiento.
- j) Rizado y ondulaciones.

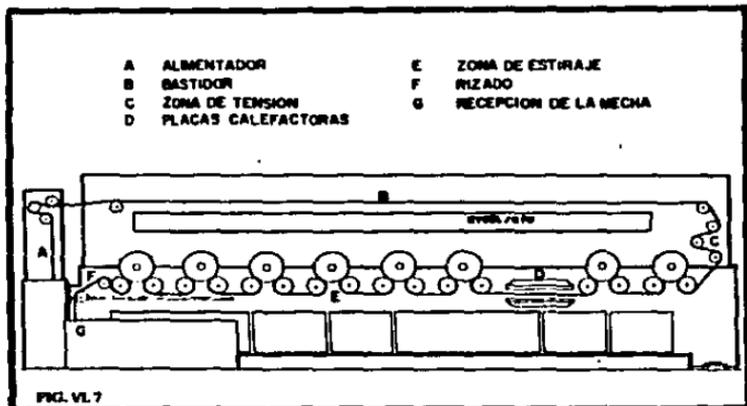
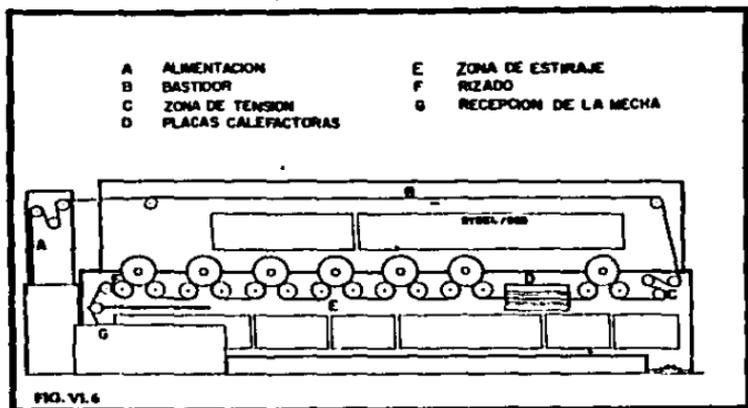
Para determinar estas condiciones de operación es necesario saber de la materia prima lo siguiente:

- a) Tipo de fibra.
- b) Denier.
- c) Lustre.
- d) Ensamaje.
- e) Porcentajes de humedad de la fibra.
- f) Peso de cable en g/m.

En las figuras VI.6. y VI.7. se muestran respectivamente, una máquina Seydel Mod. 633 y otra Mod. 670.

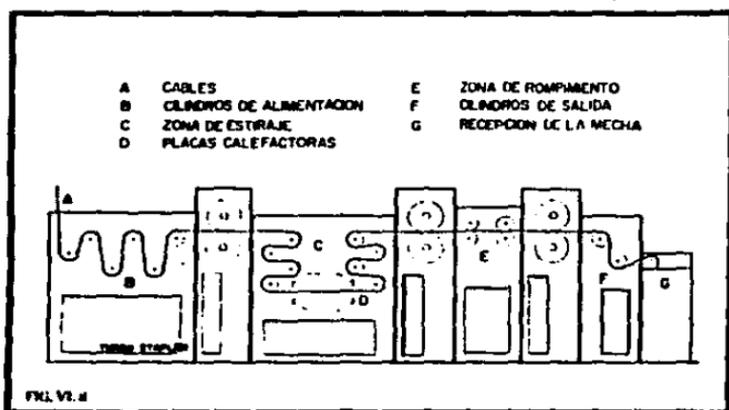
6.5.1.2 TURBO STAPLER

El principio fundamental de esta máquina (Ver fig. VI.8.) se basa en estirar los cables de acrílico en caliente para después romperlo por tracción mediante dos octágonos provistos de cuchillas.



En esta máquina también es necesario contar con un bastidor que controle la tensión individual de cada cable. Las condiciones de operación que se deben controlar para esta máquina, son las mismas que las de la Seydel (Ver inciso 6.5.1.1.), con la condición de que se debe tener en cuenta la velocidad de las cuchillas.

La desventaja que se tiene de esta máquina, es que siempre será necesario utilizar una máquina de post-rompimiento. Se utiliza la segunda máquina porque la primera no alcanza a romper todas las fibras. Esta operación adicional se aprovecha para hacer la mezcla de fibras retráctiles (alto encogimiento) y las no retráctiles para la elaboración de los hilos High Bulk.



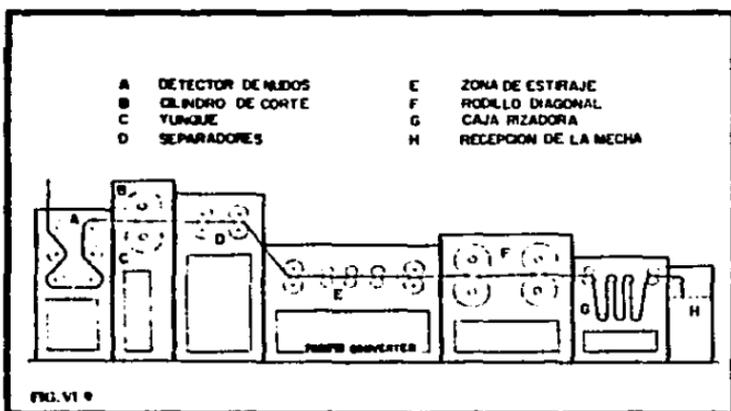
6.5.1.3 PACIFIC CONVERTER

Este tipo de máquina, es de las denominadas convertidoras o rompedoras en frío, ya que el cable de acrílico es sometido al rompimiento sin que haya recibido ningún tratamiento térmico previo.

Los cables ya reunidos se presentan en forma de napa regular cuando se encuentran en el bastidor, donde se equilibran las tensiones de los cables. La napa pasa en estas condiciones por la llamada zona de alimentación, para pasar posteriormente al órgano de corte el cual actúa por aplastamiento de las fibras entre un cilindro cortador o cuchillas de hojas helicoidales, contra un cilindro de acero pulido.

De este órgano de corte, la napa pasa entonces por una zona de estiraje, la cual elimina los períodos creados por el cilindro de corte, separa a las fibras pegadas en el extremo cuando éstas son presionadas, además de estirar y regularizar la mecha. Finalmente la mecha pasa por una caja rizadorora para dar cohesión a las fibras para tener una mejor operación de la fibra en la hilatura.

La longitud de la fibra deseada se obtiene haciendo variar el ángulo de las fibras con relación al eje del cuchillo, cuando éstas son presentadas al mismo. (Ver fig. VI.9.)



6.5.1.4 TEMATEX, REITER, WARNER & SWASEY

Igual que en la máquina anterior, el rompimiento del cable por este método se realiza en frío y consta básicamente de un órgano de corte en forma helicoidal apoyado sobre unos cilindros de acero pulido, en medio de los cuales pasa la fibra en forma de napa para su rompimiento. De la misma manera que las máquinas anteriores, la napa formada por los cables reunidos presenta un espesor regular para que el corte sea uniforme.

Posterior a la zona de corte, se encuentra acoplado un intersecting (intersector) el cual tiene por objeto separar las fibras, ya que éstas pasan a través de las agujas de los peines produciéndose una relativa paralelización de las mismas.

El número de peines y su velocidad, dependen de cada maquilador.

El corte oblicuo puede darse mediante un cuchillo en forma especial o por un desplazamiento lateral de los cilindros alimentadores.

La longitud de la fibra, está en relación directa con el diámetro del cuchillo y con la separación de las hélices.

Durante la transformación de la fibra, ésta debe tener una humedad adecuada, es decir, de 1.8% a 2.5% de humedad.

Con las máquinas anteriormente descritas, se puede transformar el cable en fibra pudiéndose procesar en los distintos tipos de hilatura.

6.6 SISTEMAS DE TRABAJO

La fibra acrílica debido a su versatilidad, puede ser hilada en cualquiera de los sistemas conocidos. La elección del sistema de hilatura, depende entre otros factores de la longitud de la fibra, el denier, el uso final para el cual vaya a ser destinado el hilo, etc.

6.6.1 SISTEMA ALGODONERO

Se llama sistema algodonoero, porque la maquinaria que se emplea es la utilizada para procesar algodón. Para que sea sistema algodonoero, no basta que se trabaje en este tipo de maquinaria, sino que las fibras sintéticas deben imitar las características del algodón, es decir, la fibra acrílica en este caso, debe ser producida tratando de igualar dichas características, esto es, longitud de corte, finura, tejido, etc.

Para trabajar en este sistema, se utiliza Greña o Staple; misma que deberá surtirse según las necesidades de cada cliente.

Las pacas de este material como de cualquier otro, deben ser abiertas para que se acondicionen al medio ambiente de trabajo, con una anticipación de por lo menos 48 h. Asimismo, las condiciones ideales que deben mantenerse durante el proceso, son las condiciones estandar, $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 65% de humedad relativa.

Este sistema está limitado por la maquinaria, ya que como se mencionó al principio del inciso 6.6. se trata de maquinarias diseñadas para trabajar fibras de algodón; que tienen unos valores micronaire de 4.2, 5.4 y 8.5 que en equivalencia al denier, corresponde a la longitud, ésta puede variar en algunas ocasiones desde 22 hasta 60 mm.

Por lo expuesto anteriormente, su fácil procesabilidad hace que la fibra acrílica sea ideal para trabajar en este sistema. A continuación se mostrará el proceso de hilado de esta fibra.

FLUJO DEL PROCESO DE HILATURA DEL SISTEMA ALGODONERO

En este flujo se mostrarán los pasos del proceso de transformación de una fibra a un lienzo con características propias que da cada material.

ACONDICIONAMIENTO APERTURA Y MEZCLA CARDAS ESTIRADORES		
VELOCES TROCILES		OPEN END
	DOBLADO TORCIDO ENCORDADO	
EMBOBINADO		ENMADEJADO
	ACABADO	

6.6.1.1 DEPARTAMENTO DE APERTURA Y MEZCLA

Como se mencionó anteriormente, el material debe tener un acondicionamiento previo de por lo menos 48 h.

Para garantizar un buen trabajo además de una buena mezcla, se deben procesar por lo menos seis pacas cuando se trate de acrílico 100%. A continuación pondremos como ejemplo un proceso, haciendo notar que las condiciones de trabajo varían de fábrica a fábrica.

A últimas fechas se ha venido rompiendo con lo tradicional en lo que se refiere a sistemas de hilado, debido al surgimiento de sistemas Open End, con el cual se elimina a un paso que se llama del veloz, aumentando en un 12% con relación al sistema antiguo.

Pero ya sea que se vaya a hilar en sistema Open End o en el sistema convencional, el proceso de preparación es necesario.

En el siguiente ejemplo, se utilizará una fibra con las siguientes características:

a) Tipo de fibra:	Acrílica
b) Presentación:	Greña
c) Denier:	03.0
d) Longitud de corte:	37.0 mm.
e) Lustre:	Brillante

6.6.1.2 BATIENTES

Es necesario que el batiente esté equipado con By-Pass, al fin de no someter la fibra a un trabajo enérgico; ya que ésta no lo necesita por carecer de impurezas. La función del batiente se limita a abrir las partes compactas de la fibra, formando el rollo que alimenta a la carda.

Los ajustes y velocidades con que se puede trabajar esta fibra en batientes son:

a) Batiente marca:	Trutzsheir
b) Ventilador sup.:	1,200 rpm
c) Devanadera Kirschner:	1,000 rpm
d) Ventilador inf.:	1,500 rpm
e) Golpes/pulgada:	40 golpes
f) Producción Teórica:	1,280 K/8 h.

* rpm: *Revoluciones por minuto.*

Se debe hacer notar que a juicio propio se deberá aumentar o disminuir la presión de las calandrias; se harán estos cambios por el esponjamiento natural de esta fibra.

6.6.1.3 CARDADO

El principio del cardado, es la operación básica en el proceso de hilatura, por lo que se le debe dar como consecuencia un buen hilado.

El cardado ideal, sería obtener una mecha libre de todo defecto o impurezas, así como también muy regular en número y peso.

Se puede llegar a lo ideal, teniendo en la carda los ajustes precisos, mismos que dependen del esmerilado y rigidez de las vestiduras. Es sabido que una vestidura floja no puede ajustarse correctamente contra dos órganos cardantes, para obtener la depuración de las fibras.

Indudablemente que se pueden utilizar vestiduras flexibles o rígidas. Sin embargo, son más recomendables las segundas. Debido a que la fibra acrílica posee mayor cohesión interfibras, de ahí la necesidad de utilizar ves-

tidura rígida. Por otro lado la carda puede estar equipada en lugar de Chapones, con Cardmaster de Hollings-Worth; y en lugar de peine oscilante con rodillos Variocard.

A continuación se presenta un ejemplo de las condiciones en que se podría trabajar la fibra acrílica con sus correspondientes ajustes:

CARACTERISTICAS

a) Masa alimentadora (Taker In)	0.010"
b) Gran tambor (Taker In)	0.007"
c) Gran tambor (Doffer)	0.003"
d) Peine oscilante (Doffer)	0.017"
e) Gran tambor chapones	0.015"
f) Gran tambor Rejilla post.	0.034"
g) Gran tambor, Rejilla med.	0.034"
h) Gran tambor, Rejilla ant.	0.250"
i) Gran tambor, Placa post.	0.010"
j) Gran tambor, Placa ant. arri.	0.022"
k) Gran tambor, placa ant. abj.	0.014"

VELOCIDADES

a) Velocidad Taker In	400 rpm
b) Velocidad Gran tambor	300 rpm
c) Velocidad Doffer	008 rpm
d) Velocidad Chapones	8 cm/min
a) Vestidura	Rígida
b) Producción teórica	40 kg/8 h.

6.6.1.4 ESTIRADORES

La fibra acrílica puede ser estirada en todos los tipos de estiradores, ya sean convencionales o de alta producción.

El recubrimiento de los rodillos, conviene que sea de hule antiestático, con una dureza no mayor a 83 Shore D, normalmente se utiliza poliuretano.

Es indispensable que al procesar este tipo de fibra, no se produzcan pinzajes entre los cilindros del tren de estiraje. Se recomienda la anterior para no dar lugar a irregularidades en el encogimiento de los hilos.

El número de pasadas por estirador, varía de 2 a 3. Lo más recomendable es que se den tres pasajes con objeto de homogeneizar la mecha en peso y en material.

Indudablemente que los ecartamientos están en relación directa con la longitud de la fibra que se está produciendo. Por un lado, si los ecartamientos están demasiado abiertos, el material se colgará debido a que no hay el correcto pinzaje de las fibras. En cambio, si los ecartamientos son muy cerrados, puede haber rotura de fibras. En ambos casos el estiraje será incorrecto y se provocarán enrollamientos, mala orientación de las fibras, etc., de ahí la necesidad de mantener constante vigilancia con la longitud de la fibra con objeto de proporcionar los ecartamientos adecuados.

Con relación al sistema utilizado en el proceso de algodón, se debe reducir la capacidad de los botes, ya que como se sabe, la fibra acrílica tiene mayor voluminosidad.

Con excepción de algunos cambios en los ajustes en los sistemas, esta fibra no requiere mayores cuidados con relación a la de algodón.

También se recomienda que todas las superficies que tengan contacto con la fibra, estén bien pulidas y limpias; ya que si no lo están, se irán juntando fibras que en un momento determinado se desprenden, formando partes gruesas y reduciendo la calidad del hilado.

6.6.1.5 PABILADO

La mecha proveniente del último paso de estirado (2. ó 3. paso), debe ser pasada a través de un pabilador, con objeto de reducirle el peso, aumentar la torsión y presentar un paquete que esté en posibilidad de trabajar en la simiente máquina.

Los únicos cambios que se recomienda hacer es aumentar la presión de los rodillos con objeto de que haya un correcto deslizamiento de las fibras, y como en el caso

anterior, también se recomienda que todas las superficies de contacto estén limpias y perfectamente pulidas.

Para que el pabilado obtenido no tenga irregularidades, conviene que tanto los rodillos como los cilindros no presenten desperfectos. Como desperfectos se pueden mencionar mellas, cortaduras, astillas, desgaste en la parte central y lateral del rodillo, etc. Todas las irregularidades que presenta la maquinaria, se traducirán en irregularidades en el pabilo, y por consecuencia en el hilo.

La fibra acrílica se puede trabajar en cualquier tipo de maquinaria textil, salvo pequeños ajustes que se deben efectuar.

6.6.1.6 HILADO

Como en el caso de los veloces, se debe aumentar la presión de los rodillos, la fibra acrílica se puede trabajar sin dificultad en los sistemas de estiraje existentes, sean de una o de doble banda.

Esta operación de hilado, se puede hacer de dos maneras: con alimentación doble o con alimentación sencilla. En algunos casos se elabora el hilo con doble alimentación para, cuando se trate de una mezcla de acrílico con otra fibra, o bien para dar al hilo mayor regularidad si se trata de acrílico 100%.

