

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**



**FORMULACION, FABRICACION Y TECNICAS**  
**DE APLICACION DE ADHESIVOS.**

**M O N O G R A F I A**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO QUIMICO**  
**P R E S E N T A**

**CARLOS TENORIO GUTIERREZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

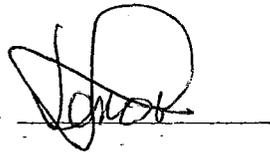
PRESIDENTE: Prof. Julio Terán Zavaleta.  
JURADO ASIGNADO VOCAL: Prof. Antonio Reyes Chumacero.  
ORIGINALMENTE SECRETARIO: Prof. Fernando Iturbe Hermann.  
SEGUNDN EL TEMA 1er. SUPLENTE: Prof. Rolando Barrón Ruíz.  
2do. SUPLENTE: Prof. Margarita González te-  
rán.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

BIBLIOTECAS DE MEXICO DISTRITO FEDERAL.

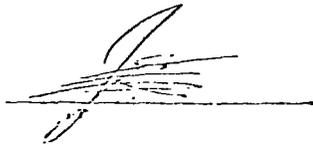
NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:

CARLOS TENORIO GUTIERREZ.



NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA.

Prof. JULIO TERAN ZAVALAETA.



U N A M

DEDICO LA PRESENTE MONOGRAFIA

A mis padres:

FRANCISCO TENORIO CASTAÑEDA

Ma. TERESA GUTIERREZ OVIEDO

Con cariño admiración y respeto.

A mis hermanos:

SILVERIO

HECTOR

SALVADOR

IRMA

Ma. TERESA

Y

PACO

Con afecto.

A mi tío:

AURELIO TENORIO C.

Con Gratiitud y Cariño.

A mi esposa:

VERONICA GARCIA R.

Por su amor único y el  
apoyo que me ha brindado.

A LA FACULTAD DE QUIMICA

A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS

AL HONORABLE JURADO.

## INDICE

	Pág.
CAPITULO I. OBJETIVOS.	
CAPITULO II. INTRODUCCION.	
2.1 Fuerzas Moleculares Responsables de la Adhesión.....	2
2.2 La Unión Adhesiva.....	4
2.3 Factores que Modifican la Adherencia.....	7
CAPITULO III. NATURALEZA DE LOS ADHESIVOS.	
3.1 Materias Naturales.....	13
3.2 Materias Sintéticas .....	17
CAPITULO IV. TECNICA DE FORMULACION	
4.1 Formulación de Adhesivos en Base Solvente.....	37
4.2 Formulación de Adhesivos Termoadherentes.....	41
4.3 Formulación de Adhesivos en Forma de Emulsión.....	44
CAPITULO V. FABRICACION DE ADHESIVOS.	
5.1 Fabricación de Adhesivos en Base Solvente.....	48
5.2 Fabricación de Adhesivos Ter- moadherentes .....	51
5.3 Fabricación de Adhesivos por-	

	Pág.
el Proceso de Polimerización en Emulsión .....	59
<b>CAPITULO VI. TECNICAS DE APLICACION DE ADHESIVOS.</b>	
6.1 Aplicadores Mecánicos a Rodillos.....	64
6.2 Aplicadores por Pulverización .....	64
6.3 Instrumentos de Medida y <u>Distri</u> bución .....	67
6.4 Instrumentos de Aplicación de - Termoadherentes.....	70
<b>CAPITULO VII. CONCLUSIONES.</b>	
<b>CAPITULO VIII. BIBLIOGRAFIA.</b>	

## CAPITULO I

### OBJETIVOS.

Debido a la gran demanda actual de materiales con propiedades adhesivas en multitud de aplicaciones, surgió la idea de seleccionar la información necesaria para que un estudiante recién egresado de la Facultad de Química se inicie en el campo de los adhesivos.

El objetivo principal de esta monografía, es que pueda servir de guía a aquellos estudiantes que se inician en la formulación, fabricación y aplicación de adhesivos.

Para cumplir este objetivo, se estudian los adhesivos más ampliamente utilizados en la industria en forma general, analizando sus fundamentos teóricos, principales polímeros que tienen aplicación en la formulación de adhesivos y técnicas de formulación y aplicación de adhesivos. Para llevar a cabo este estudio se conjuntan las bases teóricas y la experiencia personal en el desarrollo de formulaciones.