En algunos casos se recomienda reducir la velocidad de los husos aproximadamente en un 10% (9,000 RPM promedio), con el objeto de que el calor producido no afecte las propiedades físicas del hilo (elongación y elasticidad). Asimismo se debe tener cuidado con el cursor que se vaya a utilizar para controlar:

1. Dureza de la canilla.
2. Velocidad del hilo.
3. Calidad del hilo.
4. Roturas en el hilado, etc.

Las torsiones en el hilo acrílico, como en los demás hilos elaborados con fibras cortas, dependen en primer término del uso final a que vayan a ser destinados y del tipo de

máquinas en que vayan a ser tejidos estos hilos. Es sabido, que el hilo que va a ser destinado para urdimbre llevarán más torsiones que los hilos que serán destinados para trama.

6.6.2 SISTEMA LANERO

Se nombra sistema lanero, porque la manera de procesarse es similar al de la lana, para este propósito la fibra acrílica se fabrica tratando de igualar las características formales de la lana.

Para trabajar en este sistema, existen dos métodos principalmente:

1. El sistema de lana peinada y
2. El sistema de lana cardada.

6.6.2.1 SISTEMA DE LANA PEINADA

Este sistema se puede iniciar de dos formas, una de ellas es a partir de cable para convertir y la otra a partir de bobina o top, que es empacada desde la fábrica productora.

A manera de ilustrar el sistema de lana peinada se presenta el flujo de material dentro de una fábrica que cuenta con una rompedora.

**ROMPEDORA
RE-ROMPEDORA
AUTORREGULADOR
2 PASOS DE INTERSECTING
VELOZ O ROTOFROTADOR
CONTINUA
DOBLADO
TORCIDO
ENCONADO
ENMADEJADO
ACABADO**

La longitud de la fibra que normalmente se utiliza en este sistema varía de 82mm a 177 mm pudiéndose variar según las peticiones de cada cliente. Generalmente en este sistema se elaboran los hilos H.B. (Ver inciso 6.3.7.) que son

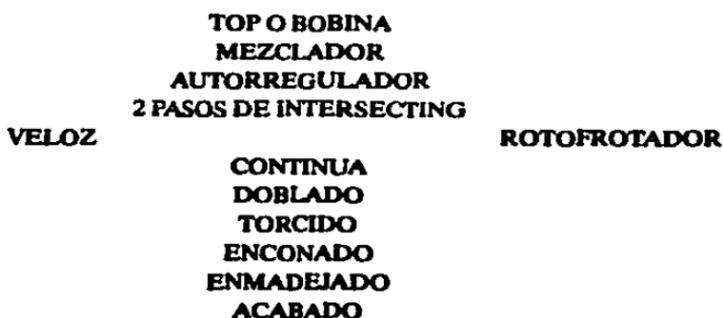
el resultado de mezclar un porcentaje de fibras no estabilizadas; los porcentajes de cada tipo de fibras fluctúan entre el 60% de las primeras y el 40% de las segundas.

Las fibras estabilizadas se obtienen por operación de vaporizado. Esta operación se realiza dentro de un autoclave que mantiene una temperatura que va de 110°C a 130°C, por un espacio de 30 minutos.

Después de un primer procesamiento dentro de una máquina especial (rompedora Seydel Modelo 670 como ejemplo) se obtiene un hilo que será pasado a encordado y purgado, doblado, torcido, enmadejado y acabado. Se debe hacer notar que para la elaboración de hilos H.B. se debe hilar de un 22% a 25% más delgado para que ya retrasados se obtenga el grosor deseado.

Otro sistema de procesar la fibra acrílica en el sistema de lana peinada es a partir de bobinas o tops. Este se puede iniciar con un mezclador o directamente en un autorregulador. Se recomienda el uso del primero con el objeto de obtener una mayor homogeneización del material, lo que da como resultado tonos más parejos en el teñido. Con el autorregulador sólo se logra una uniformidad en el peso por metro.

A continuación se muestra de manera esquemática el flujo del proceso de lana peinada a partir de bobinas.



6.6.2.2 SISTEMA DE LANA CARDADA

Este proceso se ha generalizado en el ramo de cobertores y tapetes en los que la regularidad no es de suma importancia. Los hilos fabricados con este método, se caracterizan por tener fibras largas que van de 60 mm. a 100 mm. con un aspecto burdo y con un menor número de torsiones, como característica formal es que son hilos gruesos.

A continuación se muestra el flujo del proceso de lana cardada a partir de greña:

**CARDA
PRIMER PASO ESTIRADOR
SEGUNDO PASO ESTIRADOR
CONTINUA**

Mencionaremos como ejemplo los hilos que se usan para tapete. Debido a que el material utilizado para la fabricación de tapetes, es material teñido en greña (preteñido), es recomendable que en el banco que se forme, intervengan fibras de varias pacas con el objeto de homogeneizar el color y no se encuentre al final diferencia en el tono. Como ya se mencionó, la longitud de la fibra debe variar entre 60 mm. y 100 mm., con un denier de 12 a 15.

Una vez que se haya formado el banco, se debe dejar ambientar (reposar) por lo menos durante 48 h antes de su procesamiento. Las condiciones que deben ser las normales para el buen desempeño durante el proceso son 20°C +- 2°C y de 60% a 65% de humedad relativa.

La carda se alimenta a mano directamente del banco. Esta debe contar con una carga de reserva para tener un nivel constante de material, asimismo los órganos cardantes deben estar recubiertos con vestidura rígida.

Este tipo de cardas a diferencia de las cardas que se utilizan para fibras cortas, están equipadas con rodillos llamados desborradores en lugar de chapones.

Los ajustes de los órganos deben ser más abiertos con relación a los que se utilizan para fibras hasta 60 mm., asimismo, debido a que la carda hace la función de apertura

y cardado, se debe trabajar con poca velocidad para conseguir la depuración de las fibras.

Con el objeto de que el equipo se conserve en buenas condiciones, es necesario vigilar algunos puntos importantes:

1. Tipo de vestidura.
2. Reafilado periódico.
3. Ajuste de las vestiduras sobre los órganos.
4. Estado mecánico en general.
5. Exceso de humedad en la fibra.

Este último punto es importante ya que si está muy húmeda la fibra, se puede adherir a cualquiera de los órganos, además puede provocar óxido en el sistema.

6.6.2.2.1 ESTIRADORES

Los estiradores, como los demás casos tiene como objeto principal homogeneizar el material, paralelizar las fibras y adelgazar las cintas con el paso siguiente.

Las cintas provenientes de cardas, alimentan a los estiradores en forma de doblados. Asimismo las cintas que salen del primer paso del estirador son alimentadas al segundo paso, también en forma de doblados.

Estos estiradores trabajan en forma similar a los estiradores que se utilizan para fibras cortas mencionadas anteriormente, con la diferencia que su construcción es la de una máquina más pesada.

6.6.2.2.2 CONTINUA

Las continuas son alimentadas con las cintas que salen del segundo paso del estirador. No es necesario que pase por veloz, ya que el hilo por elaborar es sumamente grueso, con relación a los que se elaboran para aplicaciones textiles.

Ya que en este sistema por lo general se utiliza fibra preteñida, la única operación después del hilado es la de enconado para posteriormente tejerse en cobertores o tapetes.

6.6.3. SISTEMA AMERICANO:

El sistema americano originalmente fue ideado para iniciarse a partir de bobinas de mecha o tops. Estas bobinas se introducían en forma de doblados al autorregulador, el cual daba a la mecha producida un peso/metro constante.

El siguiente paso del proceso en donde se introducía, era a un estirador llamado Roto Drafter, con un sistema de estiraje tres sobre cinco. En este paso como en los demás estiradores, también se trabaja a base de doblados, la cantidad de doblados depende del peso/metro deseado por obtener.

Como segundo paso se utilizaba al estirador llamado Rolo Drafter. Este estaba equipado con un sistema de peines móviles montados en un cilindro, los peines tenfan por objeto peinar el material, paralelizar las fibras y estirar.

Al salir el material de este segundo paso de estirador, pasa al veloz para formar el pabilo y por último a la continua para ser hilado.

El flujo del proceso anterior, se sintetiza de la siguiente manera:

AUTORREGULADOR
ROTO DRAFTER
ROLO DRAFTER
VELOZ
CONTINUA

Se debe hacer notar que este sistema de hilatura ha caído en desuso. Esta decadencia del sistema se ha debido a varios factores y el sistema que se ha adoptado es el sistema de Lana Peinada (Ver 6.6.2.1.).

6.6.4 MEZCLA CON FIBRAS NATURALES O SINTÉTICAS

Las mezclas que se pueden lograr con la fibra acrílica, son muy variadas desde su versatilidad. La mezcla se puede lograr en forma íntima, es decir, hacer la mezcla durante el proceso de hilado (en estiradores), otra manera de mezclar es en forma de doblador, torciendo un cabo de acrílico y otro

cabo de otro material, una tercera manera de mezclar material, es en el tejido, ya sea plano o de punto.

Al efectuar la mezcla íntima, no se debe olvidar igualar las condiciones de trabajo de las fibras en cuestión, como son: longitud, finura, etc. Para la elección de la longitud de corte, se debe analizar y tener conocimiento del tipo de fibra con que se vaya a mezclar, así como también el sistema de hilatura que se vaya a utilizar.

Por ejemplo, la fibra acrílica se puede mezclar con fibra de algodón y al procesarse se hará invariablemente en maquinaria propia para esta última fibra. Se dice entonces que la fibra acrílica es de tipo algodonerero para tener ciertas características de la fibra mencionada. Las mismas consideraciones y observaciones se harán si se va a mezclar con fibras de lana o de cualquier otra índole.

La sección transversal de las fibras es de importancia, ya que ésta afecta el tacto, el brillo de la prenda o del artículo.

Se ha comprobado por estudios y análisis llevados a cabo, que las fibras con sección transversal plana producen brillo y buen poder de cobertura pero con tacto áspero. En cambio, las fibras con sección transversal circular, dan hilos con tacto agradable y suave, pero con escaso poder de cobertura.

Otro punto que se considera importante y que resulta de la diferencia de finura en las fibras, es la migración de éstas. En el hilo se va presentando de varias formas:

1. Las fibras más largas quedarán en el centro del hilo.
2. Las fibras más gruesas tenderán a irse a la superficie del hilo.
3. Las fibras de mayor elongación migrarán hacia la superficie del hilo.
4. Las fibras con memoria para retractarse, se acomodarán en el centro del hilo. Esta cualidad se aprovecha para la fabricación de los hilos HB. (Ver incisos 6.3.7. y 6.6.2.1.).

Entre otras mezcla que se pueden llevar a cabo, se mencionan las siguientes:

1. Acrílico/Algodón.
2. Acrílico/Poliéster (fibra corta).
3. Acrílico/Poliéster (filamento).
4. Acrílico/Nylon (fibra corta).
5. Acrílico/Nylon (filamento).
6. Acrílico/Lana.
7. Acrílico/Mohair.
8. Acrílico/Lino.
9. Acrílico/Acetato, etc.

Como se mencionó anteriormente, la mezcla que se lleve a cabo, dependerá del uso final en que se vaya a utilizar.

6.7 USOS FINALES

En el momento actual en que el mercado textil dispone de un numeroso grupo de fibras sintéticas y dentro de cada grupo se cuenta con una cierta variedad de tipos. Es sumamente importante el conocimiento de las propiedades de cada una de ellas, para encontrar las aplicaciones idóneas, es decir, aquellas donde las prerrogativas de cada fibra encuentre pleno resultado.

De esta manera ya se han establecido determinados campos de la actividad textil donde las fibras encuentren sus más valiosas aplicaciones así como otro donde las limitaciones de su propiedad impiden o producen sus posibilidades.

Así como en el campo de las medias encuentran las poliamidas su mejor exponente, el poliéster y el polipropileno han conquistado campos específicos con crecientes desarrollos. El poliéster por ejemplo, se ha utilizado bastante en ropa exterior de damas y caballeros como son las blusas, los conjuntos, los trajes y los pantalones, mientras tanto el polipropileno es líder en el ramo de los sacos para

la industria del azúcar. Las fibras acrílicas por su parte han encontrado aplicaciones en una gran variedad de campos; lo que las ha ayudado sin duda son sus peculiares características, las formas en que la fibra acrílica se puede presentar y sus formas de procesamiento. Todo ello ha contribuido a que este tipo de fibras sea base de productos de gran versatilidad con aplicaciones en campos tradicionalmente ocupados por las fibras naturales. Aparte de las creaciones o desarrollos propios que ha dado origen la fibra acrílica, ésta se está utilizando en la ropa, en los artículos para el hogar, en usos industriales, etc. Estas aplicaciones que han dado origen a una gran variedad de productos van en continuo aumento para satisfacer necesidades específicas de precio, colorido, resistencia, confort y moda.

6.7.1 USO PERSONAL

Las interesantes propiedades y características de los hilos H.B. (Ver incisos 6.3.7. y 6.6.2.1.), han dado un mercado sumamente extenso en lo que se refiere a su empleo en prendas de vestir para damas, caballeros, niños y bebés.

Se aprovechan las cualidades de suavidad, poco peso y colores brillantes, facilidad de lavado y secado rápido, las prendas se convierten en lavar y usar. Las aplicaciones de la bonetería exterior incluye naturalmente el uso de hilos acrílicos, tejidos en máquinas circulares de tejido de punto y rectilíneas.

En los artículos de punto para bebé, han encontrado un campo extremadamente receptivo. El tono de blanco que se logra con la fibra acrílica, su notable suavidad y las propiedades de lavado fácil y secado rápido, han conducido a su desarrollo en el sector de ropa para bebé, sometido a las exigencias de presentación y lavados repentinos sin producirse afieltratamientos, encogimientos, ni amarillamientos.

Las prendas íntimas elaboradas con fibra acrílica 100%, tienen la propiedad de ser suaves, abrigadas y no se encogen; en consecuencia se cuenta con buena estabilidad a los lavados repetidos. Se consigue asimismo buena adap-

tabilidad al cuerpo y buena disipación de la transpiración, lo que favorece el confort.

Como se mencionó en el inciso de las mezclas (Ver inciso 6.6.4.), se aprovechan las cualidades de una y otra fibra, para obtener un artículo final que reúna mejores características.

Generalizando se dice que los artículos anteriormente mencionados, son hechos normalmente en tejido de punto, sobre máquinas rectilíneas o circulares, donde la resistencia del hilo y el buen desempeño favorece su elaboración.

En los tejidos de pie y trama, se aprovecha al máximo las cualidades de inarrugabilidad e indeformabilidad para la producción de telas plizadas en el caso de las telas para dama, el brillo de los colores es un factor muy importante para la aceptación.

Otro campo que también abarca la fibra acrílica, es el de los abrigos, trabajada en sistema lana cardada (Ver inciso 6.6.2.2.), con el que se logra tactos y colores agradables, así como gran poder de cobertura. Si la fibra acrílica se mezcla con lana para la elaboración de abrigos de caballero, se obtienen prendas vistosas y livianas.

Por último debemos hacer mención de la creciente difusión que en el campo de estampados ha tenido la fibra acrílica. Las combinaciones de colores que se logran, son como en los demás casos muy vistosos y los hilos que se utilizan son generalmente elaborados en sistema algodónero (Ver inciso 6.6.1.).

6.7.2 USO EN EL HOGAR

Un campo donde tiene amplia aplicación la fibra acrílica, es en el ramo de alfombras y tapetes.

En las alfombras en donde se observa otras de las cualidades de esta fibra, es la resistencia, la cual no se encuentra en tal proporción en ninguna otra fibra sintética hasta ahora producida. Por resistencia se entiende una especial elasticidad interna que se manifiesta como una reacción a cualquier acción de perturbación que sufre el edificio cristalino de la fibra por acciones mecánicas tendientes a modificar la estabilidad alcanzada por la misma.

Una de las manifestaciones claramente visibles de la resistencia, es el comportamiento a la compresión a que normalmente se somete este tipo de aplicaciones, la fibra tiende a retornar invariablemente a su posición y forma original cuando cesa la fuerza que provoca su deformación.

Las fibras acrílicas gozan de la propiedad de resiliencia en alto grado y la recuperación es más rápida que en otras fibras dotadas de la misma propiedad.

Al mismo tiempo la solidez de los colores que se logran en las alfombras, la facilidad de lavado, secado y desmanchado (ver inciso 6.4.) se han agregado a las ventajas citadas con anterioridad. La limpieza se lleva a cabo en forma sencilla y rápida, ya que la poca higroscopicidad de la fibra impide la penetración de las manchas y la fijación de las partículas que por causa de la humedad pueden tener tendencia a penetrar en el tejido. Otro uso que se ha generalizado y además ha dado buenos resultados, es el uso de la fibra acrílica para la confección de cortinas y tapicería.

En cortinas se aprovecha la cualidad de no degeneración por los rayos solares y su buena solidez a la luz. En tapicería se aprovecha la suavidad unida a las ya mencionadas características de colores brillantes y sólidos. La blandura de estas telas facilita el forrado de sillas, sillones, asientos, respaldos, etc., éste es un factor muy importante, así como su resistencia a la abrasión y su resistencia a la luz. Otros usos que se le ha dado a la fibra acrílica es en mantelería, carpetas, pantallas para lámparas, accesorios para la cocina, artículos para el baño, juegos infantiles, etc.

6.7.3 USO INDUSTRIAL

En el sector industrial, también ha tenido gran difusión la fibra acrílica especialmente por su buena resistencia a los álcalis y ácidos, disolventes y líquidos corrosivos (Ver inciso 6.4.); al mismo tiempo por la poca absorción de la fibra, lo cual contribuye a esta finalidad.

La fibra acrílica se puede utilizar 100% o en mezclas con algodón en artículos como delantales y ropa especial de trabajo.

También debemos hacer mención de las numerosas aplicaciones en que aparecen las fibras acrílicas en el sector técnico e industrial, donde se aprovechan entre otras cualidades la resistencia a los agentes químicos. Es común encontrar filtros de distinto tipo, tales como filtro para aire caliente y de humos, ya que resiste los gases con humedad y corrosivos.

También encontramos que la fibra acrílica, se puede utilizar en delantales de laboratorio y en plantas de productos químicos, donde se aprovechan además de la resistencia a los agentes químicos ya mencionados su fácil lavado y desmanchado.

6.7.4 OTROS USOS

6.7.4.1 MEDIAS

Una de las aplicaciones en que ha tenido gran auge, es en el campo de las medias, ya sean de fibra acrílica 100% o en mezclas con lana o nylon. Las propiedades de no encoger, resistencia al afieltramiento, cobertura, duración y facilidad de lavado, han favorecido su popularidad. En el caso de las medias deportivas los colores brillantes obtenidos con el acrílico han favorecido su difusión.

6.7.4.2 CALCETINES

También en este renglón ha tenido grandes aplicaciones la fibra acrílica, ésta se puede mezclar con lana o nylon o en su defecto emplearse al 100%. Utilizando la fibra acrílica, se obtienen prendas de calidad, resistencia, variedad de colorido y por transpirar no provoca hongos en los pies.

6.7.4.3 HILADOS PARA TEJER A MANO

En estos artículos se aseguran las valiosas propiedades señaladas para las prendas de uso en cuanto al tacto. Voluminosidad del hilo y brillo de colores, a lo que se le agrega el menor consumo de material derivado del mayor poder de cobertura y de su menor peso específico, facilidad de cuidado ya que no se enfiltra y se obtienen colores sólidos.

6.7.4.4. MANTAS Y FRAZADAS:

La utilización de la fibra acrílica en la fabricación de cobertores en general, permite realizar un producto que se distingue por su reducido peso específico, voluminosidad, tacto agradable y marcado sentido del confort.

Los cobertores se pueden fabricar partiendo del sistema clásico (hilos cardados) o en el sistema tejidos no tejidos, tiñéndose en fibra o en pieza. En estos artículos, como se mencionó se obtiene mayor ligereza y a la vez mayor abrigo o mayor defensa al frío.

La cualidad de ofrecer resistencia a la polilla, también significa una gran ventaja para estos artículos que permanecen largo tiempo en depósitos. Asimismo por ser artículos de larga duración, requieren de un mantenimiento seguro y fácil. Puede resistir lavados continuos así como desinfecciones en el caso de hospitales, escuelas y hoteles. Poseen buena estabilidad dimensional después de repetidas lavadas, aparte de que no sufren afieltramiento manteniéndose suaves con sus cualidades iniciales.

Las frazadas elaboradas con fibra acrílica poseen también las cualidades mencionadas (fácil lavado, secado rápido, ligereza, etc.). En las frazadas se aprovecha su poco peso para usos militares, significando un ahorro en peso hasta de un 30%. Por esta misma característica y demás propiedades ha encontrado un uso generalizado en frazadas en los aviones.

6.7.4.5 IMITACION DE PIEL

Las fibras acrílicas tienen creciente empleo en vistosas imitaciones de piel elaboradas en máquinas convencionales, (Wildan, Tufing, etc.). Se consiguen prendas prácticas y elegantes. También se utiliza bastante en la fabricación de peluche en sus distintos tipos.

6.7.4.6 TELAS PARA BANDERAS

La alta resistencia de la fibra acrílica a la luz solar y a los agentes atmosféricos combinados, le hacen ideal para la confección de banderas de distinto tipo. La solidez y brillo de los colores logrados se unen a la importante propiedad de secado rápido, lo que permite que la bandera flamee al

poco tiempo después de la lluvia para cumplir su misión de visibilidad y señalización. Con todo ello se asegura también una mayor duración del producto, lo que viene a sumar a las anteriores, ventajas económicas.

6.7.4.7 TOLDOS, MUEBLES DE JARDIN, CUBIERTAS DE LANCHAS

Estas son otras aplicaciones que permiten un ventajoso empleo de la fibra acrílica. Los toldos se utilizan para la protección del sol, la lluvia y en general de los agentes atmosféricos contra los que la fibra acrílica ofrece gran resistencia.

En los muebles de jardín, se aprovecha la viveza de los colores y la resistencia a los agentes atmosféricos mencionados, así como también su facilidad de lavado y desmanchado.

Estas mismas características se aprovechan para la elaboración de cubiertas para lancha ya que además de resistir a los agentes atmosféricos, resiste al agua salada de mar.

6.7.4.8 ARTICULOS PARA MONTAÑA

En pantalones y guantes que se usan en alta montaña, se utiliza la fibra acrílica para aprovechar la propiedad de abrigo y su escasa higroscopicidad, lo que impide la formación de hielo dentro del tejido y la absorción de la nieve.

Todos los artículos y usos finales antes mencionados, sólo son parte de la gran gama de los que se puede lograr con la fibra acrílica.

CAPITULO 7

ACRILICOS PARA USO ODONTOLOGICO

7.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Existen muy pocos antecedentes históricos de la ciencia de los materiales dentales, a pesar de que la práctica odontológica se remonta a épocas anteriores a la era cristiana. Fenicios y etruscos, por ejemplo, utilizaron bandas de oro para la confección de prótesis parciales. Las láminas de oro fueron utilizadas con fines de restauración dental durante tan prolongados periodos que se desconoce la época en que se originaron.

Se dice que la odontología moderna comienza en el año 1728, cuando Fauchard publica un tratado en el que describe muchos tipos de restauraciones artificiales de marfil. Posteriormente, en 1756, Plaff describe la técnica para obtener impresiones de la boca en cera, impresiones que utiliza para la confección de un modelo en yeso. El año de 1792 es una fecha importante ya que Chamant patenta un proceso para la elaboración de dientes de porcelana; a esto, en los albores del siglo siguiente, sigue la introducción de la incrustación de porcelana.

Es evidente que muchos de los materiales de restauración y accesorios que se utilizan en la actualidad se emplearon anteriormente, aunque solo hace poco se comenzó a disponer de alguna información científica sobre ellos.

El primer despertar de importancia se produce a mediados del siglo XIX, cuando se da comienzo a los estudios de investigación en amalgama. Por la misma época se publican estudios sobre porcelana y oro en hojas. Estos progresos más bien esporádicos en los conocimientos culminan con la brillantes investigaciones de G. V. Black, iniciadas en 1895.

Con la aparición y desarrollo de los plásticos a principios de este siglo, la odontología encuentra un material excelente para la restauración, moldeo, producción, etc., tanto de piezas dentarias naturales como de artificiales, desplazando a materiales tradicionales por motivos estéticos y económicos principalmente.

El impacto que han causado estos productos sintéticos en este campo, han generado nuevas investigaciones para la producción de nuevos polímeros o la adecuación de los existentes para nuevos usos.

7.2 GENERALIDADES

Las resinas plásticas se pueden clasificar por su comportamiento térmico en termoplásticas o en termofijas, las primeras se caracterizan si el moldeado se produce no por modificaciones químicas, sino por el ablandamiento mediante calor y presión, y ulterior enfriamiento. Las resinas de este tipo son fusibles y suelen ser solubles en disolventes orgánicos. Si durante el proceso de moldeado se produce una reacción química de manera tal que el producto final que se obtiene es diferente de la substancia original, desde el punto de vista químico, la resina es clasificada como termofija o termocurable. Las resinas termocurables no se funden ni solubilizan. (Para ampliar inf. ver capítulo 1.).

7.2.1 RESINAS DENTALES

Los odontólogos usan muchas clases de plásticos sintéticos. Las resinas empleadas para la restauración de dientes naturales, ausentes o estructuras dentales perdidas, son de las que nos ocuparemos principalmente en este capítulo.

La base de dentaduras (la parte de la prótesis que se apoya sobre los tejidos blandos de la boca) se confeccionan habitualmente en resina; muchas veces, los dientes artificiales también son de plástico, los productos que se utilizan para restaurar una picadura dentaria después de su tratamiento pertenecen muchos de ellos a materiales sintéticos.

La resina sintética usada con mayor frecuencia en odontología es la resina acrílica, polimetacrilato de metilo. Sin embargo hay tanto tipos diferentes de resinas acrílicas, y constantemente siguen apareciendo más, que el odontólogo no puede limitar su conocimiento a una resina específica.

El motivo por el cual las resinas dentales actuales se hallan más o menos limitadas a las de metacrilato de metilo y otros polímeros de metacrilato es que son las únicas resinas conocidas que proporcionan, con técnicas relativamente simples, las propiedades esenciales para el uso en boca.

Los requisitos ideales para una resina de uso dental son los siguientes:

1. El material debe tener la suficiente translucidez o transparencia para reproducir estéticamente los tejidos que ha de reemplazar. Debe ser capaz de ser pigmentada con esa finalidad.
2. No debe experimentar cambios de color o aspecto después de su procesamiento ni dentro de la boca ni fuera de ella.
3. No debe dilatarse, contraerse ni curvarse durante el procesamiento ni mientras la use el paciente. En otras palabras ha de tener estabilidad dimensional.
4. Debe poseer resistencia, resiliencia y resistencia a la abrasión adecuada para soportar el uso normal.

5. Debe ser impermeable a los líquidos bucales para que no se convierta en insalubre, o de olor y sabor desagradable. Si se utiliza como material de obturación o cemento, debe unirse químicamente a la pieza dental.

6. Debe ser completamente insoluble en los líquidos bucales o cualquier sustancia que ingrese en la boca, y no presentar manifestaciones de corrosión. No debe absorber tales líquidos.

7. Debe ser insípida, inodora, no tóxica ni irritante para los tejidos bucales.

8. Su gravedad específica debe ser baja.

9. Su temperatura de ablandamiento será muy superior a la de cualquiera de los alimentos o líquidos calientes introducidos en la boca.

10. En caso de rotura inevitable, debe ser posible reparar la resina, fácil y eficazmente.

11. La transformación de la resina en aparato protético debe efectuarse fácilmente con un equipo simple.

No se ha hallado aún la resina que cumpla con todos los requisitos arriba enumerados, pero las acrílicas cumplen con eficacia en la gran mayoría de las anteriores.

7.3 TIPOS DE RESINAS

Según lo antedicho, para que una resina sintética sea útil en odontología, debe poseer cualidades excepcionales en lo que respecta a su estabilidad química y dimensional, como también cualidades que hagan fácil su preparación; ha de ser resistente, dura, y no ser frágil. Se mostrarán a continuación algunos tipos de resinas de posible interés odontológico.

7.3.1 VINILICAS

Como la mayoría de las resinas polimerizables, las vinílicas derivan del etileno. El etileno es la molécula más simple ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$) capaz de polimerizarse, y por ello una gran cantidad de resinas comerciales son derivadas de este monómero. Dos de los derivados del etileno de especial interés son el cloruro de vinilo y el acetato de vinilo.

Después de la polimerización del policloruro de vinilo, se transforma en una resina clara, dura, insípida e inodora. Oscurece al ser expuesta a la luz ultravioleta y salvo que se le plastifique, cambia de color cuando se la calienta a temperaturas cercanas a las del punto de ablandamiento para moldearlas.

Por otra parte, el poliacetato de vinilo es estable a la luz y al calor, pero su punto de ablandamiento (35 a 49 °C) es anormalmente bajo. Polimerizando los monómeros de cloruro de vinilo y acetato de vinilo en proporciones variables, se obtienen resinas copolímeras muy útiles.

En una oportunidad se usó un copolímero cuya composición aproximada era de 80% de PVC y 20% acetato de vinilo para confeccionar bases de dentaduras. La resina resultó excelente desde todo punto de vista, excepto que era imposible regular la distribución del peso molecular. El peso molecular promedio era tan alto que la temperatura de moldeo empleada no fue suficiente para ablandar convenientemente la resina durante el moldeo. Así, se inducían muchas tensiones y deformaciones permanentes. En vez de ser liberadas por relajación, las tensiones reducían el límite de durabilidad de la resina y las prótesis se fracturaban en el medio del reborde anterior y la región palatina a poco tiempo de ser usadas.

7.3.2 POLIESTIRENO

Cuando un radical benceno se une a un grupo vinilo da estireno o vinil-benceno. Este monómero polimeriza por adición en la forma corriente y produce poliestireno (polivinil-benceno).

El poliestireno es una resina transparente de tipo termoplástico. Es estable a la luz y muchos reactivos químicos, aunque es soluble en ciertos disolventes orgánicos. Tuvo poca aplicación en la confección de bases de dentaduras.

El poliestireno copolimeriza con una cantidad de resinas. Su copolímero con el divinilbenceno es de interés porque forma un polímero de unión cruzada. Por ejemplo, un solo mol de p-divinil-benceno copolimeriza con 40 000

moles de estireno y da un polímero de cadena cruzada que es insoluble e infusible.

7.3.3 EPOXICAS

Otra familia de resinas de interés reciente para la odontología es la epóxica. Estas resinas moldeables por calor pueden ser curadas a temperatura ambiente y poseen características únicas en lo que se refiere a la adhesión a diversos metales, madera y vidrio, a la estabilidad química y a la resistencia. La molécula de la resina epóxica se caracteriza por los grupos reactivos epoxi u oxirano, que sirven como puntos terminales de polimerización. En este grupo, el anillo se halla en estado algo inestable y es propenso a abrirse y combinarse con compuestos que tienen hidrógeno disponible. La cadena cruzada se establece con facilidad.

Estas resinas epóxicas, que por lo general son líquidos viscosos a temperatura ambiente, se curan mediante un reactivo intermediario que une las cadenas. Los agentes principales de la unión cruzada son aminas polifuncionales primarias y secundarias, tal como la dietilenotriamina.

Aunque las aminas son las más utilizadas, también es posible emplear otros agentes tales como ácidos polibásicos, trifluoruro de boro y ciertos anhídridos.

Se han ensayado varias resinas epóxicas para la elaboración de materiales para bases de dentadura. La mezcla de resina se vacía en una mufla (molde) y se hace el curado a baja temperatura. Aunque a estas resinas se le adjudicaron ciertas ventajas, no fue posible eliminar del todo algunos problemas tales como estabilidad de color, sorción de agua y sensibilidad del paciente de los productos creados. Se registró que algunos de los agentes de curado del grupo de las aminas eran irritantes, mientras que otros producían reacciones muy leves en los tejidos.

Una resina basada en un material epóxico se está usando como material de restauración. Esta resina es en realidad un producto de la reacción del ácido metacrílico con el éter diglicérfico de difenol-A, pero los grupos reactivos funcionales de la molécula son acrílicos. Esta resina es

denominada, como sistema BIS-GMA. Se cree que la estructura principal de la molécula, como parte de fórmulas compuestas, proporciona mayor tenacidad y otras propiedades convenientes.

7.3.4 ACRILICAS

Las resinas acrílicas son derivados del etileno y contienen un grupo vinilo con su fórmula estructural. Hay por lo menos dos series de resinas acrílicas de interés odontológico. Una serie deriva del ácido acrílico:



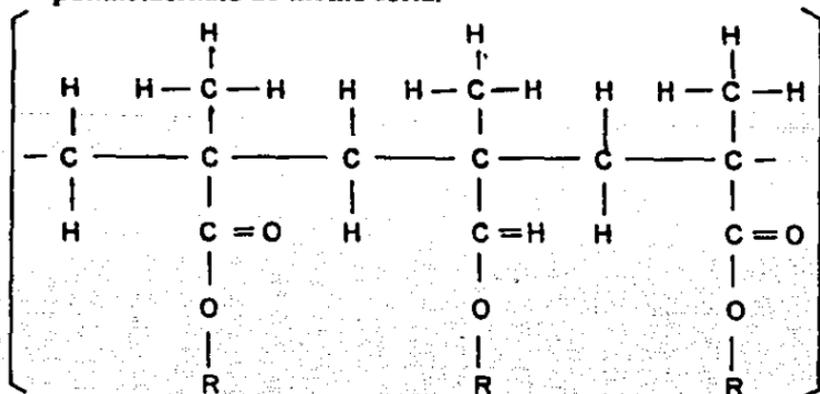
y la otra del ácido metacrílico:



Estos dos compuestos polimerizan por adición de la manera corriente.

Aunque los poliácidos son duros y transparentes, su polaridad, emparentada con el grupo carboxilo, permite que embeban agua. El agua tiende a separar las cadenas y favorece el ablandamiento y pérdida de resistencia generales. Por lo tanto, no se las usa en la cavidad bucal.

Sin embargo, los ésteres de estos poliácidos, revisten considerable interés para la odontología. Si, por ejemplo, R representa cualquier radical éster, la fórmula de un polimetacrilato de metilo sería:



Como sabemos que teóricamente R puede ser casi cualquier radical orgánico o inorgánico, es evidente que pueden formarse miles de diferentes resinas acrílicas. Esta consideración no incluye las posibilidades de copolimerización, que son aún mayores.

Hasta que la cadena lateral se alarga considerablemente, cuando más larga sea la cadena lateral, más baja es la temperatura de ablandamiento. El polimetilmetacrilato es la resina más dura de la serie, con la temperatura de ablandamiento más alta. El metacrilato de etilo posee punto de ablandamiento y dureza superficial inferiores; el metacrilato de propilo-n, es más blando aún, y así sucesivamente. Si se usa como agente esterificante un isómero de cadena recta, es interesante hacer notar que la temperatura de ablandamiento aumenta por sobre la de los compuestos de cadena recta normal. Por ejemplo, la temperatura de ablandamiento del polimetacrilato de isopropilo, es superior a la del polimetacrilato de etilo, a pesar de que la temperatura del polimetacrilato de propilo-n es de solo 38 grados Centígrados. A medida que el peso molecular de los grupos alquílicos de cadena recta aumenta, el punto de ablandamiento sigue descendiendo hasta que se llega al estado líquido a temperatura ambiente. El polimetacrilato de dodecilo (monómero, $\text{CH}_2=\text{CH}_3 \text{COOC}_{12}\text{H}_{25}$), pongamos por caso, es un líquido viscoso a temperatura ambiente. Algunas resinas, como las obtenidas por adición de los polímeros de isobutileno pueden ser líquidas a temperaturas tan bajas como -70°C .

La esterificación con un alcohol aromático eleva el punto de ablandamiento, aún cuando los pesos moleculares de los compuestos esterificados aromáticos y alifáticos sean casi los mismos; esto está ilustrado por el punto de ablandamiento relativamente alto del polimetacrilato de fenilo, como se observa a continuación:

PRODUCTO	°C
Polimetacrílico de Metilo	125.0
Polimetacrílico de Etilo	065.0
Polimetacrílico de Propilo-n	038.0
Polimetacrílico de Isopropilo	095.0
Polimetacrílico de Butilo-n	033.0
Polimetacrílico de Isobutilo	070.0
Polimetacrílico de Butilo-sec	062.0
Polimetacrílico de Amilo-ter	076.0
Polimetacrílico de Fenilo	120.0

* *Temperatura de ablandamiento de ésteres de polimetacrilato.*

7.3.4.1 METACRILATO DE METILO

El polimetacrilato de metilo propiamente dicho no se usa en gran escala para procedimientos de moldeado en odontología. En cambio, el monómero líquido, metacrilato de metilo, es mezclado con el polímero, un polvo. El monómero disuelve parcialmente al polímero y todo se convierte en una sola masa plástica. Se ataca la masa dentro de un molde, y el monómero polimeriza de una de las maneras explicadas. Es por ello que el monómero, metacrilato de metilo, tiene considerable importancia en la odontología.

El metacrilato de metilo es un líquido transparente y claro a temperatura ambiente con las siguientes propiedades físicas: punto de fusión, de $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$, punto de ebullición de $100.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, densidad de 0.945 g/cm^3 a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y calor de polimerización de 12.9 kilocalorías por mol. Presenta elevada presión de vapor y es un excelente disolvente orgánico. Aunque la polimerización del metacrilato de metilo puede ser iniciada por la luz ultravioleta o el calor, en odontología es práctica común iniciarla mediante iniciadores químicos.

Las condiciones para la polimerización del metacrilato de metilo no son decisivas, toda vez que la reacción no sea demasiado rápida. El grado de polimerización varía con las condiciones de polimerización, tales como temperatura, método de activación, tipo de iniciador usado y su concentración, pureza de los productos químicos, y factores

similares. En razón de que polimerizan con facilidad en la práctica, los monómeros de acrílico son de particular utilidad en la odontología. Muchos otros sistemas de resinas no polimerizan a temperatura ambiente en presencia de aire.

Durante la polimerización del monómero puro se produce una contracción volumétrica del 21%.

7.3.4.2 POLIMETACRILATO DE METILO

El polimetacrilato de metilo es una resina transparente de claridad notable, es una resina dura, y su número de dureza Knoop es de 18 a 20. Su resistencia a la tracción llega a unos 600 kilogramos por centímetro cuadrado (8 500 libras por pulgada cuadrada) y su gravedad específica es de 1.19. El módulo de elasticidad es de alrededor de 24 400 Kg/cm² (350 000 libras por pulgada cuadrada).

La resina es extremadamente estable; su color no se altera con la luz ultravioleta y no envejece con el tiempo. Es químicamente estable al calor; se ablanda a 125 °C (260 °F) y puede ser moldeado como un material termoplástico. Entre esta temperatura y los 200 °C (400 °F) tiene lugar la depolimerización. Aproximadamente a los 450 °C (850 °F) el 90% del polímero se depolimeriza y se transforma en el monómero de partida. El polimetacrilato de metilo de alto peso molecular se degradará e irá convirtiéndose en un polímero inferior a medida que produzca monómero.

Como toda resina acrílica, el polimetacrilato de metilo tiene tendencia a incorporar agua mediante el proceso de imbibición. Su estructura no cristalina posee una energía interna alta; así, dentro de la resina puede haber difusión molecular porque se requiere menor energía de activación. Además, el grupo carboxilo polar, aunque esterificado, puede establecer un puente de hidrógeno con el agua, pero en extensión limitada.

Como interviene tanto la absorción como la adsorción, se suele usar el término sorción para incluir el fenómeno total. Se ha registrado que las resinas dentales de metacrilato presentan un aumento del orden del 0.5% por peso después de estar una semana en agua. Se registraron

valores más altos para una serie de polímeros de metacrilato de metilo. La sorción de agua es casi independiente entre temperaturas que van de 0 a 60 °C, pero el efecto del peso molecular del polímero es marcado. Cuando mayor es el peso molecular, tanto menor es el aumento de peso. La sorción es reversible si se seca la resina.

Dado que se trata de un polímero constituido por cadenas, es previsible que sea soluble en una cantidad de disolventes orgánicos, tales como cloroformo y acetona. (Para mayor inf. ver inciso 2.1.15.).

7.3.5 OTROS TIPOS DE RESINAS

Hay varios polímeros más que tienen interés para la odontología. Entre ellos está el policarbonato, el poliuretano y los cianocrilatos.

Los policarbonatos son poliésteres del ácido carbónico en los cuales el carbonato está repetido en la cadena lineal. Las resinas de policarbonato fueron empleadas como bases de dentales y resinas de obturación directa. Sus propiedades físicas se encuadran dentro de los principios generales de los materiales de polimetacrilato de metilo para bases de dentaduras. La principal ventaja de la resina de policarbonato como material para base de dentadura se halla en que tiene mayor resistencia a la fractura por impacto que el polimetacrilato de metilo. Sin embargo, posee la desventaja de que la temperatura de ablandamiento es alta y requiere un equipo complicado. Para moldear este material se requiere temperaturas que oscilan entre los 140 °C y los 160 °C (284 °F y 340 °F). El material ablandado se coloca en un molde. Cuando el material es usado como resina de obturación directa, se lo calienta en una jeringa y se lo inyecta dentro de una cavidad.

Estas resinas no tuvieron uso difundido como material para base de dentadura ni como elementos de restauración de dientes en razón del procedimiento complicado de preparación. No hay pruebas de que las prótesis o restauración hechas de resinas policarbonáticas sean superiores a las resinas acrílicas.

En pequeñas cantidades, las resinas de cianocrilato de alquilo (metilo, butilo) pueden ser polimerizadas por bases débiles, tal como el agua. Como polimerizan en presencia de humedad y son biodegradables, han sido ensayadas experimentalmente como suturas quirúrgicas y para apósitos periodontales.

Se han investigado las posibilidades de las resinas de poliuretano como agentes de revestimiento adhesivo. Algunas composiciones experimentales presentan cierta adhesión a la estructura dentaria, y también fueron probadas como selladores de surcos y fisuras.

7.4 RESINAS PARA BASES DE DENTADURAS

En la figura observamos una prótesis completa de resina acrílica. Los dientes artificiales están fijos en la base de la dentadura, la parte de la prótesis que sostiene los dientes y se apoya sobre los tejidos blandos de la boca. La resina de la base de la dentadura está coloreada para que imite mejor los tejidos gingivales.

Cuanto más exacta sea la adaptación de la base de la dentadura, mayor será la retención de la prótesis en la boca y mayor la comodidad del paciente. En consecuencia se prestará considerable atención en este capítulo a la explicación de las técnicas para la adaptación y estabilidad dimensional de la prótesis. Hay, por supuesto, muchos factores además de la adaptación, que determinan su eficacia durante la función, pero la adaptación es de importancia básica. La fuerza de la oclusión del portador de una prótesis es de solo un sexto de la fuerza ejercida por una persona que tiene todos sus dientes. Así, la estrecha adaptación de la base de la dentadura a las estructuras bucales es imperativa para prevenir una pérdida aún mayor de la eficacia masticatoria.

Los dientes artificiales se fabrican de acrílico o porcelana y se colorean para que imiten los dientes humanos. Es posible confeccionar las dentaduras de acrílico de aspecto tan real que su diferencia de las naturales es difícil.

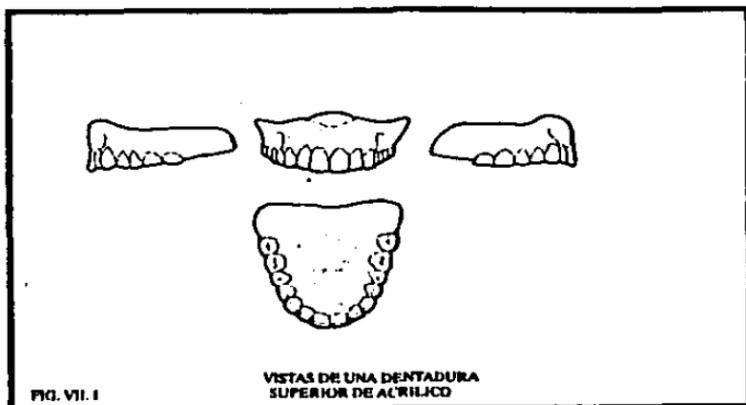


FIG. VII. I

VISTAS DE UNA DENTADURA
SUPERIOR DE ACRILICO

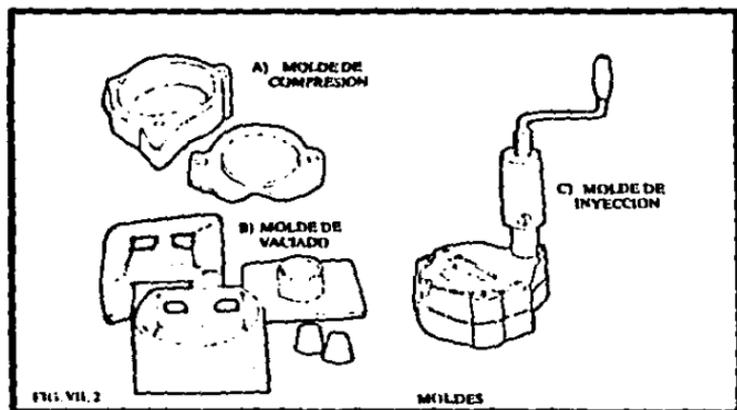
7.4.1 TECNICA GENERAL

A continuación se hará una descripción detallada de la técnica de la confección. Brevemente, el proceso comprende primero la adaptación de la placa base sobre el modelo de yeso piedra. Después, se enfilan los dientes en la cera.

El modelo, con la placa base y los dientes enfilados, se coloca en yeso común o yeso piedra fresco, dentro de una mufla o molde para dentaduras. El tipo de mufla o molde que se utiliza es determinado por la técnica de confección

de la prótesis. En la figura vemos las muflas o moldes usadas en tres técnicas generalmente aceptadas.

Una vez separadas las partes del molde, se eliminan la cera y la placa base. Una vez moldeada y curada, se retira la prótesis del molde o mufla y se la termina, con la cual se obtiene un aparato final, como se ve en la figura VII.1.



7.4.2 RESINA ACRILICA

La principal resina empleada en la actualidad para bases dentarias es el polimetacrilato de metilo, aunque también se utilizan en un menor grado copolímeros de poliestireno y de policloruro de vinilo.

La resina de metilacrilato de metilo es transparente. Se puede teñir o colorear en casi todos los tonos y grados de translucidez. Su color y sus propiedades ópticas son estables en todas las condiciones normales, y su resistencia y otras propiedades físicas son adecuadas. Por supuesto, las propiedades de las resinas acrílicas no son ideales, como tampoco lo son las propiedades de ningún material dental. Sin embargo, es la combinación de características adecuadas la que las hacen tan aceptadas.

Una decidida ventaja del polimetacrilato de metilo como material para base de dentadura es la comparativa facilidad con que se las prepara. Aunque el polimetacrilato de metilo es una resina termoplástica, en odontología no se la suele moldear por procedimientos termoplásticos. Se mezcla, en cambio, el monómero de metacrilato líquido con el polímero, que viene en forma de polvo; el monómero plastifica el polímero y le da consistencia pastosa que se moldea fácilmente al comienzo, en el espacio o cavidad de moldeo. Después, el monómero se polimeriza y la base de la dentadura que se obtiene es de resina sólida y homogénea. La polimerización se efectúa por calentamiento de la mezcla de polímero y monómero, por lo general en baño de agua, o por activación química a temperatura ambiente.

7.4.3 RESINAS ACRILICAS TERMOCURABLES

(Para bases dentarias)

Por lo general, el monómero es metacrilato de metilo puro con una pequeña cantidad de hidroquinona que es de 0.006% o menos, que ayuda a inhibir la polimerización durante su almacenamiento.

Por lo común, el polímero consta de un polvo que se compone de pequeñas partículas esféricas, estas esferas (perlas o cuentas) se polimerizan a partir del monómero que

ha sido calentado, agitándolo, en algún líquido no polimerizante.

Como el mejor polimetacrilato de metilo de alto peso molecular se disuelve en el monómero muy lentamente, se añade un aditivo para aumentar la solubilidad del mismo. Se puede emplear, por ejemplo, un copolímero de metacrilato de metilo y acrilato de etilo ($\text{CH}_2 = \text{CHCOOC}_2\text{H}_5$), con una cantidad de acrílico de etilo limitada al 5% o menor.

Un segundo método de acrecentar la solubilidad es incorporar a las perlas un plastificante como el ftalato de dibutilo ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOC}_4\text{H}_9)_4$) por el molido a bolas, o incorporándolo al monómero. La cantidad de plastificante debe limitarse al 8 a 10% con el propósito de impedir el ulterior deterioro de la resina en los líquidos bucales. Un tercer método consiste en mezclar perlas de alto peso molecular con polimetacrilato de metilo de bajo peso molecular, que es más soluble en el monómero. Este método, por supuesto, disminuye el peso molecular promedio de la resina.

Siempre se incluye un iniciador, en pequeñas cantidades como el peróxido de benzoflona en el polímero. Por lo general, en las perlas del polímero queda suficiente peróxido de benzoflona de la polimerización inicial.

El pigmento puede incorporarse a las perlas durante la polimerización inicial o se agrega después de la polimerización impregnándolo en las perlas por medio de, por ejemplo, el molido a bolas. Cuando se emplea esta última técnica, el pigmento se fija en la superficie de las perlas. Las perlas no pigmentadas son parte del polvo transparente que ha sido mezclado con el material pigmentado para conseguir el tono adecuado. (Ver inciso 2.1.4.)

Muchas resinas acrílicas para base de dentaduras contienen un agente de cadena cruzada, como el dimetacrilato de glicol; este producto químico contiene dos enlaces polimerizables, y puede establecer uniones cruzadas con otros grupos por lo menos en dos direcciones al ser polimerizado. Cuando se le utiliza como copolímero con el metacrilato de metilo, se consigue una resina más insoluble

e infusible comparada con las propiedades similares del polimetacrilato de metilo solo. El agente de cadena cruzada se incorpora al monómero en cantidades de 1 a 2%.

Por lo común, hacemos la combinación del monómero y el polímero inmediatamente antes de colocar la mezcla en la cámara de moldeado. Sin embargo, el polímero y el monómero pueden ser mezclados previamente por el fabricante y venir en forma de hojas o gel, listo para ser atacado en la cámara de moldeado. Lamentablemente, a pesar del inhibidor que lleva, el material premezclado puede endurecer en el envase durante su almacenamiento. Por ello posee poca vida útil.

Por lo menos, hay una resina acrílica que se ofrece exclusivamente en forma de gel. Este material particular contiene una resina vinílica, además del polimetacrilato de metilo. En vez de emplear el polimetacrilato de metilo para el componente sólido de la mezcla monómero-polímero, se usa un copolímero de cloruro de vinilo y acetato de vinilo. El copolímero de vinilo es procesado y convertido en gel plástico por saturación como monómero de metacrilato de metilo. El gel obtenido es atacado en el espacio de moldeado y la resina es polimerizada por el calor de la manera corriente. La resina resultante es una mezcla de polimetacrilato de metilo, y predominantemente, resina de copolímero vinílico.

A veces, se emplea el poliestireno para hacer bases de dentaduras. Se ablanda al calor un cilindro de poliestireno de adecuada distribución del peso molecular, y se le introduce por presión en el espacio de moldeado por un proceso conocido como moldeado por inyección. En otras palabras, se aprovechan las propiedades termoplásticas de la resina o plástico.

7.4.4 RESINAS ACRILICAS ACTIVADAS

QUIMICAMENTE

(Para bases dentarias)

En vez de activar el peróxido de benzilo por calor, se puede emplear un activador químico, para que la polimerización se produzca a la temperatura ambiente. Se agrega,

por ejemplo, una pequeña cantidad de amina terciaria, tal como la dimetil-p-toluidina ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{N}(\text{CH}_3)_2$) al monómero, antes de mezclarlo con el polímero, como se describió para las resinas termocurables. Durante la mezcla, se forman radicales libres a partir del peróxido de benzoflora por una reacción con la dimetil-p-toluidina, y la polimerización se realiza.

Estas resinas, usadas por primera vez con propósitos odontológicos en Alemania durante la segunda guerra mundial, se conocen con los diversos nombres de resinas de "autocurado", "curado en frío" o "autopolimerizables", para diferenciarlas de las resinas que se polimerizan cuando para su activación se recurre al calor. Señalamos que la diferencia fundamental entre los dos tipos de resinas es el procedimiento de activación del peróxido de benzoflora. Como regla general, no se consigue un grado de polimerización tan alto por la activación química como cuando esta activación se realiza por calor.

Hay muchos otros sistemas que no utilizan dimetil-p-toluidina, con los cuales se obtiene polimerización a temperatura ambiente, pero probablemente lo más común es una amina de algún tipo.

El tipo y la concentración del activador e iniciador influyen en el grado de polimerización. La concentración máxima útil de la amina es de 0.75%; la concentración máxima es de 2.0%. Como sucede con las resinas de curado por calor, el grado de polimerización es, influido por el tamaño de las partículas del polímero. Cuando menor sea el tamaño de las partículas, más rápida será la polimerización.

La estabilidad de color de las resinas de autocurado es inferior a la de las resinas termocurables, debido a la oxidación sucesiva de la amina terciaria. Este fenómeno puede ser moderado añadiendo ciertos agentes estabilizadores para impedir esa oxidación, o la polimerización puede ser consumada usando un activador más estable. En particular, los derivados del ácido sulfínico, tales como el ácido p-toluensulfínico, son muy buenos desde este punto de vista.

7.4.5 TECNICA DE MOLDEO POR COMPRESION

Debido a que la mayoría de las resinas para dentadura artificiales son acrílicas y se expenden en forma de polvo (polímero) y líquido (monómero), expondremos en detalle la técnica empleada con esta clase de resinas.

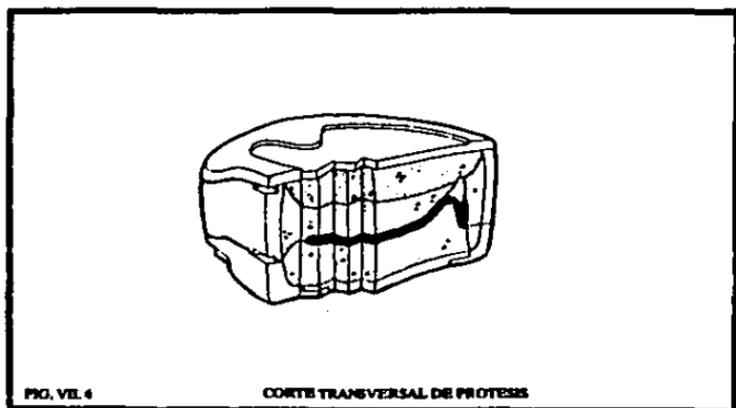
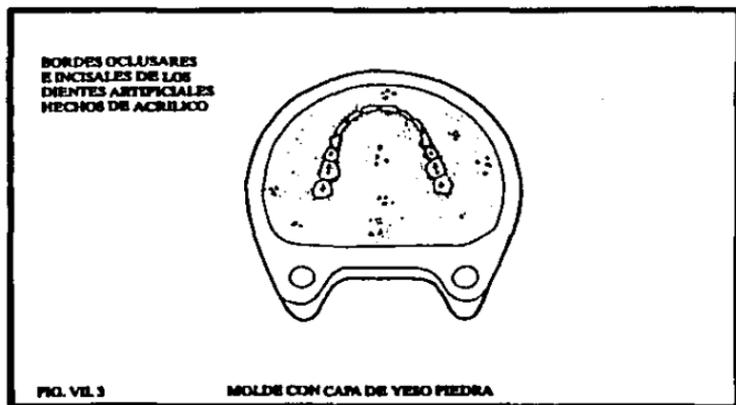
7.4.5.1 PREPARACION DEL MOLDE

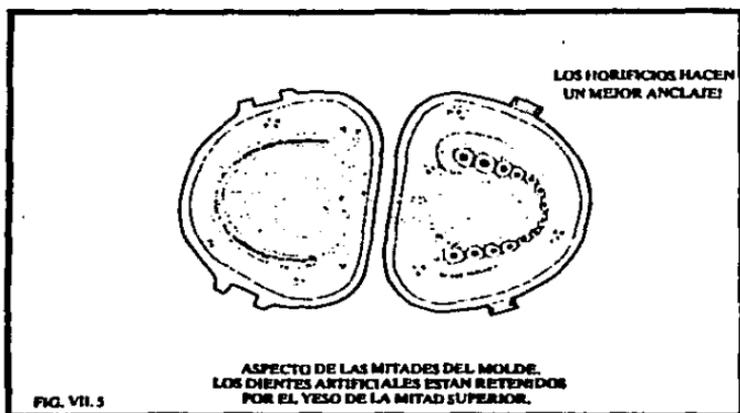
Como ya se dijo anteriormente, el molde de yeso piedra, con la placa base y los dientes enfilados, se coloca y se fija en yeso en la mitad inferior de la base y los dientes enfilados, se coloca y se fija en yeso en la mitad inferior de la mufla o molde (Ver fig. VII.2.). Una vez endurecido el material de la mufla, se pinta con una solución jabonosa suave al 15%, para evitar que el yeso piedra o el yeso común que se vacía en la mitad superior de la mufla se adhiera al de la mitad inferior. Aunque la mitad superior de la mufla puede ser llenada de una sola vez, hay ciertas ventajas en realizar la técnica de dos vaciados o por capas. La ventaja de la técnica por capas se aprecia durante el desmuflado. El vaciado de una pieza requiere que el técnico coloque los dientes y quite el yeso sin dañar las dos superficies. El vaciado en dos capas permite el fácil retiro de la capa, exponiendo los dientes. Después, es posible retirar el yeso sin peligro de arrastrar los dientes con el equipo de desmuflado.

Se vacía el material de revestimiento en la mitad superior de la mufla, dejando expuestas las superficies oclusales e incisales de los dientes, tal como en la fig. VII.3. Una vez fraguada la primera capa, se satura la superficie con agua, para evitar que se absorba humedad de la segunda capa. Se hace una segunda mezcla de material, para terminar de rellenar la mitad superior de la mufla o molde. El resultado de la técnica de dos vaciados se halla esquematizada en la figura VII.4. en la cual se ve la segunda capa de abajo de la tapa.

Cuando en la mitad superior ha fraguado el yeso, se calienta la mufla lo suficiente para ablandar la cera y después se separan las mitades. Los dientes quedan en la mitad superior, pues están fijos en el yeso (Ver fig. VII.5.). Se elimina completamente la cera del molde. Toda la cera residual se arrastra echando agua hirviendo que contenga

cualquier detergente de uso doméstico en una proporción de una cucharada sopera por cada medio litro de agua.





7.4.5.2 SUBSTANCIA SEPARADORA

Durante la manipulación, es preciso proteger cuidadosamente la resina de las superficies de yeso del espacio de moldeo, ya que, si en el yeso de la mufla penetra algún líquido de la resina, este quedará unido a la prótesis después de la polimerización, y como resultado, será virtualmente imposible separar el yeso de la resina.

Las sustancias separadoras más conocidas son los alginatos hidrosolubles, que dejan una película muy delgada sobre la superficie. La película es insoluble en disolventes orgánicos y en monómero acrílico. Una de las fórmulas básicas, por peso, de una sustancia separadora es:

PRODUCTO	PARTES POR PESO
Alginato de sodio	02.0
Fosfato disódico	00.7
Conservador	00.3
Glicerina	04.0
Alcohol	07.0
Agua	86.0

7.4.5.3 RELACION DE MONOMERO Y POLIMERO

Aunque no es decisiva, la relación adecuada de polímero y monómero puede ser de importancia considerable para la estructura de la resina final. Por lo general, cuanto más polímero se use, menor será el tiempo de reacción del polímero y el monómero. Además, la resina tendrá a contraerse durante el proceso de preparación si se usa menor cantidad de monómero. Sin embargo, hay que emplear la cantidad suficiente de monómero para mojar bien cada perla del polímero. Las proporciones aproximadas de polímero respecto al monómero son de tres a uno por volumen, o de uno por peso.

7.4.5.4 REACCION ENTRE MONOMERO Y POLIMERO

La función del monómero en el polímero es producir una masa plástica que pueda ser atacada en el molde. Esta plastificación se efectúa por la solución parcial del polímero

en el monómero. En esta fase no debe haber polimerización.

Durante la reacción física entre el polvo y el líquido, se identifican por lo menos cuatro períodos:

PERIODO 1. El polímero se ablanda gradualmente en el monómero y se forma una masa algo fluida e informe.

PERIODO 2. El monómero ataca al polímero. Esto se realiza por penetración del monómero en el polímero; la capa de polímero así penetrada se disuelve en la solución o se dispersa en el monómero. La capa de polímero que contiene el monómero es pegajosa; este periodo se caracteriza por la elasticidad y adhesividad de la mezcla cuando se la toca o estira.

PERIODO 3. A medida que el monómero se va difundiendo en el polímero y la masa se satura del polímero en solución, se torna blanda y plástica. Ya no es pegajosa, y no se adhiere a las paredes del frasco donde se hace la mezcla. Se compone de partículas de polímero no disueltas suspendidas en una matriz plástica de monómero y polímero disuelto. Frecuentemente, este periodo es denominado, estado plástico o de gel. Mientras la mezcla se halla en este periodo, se la ataca en la cámara de moldeo.

PERIODO 4. El monómero desaparece por evaporación y por la penetración en el polímero. La masa se hace más cohesiva y elástica. Ya no es plástica y no puede ser moldeada por las técnicas usadas en odontología.

7.4.5.5 TIEMPO PARA ALCANZAR EL PERIODO PLASTICO

El tiempo requerido para alcanzar el tercer período depende de la solubilidad de las perlas del polímero en el monómero. Además de los factores ya mencionados a este respecto, el régimen de solubilidad puede ser aumentado por elevación de la temperatura. Hay que calentar el

recipiente de la mezcla en agua caliente (nunca sobre la llama directa, pues el líquido o el vapor del monómero es inflamable), pero hay que tener cuidado de que el agua no entre en contacto con la resina. En ningún caso deberá calentarse el recipiente a más de 55 °C (130 °F), porque la polimerización comienza a ritmo acelerado por encima de esta temperatura y la resina endurece demasiado y no puede ser moldeada por las técnicas odontológicas.

Otro factor que influye en el periodo plástico es el tamaño de las partículas del polímero. Como se presenta una mayor superficie para ser disuelta, cuanto menor sea el tamaño de las paredes, más rápida será la disolución del polímero en el monómero y más corto el periodo plástico.

Según la especificación núm. 12 de la Asociación Dental Americana sobre resinas para base de dentadura, el tercer periodo debe ser alcanzado en por lo menos 20 min. a partir del comienzo de la mezcla a una temperatura de 23 °C (73.4 °F)

7.4.5.6 TIEMPO DE TRABAJO

El tiempo de trabajo es el tiempo transcurrido entre el segundo periodo y el comienzo del cuarto periodo, o en otras palabras, el tiempo que el material permanece en estado plástico. Según la especificación núm. 12 de la Asociación Dental Americana, la masa debe ser moldeable por lo menos durante cinco minutos.

Como ya se expresó, el tiempo de trabajo sufre los efectos de la temperatura; cuanto más baja es la temperatura, más prolongado es el tiempo de trabajo. Algunas resinas comerciales para dentaduras puede ser conservadas en estado moldeable, en un refrigerador, muchas horas. Una objeción a este almacenamiento es que se puede condensar humedad en la resina cuando se la retira del refrigerador para su uso, y esa humedad la contamina.

7.4.5.7 CIERRE DE PRUEBA

Es muy importante llenar apropiadamente el molde en el momento en que la resina se polimeriza; por lo tanto, se ataca la masa de resina en el molde, en varios pasos. Es preferible realizar el moldeado a la temperatura ambiente,

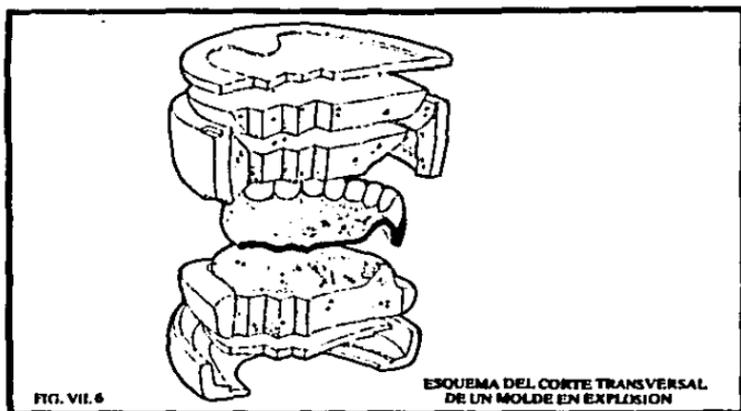
pues el tiempo de trabajo será más largo. Asimismo, habrá menores posibilidades de que endurezca debido a la polimerización prematura.

Se da forma de cilindro a la masa, se la dobla en forma de herradura y se la coloca en la mitad superior de la mufla o molde. Se coloca una hoja de polietileno sobre la resina y el espacio de moldeado. La finalidad de esta hoja es impedir la adhesión de la resina a la superficie inferior del molde al prensar las dos mitades.

Cuando se prensa la mitad inferior contra la superior, es muy importante que la presión sea ejercida con lentitud, para que la masa se distribuya uniformemente en la cámara de moldeo. Si al seguir ejerciendo presión hallamos resistencia, hay que separar las dos mitades. Si se ha colocado demasiado material en el molde, se observará que rebasa hacia la zona que rodea a la cámara de moldeado. El exceso de material se denomina sobrante. Si no hay sobrante, es posible que desde el comienzo hubiera insuficiente cantidad de resina; por lo tanto, se añade resina y se repite el proceso.

Se recorta cuidadosamente el sobrante y se hace otro cierre o prensado de prueba; por lo general, en el segundo prensado la mufla o molde cierra del todo, aunque hay que tener cuidado de no forzar innecesariamente el cierre. Se repiten los cierres de prueba hasta que no se observe sobrante. No es necesario ejercer presiones intensas. Solo se requiere la presión suficiente para llegar al contacto de metal con metal.

Una vez concluidos los cierres de prueba, se aplica una substancia protectora sobre las superficies del yeso de la mufla y el moldeo de la mitad inferior de la mufla o molde. A continuación, se quita la hoja de plástico y se cierran las dos mitades bajo presión, la cual se mantiene hasta que la prótesis halla sido curada. En la figura VII.6. se observa un esquema del corte transversal de la mufla (molde) y materiales correspondientes a este periodo. En este esbozo también se ilustra la prótesis curada y terminada.



7.4.6 TÉCNICA DE MOLDEADO POR INYECCION

La cámara de moldeado puede ser llenada inyectando la resina bajo presión antes de que endurezca, por la utilización de una mufla (molde) como la de la figura VII.2.C. Una abertura (barreno) en la mufla permite el acoplamiento de un inyector externo, tal como el que vemos en la figura. La resina blanda se halla contenida en el inyector y se la fuerza dentro de la cámara de moldeado, según lo necesario; la resina y la mufla se mantiene bajo presión hasta que la resina se halla endurecido.

Una ventaja de la técnica de moldeado por inyección sobre la técnica común de moldeado por compresión es que no se precisa hacer el cierre de prueba y que el molde se llena automáticamente en forma adecuada, siempre que se ejerza la presión correcta. Sin embargo, parece no haber diferencia entre las dos técnicas en lo referente a exactitud o propiedades físicas del producto.

7.4.7 RESINAS PARA REPARACIONES

(Para bases dentarias)

Si una prótesis de acrílico se fractura durante su uso, es posible repararla. Esencialmente, la técnica consiste en unir las partes fracturadas con cera o por otros medios. Después, se vacía un modelo de yeso piedra en la base de la dentadura. Se separa la prótesis del modelo, se elimina la cera, y se recortan, biselan y alisan los bordes fracturados. Una unión redondeada es de resistencia superior a la de una unión yuxtapuesta debido a la menor concentración de tensiones que hay.

La parte del modelo que se halla debajo de la fractura se pinta con una sustancia protectora del yeso para facilitar el ulterior retiro de la prótesis reparada. A continuación, se vuelven a colocar las partes de la prótesis sobre el modelo y se fija con cera o compuesto de moldear.

Si bien invariablemente la reparación con resina de autocurado tiene resistencia transversal inferior a la de la resina de termocurado original, por lo general se prefiere la primera. El empleo de resina termocurable tiende a deformar la prótesis durante el proceso de reparación.

Como la reparación se hace a temperatura ambiente, no deben producirse deformaciones significativas. Si la prótesis está bien confeccionada y no hay trauma en zonas localizadas, el grado inferior de resistencia de la resina de autocurado no constituye un problema clínico. Siempre que la resina para reparaciones cumpla los requisitos de la especificación núm. 13 de la Asociación Dental Americana.

7.4.8 LIMPIADORES DE DENTADURAS ARTIFICIALES

Se ha investigado la influencia de agentes abrasivos sobre la resina acrílica. El cepillo propiamente dicho produce poco efecto sobre la superficie de la resina. La sal, el jabón y la mayoría de los dentífricos comerciales no son dañinos. En cambio, están contraindicados todos los limpiadores de uso doméstico. El empleo prolongado de estos agentes afecta a la adaptación de la prótesis, y la superficie aspera que dejan hace que el mantenimiento de la limpieza

de la superficie sea muy difícil. Es preciso advertir sobre ello al paciente.

7.4.9 REACCIONES ALÉRGICAS

Se ha hablado sobre las posibles reacciones tóxicas o alérgicas al polimetacrilato de metilo. Desde el punto de vista teórico, la irritación química puede provenir del polímero, del monómero residual, del peróxido de benzofl, de la hidroquinona o del pigmento. Todos los ingredientes fueron sometidos a evaluación biológica desde este punto de vista.

Pocas veces se ven verdaderas reacciones alérgicas a resinas acrílicas en la cavidad bucal. El monómero residual, que se halla en aproximadamente 0.5% en una prótesis bien procesada, es el componente común aislado como irritante. Si se mide el contenido de monómero en la prótesis después de su conservación en agua, se halla que a las 17 horas el monómero libre en la superficie de la prótesis está eliminado. El resto del monómero no se extrae fácilmente. Incluso si se consiguiera extraer parte de él por tensión continua de la prótesis, las pruebas indican que se eliminaría con rapidez.

Así, pues, si el monómero residual fuera la causa de las irritaciones producidas por la prótesis, sería previsible que su efecto fuera comparativamente rápido, pero la mayoría de los casos clínicos que se presentan irritación bajo la prótesis se producen meses, o incluso años, después de su instalación.

7.5 DIENTES DE RESINA ACRILICA

Se estima que el 35% de los dientes artificiales que se venden en los Estados Unidos de Norteamérica son de plástico. El número de dureza Knoop de los dientes de resina acrílica no es, en todos los aspectos prácticos, (Ver tabla VII.7), mayor que el número de dureza de una base de acrílico termocurable. En la especificación número 15 de la Asociación Dental Americana, para dientes de plástico, se requiere un número de dureza Knoop mínimo de 15. Aunque todavía no se ha ideado un método para medir

satisfactoriamente in vitro la resistencia a la abrasión de los dientes artificiales, la observación clínica indica definitivamente que los dientes de acrílico experimentan mayor abrasión durante la función que los dientes de porcelana o los dientes naturales.

Los dientes de resina poseen ciertas ventajas sobre los dientes de porcelana en cualidades estéticas y tienen mayor resistencia al choque. Su bajo módulo de elasticidad aminora el objetable castaño que con frecuencia realizan los portadores de prótesis. Además, durante el proceso de curado por calor es posible establecer una fuerte unión química entre diente y resina. Esta unión no existe cuando los dientes son de porcelana.

La composición de los dientes de resina es esencialmente polimetacrilato de metilo copolimerizado con un agente de cadena cruzada, como se explicó para los materiales anteriormente mencionados en los anteriores incisos. Por lo común, en los dientes de resina acrílica se emplea una mayor cantidad de cadena cruzada que en el material similar para bases de dentaduras, con la finalidad de reducir la tendencia de los dientes a fracturarse durante la confección de la prótesis y para conseguir un cierto aumento de la resistencia y dureza.

Si no se incorpora un copolímero de cadena cruzada, los dientes se fracturaran al entrar en contacto con la masa plástica de monómero y polímero. Además, al enfilar los dientes en la cera o la placa base, es común ablandar la cera con la llama. Esta técnica se realizará con cuidado cuando los dientes sean de plástico, pues las superficies pueden fundirse o quemarse.

Es fácil conseguir la unión de los dientes de resina acrílica a la base de la dentadura, que es termocurable, siempre que los dientes estén completamente limpios. La más leve película de impureza impide dicha unión

TABLA VII.7
PRODUCTO

DUREZA KNOOP

Estalite Dentario	300.0
Dentina Dentaria	65.0
Cemento de Silicato	70.0
Resina Acrílica (Termocurable)	16.0
Resina Acrílica (Autocurable)	16.0
Oro Puro	32.0
Aleación blanda de Oro	55.0
Amalgama	90.0

IV

BIBLIOGRAFIA:

- LIBROS:

MARK F. HERMAN "*Moléculas Gigantes*"., Offset Larios, S.A., México, D.F. México, D.F., 5 Edición. 199 pp.

WALTER DIVER E. "*Química y tecnología de los plásticos*". Edt. C.E.C.S.A., México, D.F. 1983, 1 Edición. 306 pp.

MILK W. "*Inyección de plásticos*". Edt. Gustavo Gili, México, D.F. 1981. 1 Edición. 476 pp.

DUBOIS J. H. "*Ingeniería de moldes para plásticos*". Edt. Urmo, España, Bilbao, 1976. 3 Edición. 715 pp.

CASA ARUTA FRANCISCO "*Industria Textil*". Edt. Labor, S.A. España, Madrid 1969, 5 Edición, 1965 pp.

OZAWA DEGUCHI JOSE "*Prostodoncia*". Textos Universitarios, U.N.A.M., México, D.F. 1 Edición. 247 pp.

SCHARER U., SOLARES L. "*Ingeniería de manufactura*". Edt. C.E.C.S.A., México, D.F. 1985, 726 pp.

PHILLIPS RALPH "*La ciencia de los materiales dentales*". Edt. Interamericana, S.A. de C.V., México, D.F. 1984 . 7 Edición. 204 pp

CANGLE V. CHARLES "Adhesive bonding". (*Techniques and Applications*), Edt. Mc Graw-Hill. Book company, New York, U.S.A. 565 pp.

BLOND S. GEORGE "Acrylic adhesive and sealants". Edt. Mc Graw-Hill, Book company, New York, U.S.A. 1875. 106 pp.

BECK P. RONAL "Plastic product design", Edt. Van Nostrand Reinhold Company. Michigan, U.S.A. 1979. 410 pp.

HAMANN "Los plásticos y la química macromolecular". Edt. Gustavo Gili, Barcelona, España, 1965. 166 pp.

BLANCO VARGAS RAFAEL "El mundo de los plásticos" Edt. I.M.P.I., México, D.F. 1987, 364 pp.

BOREL J., SCHITTLY J. "Manual de prótesis parcial removible" Edt. Masson, Barcelona, España, 1987. 80 a 196 pp.

CASAARUTA "Industria textil" Edt. Labor, S.A. Madrid España 1969 90 a 140 pp.

"ANUARIO ESTADISTICO DEL PLASTICO" Editorial Corsa, S.A. de C.V., México, D.F. 1985. 1 Edición. 119 pp.

- ENCICLOPEDIAS:

"MODER PLASTIC" Moder Plastic Enciclopedia. Edt. Mc. Graw Hill Inc. New York, U.S.A. 1983, 12 Edición Vol. 50 Núm. 2. 842 pp.

- DICCIONARIOS

WORDINGHAM J. A. "Diccionario del Plástico". Edt. Victor Lerú, S.R.L. Buenos Aires, Argentina, 1966. 196 pp.

GALJOTTI ROSARIA "Nuevo diccionario de los materiales plásticos". Edt. Metalmecanica Plast S.P.A., Milano, Italia, 1979. 160 pp

"PEQUEÑO LAROUSSE EN COLOR" Edt. Noguer. Barcelona, España, 1972. 939 pp.

"PEQUEÑO LAROUSSE DE CIENCIAS Y TECNICAS" Edt. Larousse, México, D.F. 1983, 1056 pp.

"DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA" Edt. Espasa Calpe, S.A. Décima Sexta Edición. Madrid, España, 1939 1334 pp.

- DIRECTORIOS:

"PLASTICOS LATINOAMERICANOS" Anuarios Latinoamericanos de México, S.A. de C.V. México, D.F. 1987. 212 pp.

"REGISTRO INDUSTRIAL MEXICANO" Tomos 1 y 2, Edt. Rini, S.A. de C.V. México, D.F. 1986.

"DIRECTORIO NACIONAL DE FAB. Y PRODUCTORES DE ENVASES Y EMBALAJE" Lanfi, México, D.F. 1980.

- REVISTAS:

"PLASTINOTICIAS" (Tomos varios). Edt. Publi-News Latinoamericana, S.A. de C.V. México, D.F. 1987.

"PANORAMA PLASTICO" (Tomos varios) Edt. Corso, S.A. de C.V. México, D.F. 1987.

"ROHM AND HAAS REPORTER" (Tomos varios) Rohm an Haas, Philadelphia, U.S.A. 1987.

"TEXTILE PANAMERICANOS" (Tomos varios) 1760 Peachtreer, Read New York. Atlanta, U.S.A. 30357 U.S.A.

"TEXTIL PRAXIS INTERNATIONAL" (Tomos varios) International Dynen. (Librería Internacional, S.A. Av. Sonora #206, México, D.F.)

"TEXTILEWORD" (Tomos varios) Mc. Graw Hill, 1175 Peachtree Street, Atlanta, Georgia 30361 U.S.A.

"BOLETIN TEXTIL INTERNACIONAL" (Tomos varios) (Internationaler textil-service onbit) Kesslerstrasse A. CH 8925, Shillieren Zurch, Alemania.

- PUBLICACIONES ESPECIALIZADAS:

"INVENTE CON PLASTIGLAS LAMINA DE ACRILICO" Plastiglas de México, S.A. de C.V. México, D.F. 1980.

"REPORTE DE ROHM AND HAAS SOBRE ACRILICO" Rohm and Haas, Philadelphia, U.S.A. 1981.

- ASOCIACIONES ACUDIDAS:

"INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL, S.C." Av. Baja California # 147. Col. Roma, México, D.F. 06700 Tel. 574 55 01.

"ASOCIACION NACIONAL DE INDUSTRIAS DEL PLASTICO, A.C." Sullivan # 165, Col. San Rafael. México, D.F. 06470 Tel. 566 74 66/535 22 23.

- CURSOS ASISTIDOS:

"CURSO DE TRANSFORMACION DE LAMINA ACRILICA" Plastiglas de México, S.A. de C.V. Centro de capacitación y desarrollo de personal, Paseo de Tollocan Km. 51.5 Ocoyacac, Edo. de México.

"SEMINARIO DE IMPERMEABILIZACION CON REVOPLAS" Hotel María Bárbara Estado de México. (Impermeabilización a base de resinas acrílicas).

- VISITAS A INDUSTRIAS:

"PLASTIGLAS DE MEXICO, S.A. DE C.V." Industrias Resistol, S.A., Bosque de Ciruelos # 99 Fracc. Bosques de las Lomas México, D.F. 11700, Tel. 596 0177 D.I. Mario Flores.

"ROHM AND HAAS DE MEXICO, S.A. DE C.V." Av. Insurgentes Sur # 670 Col. Del Valle, México, D.F. 03100 Tel. 523 6040 al 48, Ing. Fernando Hernández Monroy.

"DU-PONT, S.A. DE C.V." Homero # 206. Col. Chapultepec Morales. México, D.F. 11570 Tel. 250 9033 Ing. Efrén A. Rosada O.

"ADHESIVOS INDUSTRIALES RESISTOL S.A. DE C.V." Calz. Azcapotzalco, La Villa 705, Col. Industrial Vallejo, México, D.F. 02300 Tel. 587 0100.

"GRUPO PEGA S.A. DE C.V." Lago Zurich # 519 Col. Francisco I. Madero. México, D.F. 11480 Tel. 254 5311 Ing. Hilda Valdés.

"GRUPO CYANOMEX S.A. DE C.V." Guillermo Barroso # 26-C Fracc. Industrial las Armas. Tlalnepantla, Edo. de México. Tel. 394 5910 Ing. Emilio López Flores.

"LOCTITE COMPANY DE MEXICO, S.A. DE C.V." Bosques de Ciruelos # 130 - 11 piso Fracc. Bosques de las Lomas. México, D.F. 11700 Tel. 596 4511 Ing. M. Germán Chang Chan.

"FESTER DE MEXICO, S.A." Av. Ejercito Nacional #579 Col. Anzures. México, D.F. 11590 Tel. 250 1900

"REVOPLAS S.A." Poniente 140 # 819 Col. Industrial Vallejo México, D.F. 02300 Tel. 587 41 86 Ing. Alberto Hernández González.

- INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA:

"INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL" Escuela Superior de Ingeniería Textil Tel. 586 2836.

"UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO" Centro de Investigación de Materiales (Polímeros) Tel. 550 1935, Centro de Innovación Tecnológica Tel. 550 5215 al 20, Facultad de Química Tel. 550 5215 al 20.

V

AGRADECIMIENTOS.

M.D.I. Fernando Martín Juez.
D.I. Carlos Chávez Aguilera.
Prof. Horacio Durán Navarro.
Dr. Javier Rodríguez Suárez.
Dr. Raúl Chávez Sánchez.
M.D.I. Angel Groso.
Ing. Leonides Solares.
M.D.I. Javier Castellort Vila.
D.I. Francisco García Noriega Nieto.
M.D.I. Alejandro Ramírez Lozano.
D.I. Carlos Ramírez Morales.
Dr. Mario Antonio Stoute Hassan.
Lic. Gloria Judith Cacho Marín.
Lic. Eugenio Janeiro Sarabia.
Lic. Pablo Víctor Unda Jiménez.

EN ESPECIAL:

Dr. Miguel Eguiluz Senior.

Por la valiosa ayuda prestada en estos tres años para la elaboración de la presente.

Dr. Guillermo Romero Villaseñor.

Por la revisión de cada uno de los capítulos de la presente tesis.

Arq. Raúl Cacho Alvarez.

Por corregir la redacción de la presente.

Ing. Ulrich Scharer Sauberly.

Por el empeño y dedicación al corregir la presente tesis.

Arq. Juan Cortés Pópulos.

Por el profesionalismo y dedicación que le mostró a la presente tesis en su edición.

D.I. Latif Bittar Andrade.

Por la realización de los dibujos IV.9 a IV.22.

Quim. Graciela Fernández Pérez.

Por las explicaciones tan amplias sobre química.

VI

GLOSARIO DE TERMINOS USADOS EN PLASTICOS:

ABSORCION DE AGUA: Es la cantidad de agua absorbida por un polímero cuando es sumergido en agua, por un determinado período de tiempo. Todos los plásticos absorben humedad en cierta medida, variando desde 0 como el PTFE, hasta completa solubilidad para algunos tipos de PVA y óxido de polietileno. La absorción de agua, puede causar hinchazón disolución, permeabilidad, plasticidad, fragilidad e hidrolización con efectos de decoloración, así como la pérdida de propiedades mecánicas y eléctricas, baja resistencia al calor y ruptura al esfuerzo; de cualquier forma la cantidad de agua absorbida por un polímero particular, no necesariamente es indicativo de la extensión de efectos nocivos resultantes.

ACELERADOR. Es un compuesto que se le agrega a un monómero para acelerar la polimerización, como ejemplo el acelerador para resina poliéster es un naftenato de cobalto.

- ACRILONITRILO:** En fibras. Compuesto químico, que forma parte de todas las fibras acrílicas, como mínimo es un porcentaje del 85%.
- ADHESIVO:** Es un compuesto que permite pegar un material a otro.
- ADITIVO:** Es un compuesto que se utiliza en los plásticos para modificar las propiedades físicas y/o químicas.
- AGENTE DE SEDIMENTACION:** Es un compuesto que evita que la materia se precipite al fondo.
- ALBUMINA:** Proteína de origen animal.
- ALCALI:** Sustancia soluble en agua, con la cual se forma una solución capaz de neutralizar a un ácido.
- ALCANFOR:** $C_{10}H_{16}O$. Es un plastificante, importante para el nitrato de celulosa. Se le encuentra naturalmente en la madera del árbol del Alcanfor, o puede producirse sintéticamente
- ALDEHIDOS:** Compuestos obtenidos por la oxidación del alcohol.
- AMINA:** Familia de compuestos orgánicos, de carácter básico que contiene necesariamente grupos $-NH_2$, $-NHR$ o $-NR_2$.
- ANTIOXIDANTE:** Es un agente que se le incorpora a un polímero, para evitar la degradación de un plástico por el oxígeno.
- APRESTO:** Procedimiento al que se somete ciertas materias como el cuero y los tejidos para darles cierta consistencia.
- ATOMO:** Es la partícula más pequeña de un elemento, que interviene en un fenómeno químico ordinario.
- ATOMOS POLIVALENTES:** Que presenta la capacidad de formar más de un enlace y constituye la llamada cadena del polímero.
- ATOMOS UNIVALENTES:** Que presenta la capacidad de formar un solo enlace y constituye, normalmente, los átomos o grupos laterales llamados colgantes.

BACTERICIDA O FUNGICIDA: Es un aditivo que sirve para evitar la contaminación por bacterias y hongos.

BASE: Cuerpo capaz de neutralizar un ácido al combinarse con él.

BATAN: Máquina que limpia, abre el algodón u otra fibra posibilitando hacerla napa.

BOBINA: En fibras. Forma de presentación de los hilos adecuada para facilitar sus posteriores manipulaciones.

BRUMOSIDAD: Es el aspecto nebuloso o turbio de una muestra semitransparente, es causado por la luz dispersada dentro de la muestra o desde la superficie de la muestra. Para los propósitos del método de prueba ASTM D1003 para brumosisidad y transmisión lumínica, en plástico transparente, brumosisidad es el porcentaje de la luz transmitida que pasa a través de la muestra, desviada desde el rayo incidente hacia el frente poco más de 2.5% de promedio (ASTM D883-65T).

BUTADIENO: Es un hule (elastómero) que se le puede agregar a otro plástico para modificar sus propiedades físicas y/o mecánicas, que normalmente sirve como modificador de impacto o sea que absorbe los golpes.

CABLE: En fibras. (Hilatura), Tipo de presentación de fibra sintética que recibe su nombre de la forma de cable que adopta el conjunto de gran número de fibras de bajo denier. Corresponde a la traducción del término inglés tow.

CALANDRA: En fibras. Aparato formador de napa (comprimido textil en forma de tela) a la salida del batán. Consta de cuatro pesados cilindros, apretados unos contra otros por medio de palancas de contra peso. Su objetivo es volver compacta la guata suministrada por las jaulas antes del arrollado final de la napa.

CALOR ESPECIFICO: Es el calor absorbido (o desprendido) por cualquier substancia, por gramo de material y por grado de temperatura.

- ACRILONITRILO:** En fibras. Compuesto químico, que forma parte de todas las fibras acrílicas, como mínimo es un porcentaje del 85%.
- ADHESIVO:** Es un compuesto que permite pegar un material a otro.
- ADITIVO:** Es un compuesto que se utiliza en los plásticos para modificar las propiedades físicas y/o químicas.
- AGENTE DE SEDIMENTACION:** Es un compuesto que evita que la materia se precipite al fondo.
- ALBUMINA:** Proteína de origen animal.
- ALCALI:** Sustancia soluble en agua, con la cual se forma una solución capaz de neutralizar a un ácido.
- ALCANFOR:** $C_{10}H_{16}O$. Es un plastificante, importante para el nitrato de celulosa. Se le encuentra naturalmente en la madera del árbol del Alcanfor, o puede producirse sintéticamente
- ALDEHIDOS:** Compuestos obtenidos por la oxidación del alcohol.
- AMINA:** Familia de compuestos orgánicos, de carácter básico que contiene necesariamente grupos $-NH_2$, $-NHR$ o $-NR_2$.
- ANTIOXIDANTE:** Es un agente que se le incorpora a un polímero, para evitar la degradación de un plástico por el oxígeno.
- APRESTO:** Procedimiento al que se somete ciertas materias como el cuero y los tejidos para darles cierta consistencia.
- ATOMO:** Es la partícula más pequeña de un elemento, que interviene en un fenómeno químico ordinario.
- ATOMOS POLIVALENTES:** Que presenta la capacidad de formar más de un enlace y constituye la llamada cadena del polímero.
- ATOMOS UNIVALENTES:** Que presenta la capacidad de formar un solo enlace y constituye, normalmente, los átomos o grupos laterales llamados colgantes.

- CARGAS:** Es un compuesto que normalmente es inorgánico (cal) que se le agrega a un plástico para modificar sus propiedades físicas y/o mecánicas, además en algunos casos, se puede usar para abaratar el costo del producto final.
- CATADIOPTRICOS:** Aparato compuesto por espejos y lentes.
- CATALIZADOR:** Es un compuesto que promueve o acelera una reacción química que siempre se puede recobrar; en el caso de los polímeros es un compuesto que hace entrelazar a los monómeros.
- CAVIDAD:** En plástico; espacio que se hace por diferentes métodos para que el polímero tome la forma de éste.
- CLARABOYA:** Ventana en el techo.
- CLARIFICADOR:** Es un aditivo que aumenta la transparencia de un material.
- COAGULACION:** Se le llama cuando se solidifica un líquido.
- COEFICIENTE DE EXPANSION LINEAL:** Es la expansión por unidad de longitud de un material por un aumento de un grado en la temperatura.
- COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA:** Es la variación de la masa de una muestra específica de material plástico, cuando está sujeta a un aumento específico de temperatura.
- COLOIDE:** Nombre dado a las sustancias que tienen la apariencia de la cola de gelatina. Sustancia viscosa.
- COLA:** Pasta de gelatina que se hace con raspaduras y retazo de pieles que sirve para pegar.
- COMPUESTOS:** Sustancia química en cuya composición entran dos o más cuerpos simples. El agua es un compuesto binario de O y H.
- CONDUCTIVIDAD TERMICA:** Es el valor al que el calor es transferido, por conducción a través de una unidad de área de la sección transversal del material, cuando un gradiente (grado) de temperatura es aplicado al área perpendicularmente; el coeficiente térmico de conductividad, a veces es llamado factor "K", y es

expresado como la cantidad de calor que pasa a través de una unidad cúbica de sustancia en una unidad dada de tiempo, cuando la diferencia en temperatura entre las dos caras es de un of.

CONSISTENCIA: Firmeza, dureza.

CONTRACCION POR MOLDEO: Es la disminución de dimensiones expresada en plg./plg., entre un objeto moldeado y la cavidad del molde en que se moldea, ambos medidos a la temperatura ambiente.

COPOLIMERIZARSE: Es cuando dos polímeros se pueden unir.

COPOLIMERO: Es la unión de dos polímeros, que se integran entre sí sus cualidades para dar un nuevo plástico; como ejemplo el estirenoacrilonitrilo (SAN).

COVALENTE: Unión particular de los átomos en las moléculas cuando cada uno de ellos pone en común uno de sus electrones para constituir el enlace.

CUERPO: Es un pedazo de materia que tiene un tamaño y una forma determinados.

CURADO: O vulcanizado; generalmente se refiere al proceso de endurecimiento de los materiales plásticos. Más específicamente se refiere al cambio de las propiedades físicas de un material a causa de reacciones químicas (usualmente por acción del calor o de una catálisis)

DEFLEXION TERMICA: Desvío accidental o provocado que experimenta una corriente de temperatura.

DEFORMACION ELASTICA: Es la parte de deformación o estiramiento de un cuerpo sometido a tensión, que desaparece cuando la tensión es eliminada.

DEFORMACION PLASTICA: Es la cantidad de deformación que permanece en un cuerpo sometido a tensión, cuando se elimina la tensión por un tiempo dado.

DENIER: Es el peso, expresado en gramos, de 9 000 metros de fibra sintética en forma de filamento continuo.

DENSIDAD: Es la relación entre la masa de un cuerpo sólido o líquido y la masa del agua. Relación entre la masa de un gas o vapor y la masa de aire que, en idénticas condiciones de temperatura y presión, ocupa el mismo volumen.

DESPOLIMERIZARSE: Es cuando un polímero se descompone en el monómero de partida.

DESTILACION: Vaporizar los líquidos por medio del calor para separar las partículas más volátiles, enfriando luego éstas para volverlas a líquidos.

DIELECTRICO: Un material capaz de soportar la tensión eléctrica.

DISOLVENTE: Ver solvente.

DISPERSION: Partículas finas de un material distribuidas o suspendidas en otra sustancia.

DISPERSION ACUOSA: Partículas finas de un material distribuidas o suspendidas en agua.

DUCTIL: Se les llama a los materiales que se pueden alargar, estirar y adelgazar.

DUREZA SHORE: Método para determinar la dureza de un material plástico usando un durómetro. Este instrumento consta de un pequeño martillo cónico, terminado con una punta de diamante y que actúa en un tubo de vidrio. Se hace que el martillo golpee el material ensayado y se anota la repercusión sobre la escala graduada. Generalmente, el material más duro es el que posee la repercusión más grande.

DURO: Sólido, difícil de cortar, romper o doblar.

ENDOTERMICA: Se le dice a la acción de absorber calor. Material endotérmico, material que absorbe calor.

ELASTOMERO: Es un plástico que tiene un menor grado de entrecruzamiento que los termofijos, por lo que se reblandecen por la acción del calor, pero sin llegar a fundirse.

ELECTROLITO: Líquido que puede ser descompuesto por el paso de una corriente.

ELECTRON: Partícula elemental dotada de la menor carga eléctrica que sea posible aislar.

ELEMENTO: Es la substancia más simple que no se ha podido descomponer. (por métodos químicos).

EMULSIFICANTE: Son compuestos que hacen bajar la tensión interfacial y que, además, forman al rededor de cada gotita de líquido una película protectora que tiende a estabilizar la emulsión. Estos compuestos están formados por una cadena orgánica (hidrocarburo) y una cabeza (polar o inorgánica).

EMULSION: Mezcla heterogénea que debido a la incorporación de un agente o aditivo emulsificante evita la precipitación de uno de los componentes.

ENCARTAMIENTO: En fibras. Son tres pares de rodillos, con diferente velocidad de movimiento, que permite el desplazamiento de la fibra para su posterior procesamiento, normalmente están fabricados en acero, con un terminado moleteado o astreado.

ENLONGACION: Es el aumento de la longitud de un material deformado por tensión. En el ensayo del punto de rotura, la cantidad de estiramiento es medida en porcentaje de la ley longitudinal de la muestra ensayada.

ESPECTRO: (De luz). Conjunto de rayos de colores diferentes y yuxtapuestos en los que se descompone la luz blanca al atravesar un prisma de cristal.

ESTABILIZADOR: Dícese, generalmente, de cualquier sustancia que hace más estable a una solución, mezcla, suspensión, etc. Más específicamente en la tecnología de los plásticos dícese de los compuestos que mantienen a través del procesado y subsiguiente vida útil del material, las propiedades físicas y químicas de las sustancias iniciales.

ESTABILIZADOR DE COLOR: Es un componente que se le incorpora al plástico para tener permanente el color.

ESTABILIZADOR TERMICO: Compuesto químico que estabiliza al material plástico contra la temperatura.

ESTER: Es el resultado de la reacción de un ácido con un alcohol.

ESTER ACRILICO: Es un éster del ácido acrílico o de un derivado estructural del ácido acrílico.

ESTERIFICACION: Es el proceso para producir un éster.

EXOTERMIA: Se le dice a la acción de generar calor. Material exotérmico, material que genera calor. La resina poliéster cuando está polimerizando produce una reacción química exotérmica.

FIBRAS: (Naturales o sintéticas); las fibras naturales son generalmente largas, formadas por células o tejidos filiformes de origen animal o vegetal. Las fibras animales consisten, generalmente de cadenas proteínicas, mientras que las fibras vegetales son cadenas celulósicas. Las fibras sintéticas son filamentos o productos filiformes producidos licuando una materia prima natural o sintética y luego haciendo pasar un líquido a través de orificios pequeños y convirtiendo inmediatamente al estado sólido los compuestos filiformes obtenidos.

FIBRAS ACRILICAS: Filamentos hechos de cualquier polímero sintético de cadena larga que contiene 85% o más de acrilonitrilo.

FILIFORME: Dícese a las cadenas muy largas formadas por una sucesión de numerosas moléculas, estructura propia de los polímeros y macromoléculas.

FLUDIFICAR: Hacer pasar un material de estado sólido a estado líquido.

FUERZAS VAN DER WALLS: Son las fuerzas intermoleculares producidas por cargas eléctricas fáciles de romper por medios físicos principalmente.

FUSION: Es el cambio de sólido a líquido, se logra aumentando la temperatura; se aumenta la repulsión molecular.

GUATA: En fibras. Superposición de telas del batan en la alimentación del batan repasador.

GRADO DE POLIMERIZACION: Son las veces que se unen un polímero.

HETEROGENIA: Compuesto de elementos de diferente naturaleza.

HIDROLISIS: Es la descomposición química de un compuesto involucrando una reacción con agua.

HIGROSCOPICO: Se le dice a la acción de absorber humedad. Material higroscópico, material que absorbe agua. El polietilén glicol (poliuretano) es un material higroscópico.

HILATURA: En fibras. Conjunto de operaciones que comprenden el tratamiento de las diversas materias fibrosas, bien sean naturales, bien artificiales o sintéticas, desde su origen, cultivo o producción, hasta su transformación en hilo, dotado de finura, mayor o menor regularidad de diámetro y resistencia como efecto de la torsión conferida.

HOMOPOLIMERO: Polímero de igual monómero.

IMPACTO: Choque de un proyectil en un blanco.

INDICADOR: Es una sustancia la cual por su color o cualquier otra propiedad, indica la presencia o concentración de otra sustancia.

INHIBIDOR: Es un compuesto que inhibe o retrasa una reacción química.

INHIBIDOR DE UN MONOMERO: Es un aditivo que retrasa la polimerización del monómero y normalmente se utiliza para almacenar éste y que no polimerice.

INICIADOR DE LA POLIMERIZACION: Es el proceso de polimerización por emulsión; de un monómero, dicese de la sustancia necesaria para iniciar la reacción de polimerización.

INTERFACIAL: Se les llama a la superficie de contacto de dos sustancias no miscibles, como el agua y el aceite.

- INTERSECTING:** En fibras. Separador de fibras con forma de peine. Este está compuesto por pequeñas cerdas de alambre de unos tres cm de longitud y a una distancia de separación entre ellos de tres a cuatro mm., la configuración de las cerdas es muy similar al cepillo para perro de pelo corto.
- IONES:** Son átomos desnivelados eléctricamente, que se consiguen por la pérdida o ganancia de electrones.
- ISOTERMICO:** Se le llama a la acción de desprender calor de una reacción química.
- LICUACION O CONDENSACION:** Es el cambio de gas a líquido, se consigue al enfriar o aumentar la presión.
- LUBRICANTE:** Aditivo a base de ácidos grasos o de sales, que se agrega en pequeñas proporciones (alrededor del 1%) a los materiales plásticos que se han de vaciar, con objeto de facilitar la separación del producto a su molde o el fluido de éste por los diferentes procesos para su transformación.
- MACROMOLECULA:** Es una molécula muy grande. Es otro nombre con que se conoce a los polímeros o plásticos.
- MACROMOLECULAR:** Es una sustancia que consiste de macromoléculas o macroiones, y de pequeños iones suficientes para balancear las cargas de los grandes.
- MAQUINA DE MOLDEO POR INYECCION:** Es una máquina diseñada para el proceso de Moldes por inyección.
- MATERIAL INORGANICO:** Se trata de materiales de origen mineral, es decir, de los compuestos no pertenecientes a los compuestos del carbono o química orgánica.
- MATERIAL ORGANICO:** Se trata de elementos que están basados en el carbono y sus compuestos.
- MASA:** Es todo lo que ocupa un lugar en el espacio. Cantidad de materia contenida en un cuerpo.
- MECHA:** En hilatura. Corbata, cable o cinta gruesa de fibras textiles, empleada para el transporte y manipulación de la materia durante ciertas operaciones de hilatura. Tiene cierta torsión, para conferirle alguna

resistencia y así mejorar sus condiciones de utilización.

METRACRILATO DE METILO: $\text{CH}_2\text{CCH}_3\text{COOCH}_3$. Es un líquido volátil, incoloro, derivado de la cianhidrina-acetona, metanol y ácido sulfúrico diluidos. Se usa en la producción de resinas acrílicas.

MERCAPANATOS: Son alcoholes en los cuales un átomo de azufre, reemplaza al átomo de oxígeno.

MEZCLA: Es la reunión de dos o más elementos y/o compuestos que no están combinados químicamente.

MEZCLA HETEROGENEA: Es aquella donde sus componentes no están distribuidos uniformemente.

MEZCLA HOMOGENEA: Es aquella donde sus componentes están distribuidos de manera completamente uniforme.

MISCIBLES: Se les llama a las sustancias o cosas que pueden ser mezcladas. Como el agua y el vinagre. No miscibles: aceite y agua.

MODIFICADOR DE IMPACTO: Es un aditivo que sirve para mejorar la resistencia de un plástico al impacto.

MODULO: Es una constante que denota la relación entre un efecto físico y la fuerza que lo produce.

MODULO DE ELASTICIDAD: Es la relación entre la tensión aplicada a un material y la deformación sufrida por el mismo. Comunmente, es el cociente obtenido de dividir la tensión por pulgada cuadrada y la elongación por pulgada de longitud causada por la tensión aplicada. En algunas ocasiones se le conoce como coeficiente de elasticidad.

MOLDEO: Acción de dar forma a los componentes plásticos, usualmente bajo presión y calor.

MOLECULA DE CADENA RECTA: Sinónimo de la expresión molécula lineal.

MOLECULA LINEAL: Es una molécula larga en forma de cadena que se distingue de las que tienen cadenas laterales o ramificaciones.

MONOFILAMENTOS: Es un hilo continuo que posee un único filamento. Los monofilamentos se producen, generalmente, por procesos de extrusión, y una cantidad de materiales plásticos se fabrican de esta manera.

MONOMERO: Es un compuesto químico simple, capaz de ser convertido en consigo mismo o con otras sustancias. Es la unidad fundamental de un polímero.

NAPA: En hilatura. Tela formada a la salida del Batán, arrollada sobre la calandra formadora de la misma. Su peso ha de ser constante, con un campo de variación del 2% más o menos, sobre el establecido. Durante su formación se arrolla sobre un eje, siendo antes comprimida mediante pesados cilindros en tres puntos de contacto, para volver compacta la tela y aplastar las fibras salientes. A medida, que la tela se forma, la presión disminuye de 1500 kg. a 80 kg. aproximadamente. Recibe también el nombre de tela no hilada. La napa está constituida por una multitud de fibras que se entrecruzan para hacerse como bajo alfombra.

NEUTRALIZADO: Dicese al producto que retarda o nulifica una reacción o a un producto.

OXIDACION CATALITICA: Dicese a una substancia que ayuda a acelerar la reacción.

OXIDANTE: Es un agente que incorpora oxígeno, provocando la degradación del material.

PARAFINA: Hidrocarburo destilado del petróleo crudo y usado principalmente como combustible para lámparas.

PELICULA DESMOLDADORA O SEPARADORA: Es un compuesto que se le agrega a los moldes antes de vaciar el plástico con objeto de que su desprendimiento sea fácil. Una película desmoldante se puede hacer con alcohol de polivinilo.

PELICULAS TERMOCONTRACTILIES O PELICULAS BIORIENTADAS: Son películas termo-plásticas que durante el proceso de producción son estiradas y

enfriadas rápidamente, con el fin de obtener una película que se contraiga a su dimensión original por acción de calor controlado, se utiliza este tipo de películas para los sellos de garantía de las botellas, para envolver regalos, etc.

PELLET: (Grano en Inglés). Grano hecho de plástico para su futura transformación por diferentes métodos.

PERMEABILIDAD: Pasaje, o velocidad de pasaje, de un gas, líquido o sólido a través de un material plástico, sin afectarlo química o físicamente.

PEROXIDOS: Nombre genérico de los óxidos más ricos en oxígeno que los óxidos ordinarios; los peróxidos son oxidantes muy activos e incluso enérgicos, como los percloratos.

PEROXIDO DE BARIO: Es un catalizador oxidante usado en varias síntesis y reacciones de polimerización.

PEROXIDO DE BENZOILO: Es un polvo blanco, cristalino, usado como catalizador. En la polimerización de las resinas acrílicas y vinílicas es muy usado.

PERSULFATO: Sal que resulta de la combinación de ácidos persulfóricos con una base y que se obtiene industrialmente por electrolisis.

PESO ATOMICO: Es el peso relativo de un átomo de cualquier elemento respecto del peso de un átomo de oxígeno que se toma como 16,000.

PESO ESPECIFICO: Es el peso en gramos de un centímetro cúbico de una sustancia. El agua tiene un peso específico de un gramo por cada centímetro cúbico de volumen. Nos sirve para saber cuanto pesa un volumen dado.

PESO MOLECULAR: Es el peso molecular de los elementos. Es la suma del peso atómico de los elementos (monómero) de un plástico.

P.H.: Escala que mide el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia determinada. Va del 0 hasta los 14, considerándose el 7 como neutro.

- PLASTIFICANTE:** Aditivo que sirve para hacer más flexible a un polímero.
- POLIACIDO, DA:** Se le llama al cuerpo que tiene varias veces la función ácido.
- POLIACRILATO:** Polímero de un éster del ácido acrílico o de sus derivados.
- POLIADICION:** Reacción de polimerización que se empieza con una molécula diferente de la del monómero que ha de constituir la macromolécula.
- POLIALCOHOL:** Cuerpo que, como la glicerina, posee varias veces la función de un alcohol.
- POLIAMIDA:** Resina sintética, obtenida por policondensación con eliminación de agua y de diaminas o bien de aminoácidos, cuyo tipo más conocido es el Nylon.
- POLIBASE:** Cuerpo que, como la alúmina o la cal, tiene varias funciones de base.
- POLIBUTADIENO:** Polimerizado que se emplea en petroquímica y en la fabricación de cauchos sintéticos.
- POLIBUTILENO:** Polimerizado catalíticamente que se emplea como plastificante, para revestimientos plásticos.
- POLICAPROLACTAMO:** Resina que resulta de la polimerización del caprolactamo.
- POLICICLO:** Se le llama a los compuestos orgánicos cuya fórmula contiene varias cadenas cíclicas.
- POLICLORURO DE VINILO:** Resina plástica termoplástica obtenida por copolimerización del cloruro o del acetato de vinilo y que tiene numerosos usos, especialmente para hacer tubos, revestimientos para suelos, fundas aislantes de cables eléctricos, etc.
- POLICONDENSACION:** Procedimiento químico para obtener polímeros por condensaciones sucesivas y que no es sino una reacción de condensación en el curso de la cual las pequeñas moléculas de dos o más cuerpos diferentes se unen para formar macromo-

léculas, con eliminación de pequeñas moléculas sobrantes de fórmula simple (agua, amoniaco, etc.).

POLICONDENSADO: Compuesto obtenido por policondensación.

POLIENO: Nombre genérico de los hidrocarburos cuya molécula tiene varios enlaces etilénicos.

POLIESTER: Resinas que se obtiene mediante condensación de polialcoholes o glicoles.

POLIESTERIFICACION: Reacción de un poliácido con un glicol o un alcohol no saturado, en la cual se forma un poliéster.

POLIESTIRENO, POLIESTIROL Y POLIESTIROLENO: Alto polímero termoplástico que resulta de la polimerización del estireno.

POLIETILENO: Resina termoplástica que se fabrica polimerizando el etileno.

POLIFENOL: Compuesto cuya molécula contiene varias veces la función fenol.

POLIGLICOL: Nombre genérico de los cuerpos líquidos o sólidos que se obtienen a partir del óxido de etileno y de un glicol en presencia de un catalizador y que se emplean como plastificantes y lubricantes, así como para ablandar o dispersar otras sustancias.

POLIMERIZACION: Reacción o serie de reacciones mediante las cuales numerosas moléculas pequeñas de un monómero son soldadas y forman moléculas gigantes de un polímero. "La polimerización es una poliadicción si se efectúa sin pérdida de materia, y una policondensación.

POLIMERIZAR: Efectuar la polimerización de un monómero.

POLIMERIZADOR: Compuesto que provoca el entrecruzamiento de los monómeros y que se incorpora en la polimerización, un polimerizador es el peróxido metil-etil cetona, para el poliéster.

POLIMERO: Dícese del compuesto cuya molécula se haya constituida por la unión de varias moléculas idénticas,

llamándose "dímero" si éstas eran dos; "trímero", si fueran tres, etc.

POLIMETILENO: Nombre genérico de los hidrocarburos que son polímeros del radical metileno CH_2 , los cuales son el etileno, que contiene dos veces dicho radical, el trimetileno, que lo contiene tres veces, el ciclohexano, seis veces, etc.

POLIMETILMETACRILATO: Resina termoplástica transparente que se obtiene por polimerización del metilmetacrilato y que se caracteriza por su nitidez y excelentes propiedades ópticas, su resistencia al agua, al sol, etc. (ver cap. 2)

POLIMORFISMO: Propiedad de la sustancia que, sin que cambie su composición química, puede cristalizar en varios sistemas diferentes.

POLINITRATO: Dícese del compuesto cuya molécula contiene varias veces el radical NO_2 .

POLIOLOL: Nombre que se le da a un compuesto formado por mínimo dos alcoholes (-OH), poli-muchos, ol-alcohol; todas las palabras que terminen en ol o oles significa que tiene en su cadena alcoholes, (químicamente hablando).

POLIPROPILENO: Nombre genérico de los sólidos que se obtienen por polimerización del propileno en presencia del ácido fosfórico o de otro catalizador y que se emplean como materias plásticas y también para fabricar detergentes.

POLISUBSTITUIDO, DA: Dícese de los derivados que se obtienen reemplazando varios átomos de la molécula de un cuerpo por otros tantos radicales o átomos diferentes.

POLITENO: Nombre genérico de los polímeros del etileno.

POLITERPENO: Nombre genérico de aquellos carburos terpénicos en los cuales la fórmula del terpeno (C_5H_8) figura más de tres veces en cada molécula, cual ocurre en los bálsamos y resinas naturales, los carotenos, el caucho, etc.

POLIVINILIDENO: Policloruro de polivinilideno (SARAN), materia termoplástica que resulta de la polimerización del dicloretileno y que se caracteriza por su resistencia al calor y su impermeabilidad al vapor de agua.

PROMOTOR: Ver acelerador.

PROPANO: Hidrocarburo saturado gaseoso, empleado como combustible principalmente.

PROTEINA: Material albuminoidea (salado).

PUNTO DE DISTORSION POR EL CALOR: Es la temperatura a la cual una muestra, preparada para ensayo standard, de material plástico, sufre una deflexión de 0.010 pulgadas en las condiciones de ensayo especificadas.

RADICAL: Grupos de átomos pertenecientes a una molécula, pero al cual se atribuye carácter propio porque, al término de las reacciones conserva íntegra su estructura.

REACCION: Fenómeno fundamental de la química, merced al cual, del contacto de dos o más cuerpos resulta la formación de cuerpos diferentes o una modificación de las proporciones en que se habían mezclado aquéllos.

REACTIVO: Cualquier sustancia usada en una reacción para determinar, medir, examinar o producir otras sustancias.

REDUCTOR: En química, dícese del proceso que involucra una ganancia de electrones de una sustancia, sea por pérdida de oxígeno, adición de hidrógeno o disminución de la valencia.

REGULADOR DE PESO MOLECULAR: Compuesto que sirve para controlar el peso molecular de un polímero.

REOLOGICAS: Estudio de la deformación y flujo de la materia.

RESISTENCIA DIELECTRICA: Es la resistencia que tiene un material de acumular energía. Esta resistencia se puede medir.

RESISTENCIA AL IMPACTO: Es la resistencia que hay que aplicar a un plástico para que éste se rompa. Esta resistencia se puede medir.

RESISTENCIA A LA TENSION: Es la resistencia que tiene un material plástico ante las fuerzas que tienden a deformarlo. Esta resistencia se puede medir.

SEDIMENTACION: Propiedad de los coloides en los cuales las partículas de sustancia insoluble se separan lentamente del medio líquido por gravitación y se depositan en el fondo.

SEDIMENTO: Se le llama a la materia que se precipita al fondo de un líquido.

SEMISINTETICO: Se le llama a un producto que no utiliza 100% materiales sintéticos.

SINTESIS: Es la reunión de elementos para obtener un compuesto. El producto se llamará sintético o artificial.

SINTETICO: Se le llama a los productos hechos por procedimientos industriales o por síntesis química.

SIRUPOSO: Se le llaman a los líquidos que tienen aspecto o consistencia a jarabe.

SOLIDIFICACION: Es el cambio de líquido a sólido y se consigue al enfriar el producto.

SOLUCION: Mezcla homogénea de dos o más sustancias. Las soluciones pueden consistir de líquidos en líquidos, sólidos en líquidos, gases en líquidos, gases en sólidos y sólidos en sólidos.

SOLVENTE O DISOLVENTE: Es un líquido que sirve para dividir las moléculas de una materia.

SUBLIMACION: Es el cambio de sólido a gas y de gas a sólido sin pasar por el estado líquido aparentemente.

SUBSTANCIAS O SUSTANCIAS: Son distintas clases de materia.

SUSPENCION: Mezcla heterogénea que con el tiempo tiende uno de los componentes a precipitarse al fondo.

- TENACIDAD:** Propiedad de los cuerpos a resistir esfuerzos de tracción deformándose o estirándose antes de romperse.
- TENSION:** Es la reacción de un plástico ante las fuerzas que tienden a deformarlo.
- TERMOFIJO O TERMOESTABLE:** Es un plástico que una vez que ha sido producido o curado por la acción de calor o catalizador no se ve afectado por la temperatura, ya que no se funde ni se reblandece por el efecto de ésta.
- TERMOFORMARSE:** Es un proceso por el cual se cambia la forma de una placa de un material termoplástico por medio de temperatura calorífica y presiones de aire. (Ver cap. 4).
- TERMOPLASTICO:** Es un plástico que bajo la acción del calor puede fundirse o reblandecerse.
- TERPOLIMERO:** Término con que se le conoce a un polímero compuesto por tres tipos diferentes de monómeros, v.gr. ABS.
- TITULOS:** En hilatura. Cantidad de filamentos que conforman un hilo
- TORSION:** Tensión caudada al retorcer un material.
- TOXICO:** Se le llama a lo que es venenoso.
- TRIPOLIMEROS:** Es la unión de tres polímeros, que se integran entre sí sus cualidades para dar un nuevo plástico. Como ejemplo el Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).
- URDIMBRE:** Conjunto de hilos paralelos colocados en el telar entre los que pasa la trama para formar el tejido.
- UNIVALENTE:** Adj. Quím. De valencia igual a uno: radical univalente. También conocido con el nombre de Monovalente.
- VALENCIA:** Es la capacidad de un átomo o grupos de átomos para combinarse con otros átomos.
- VAPORIZACION:** Es el cambio de líquido a gas y se logra por el calentamiento o descenso de presión.

VELLOSIDAD: Pelusilla que se nota en una fibra.

VIDA DE UN PLASTICO: Tiempo de vida útil de un polímero sin que éste sufra cambios físicos o químicos.

VISCOSO: Propiedad que tiene un fluido de resistir a un movimiento interno.

VITRIFICACION: Término que se emplea para denominar el punto de más dureza en que se puede encontrar un plástico.

VULCANIZADO: Reacción química que induce grandes cambios en las propiedades físicas de un caucho y se realiza haciendo reaccionar caucho con azufre y/o agentes convenientes.