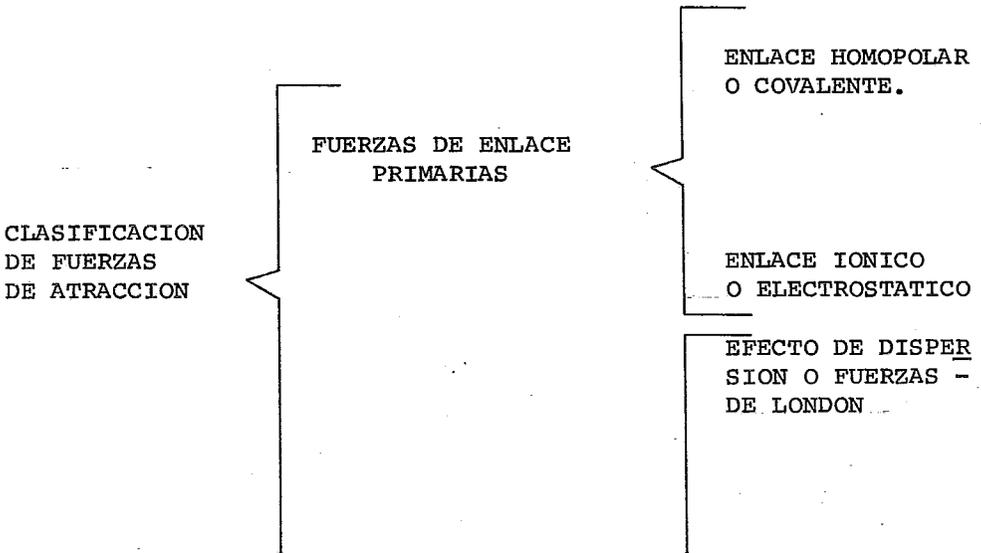
CAPITULO II

INTRODUCCION

Se va a definir el término adhesión de la manera más sencilla: ADHESION es el fenómeno por el cual las superficies son retenidas juntas por medio de fuerzas moleculares e interfaciales. De acuerdo a esta definición, un ADHESIVO es una sustancia capaz de unir o pegar dos superficies (33).

2.1 FUERZAS MOLECULARES RESPONSABLES DE LA ADHESION

La fuerza molecular de adhesión, es reconocida como la misma fuerza responsable de la cohesión de cualquier sólido, es decir, se considerará que la adhesión se debe a fuerzas de enlace primarias y fuerzas de enlace secundarias o fuerzas de Van Der Waals. A continuación describimos en que consiste cada una de ellas.



FUERZAS DE ENLACE  
SECUNDARIAS  
O DE VAN DER WAALS

EFFECTO DE INDUC-  
CION O FUERZAS -  
DE DEBYE

EFFECTO DE ORIEN-  
TACION O FUERZAS  
DE KEEMSOM

( FUERZAS DE ENLACE PRIMARIAS.- Este tipo de enlaces son -  
originados por enlaces covalentes y electrostáticos producidos  
por transferencia de electrones entre los átomos y moléculas.

✓ ENLACE HOMOPOLAR O COVALENTE.- Estos enlaces deben su -  
origen al cambio de electrones entre los átomos, son de corto -  
alcance y altamente direccionales. Estos enlaces pueden imagi--  
narse como pequeños muelles que mantienen unidos a los átomos.

✓ ENLACE IONICO O ELECTROSTATICO.- Estos enlaces se origi-  
nan de la interacción de cristales ionicos de electronegativi--  
dad opuesta, tienen una influencia de largo alcance en la ener-  
gía total del enlace.

✓ FUERZAS DE ENLACE SECUNDARIAS O DE VAN DER WAALS. Estos-  
enlaces son el resultado de las fuerzas de Van der Waals que de  
rivan de la energía residual, estas fuerzas son más grandes pa-  
ra los compuestos que para los átomos o moléculas de los elemenu  
tos, son también mayores para moléculas asimétricas. Estas fueru  
zas de enlace secundarias que conducen a la atracción, se deben

a tres efectos:

✓ EFECTO DE DISPERSION O FUERZAS DE LONDON.- Estas fuerzas son las de mayor importancia, son fuerzas no polares que actúan entre átomos cargados electricamente o no en todos los compuestos orgánicos corrientes, estas fuerzas contribuyen de un 80 al 100% a las fuerzas de cohesión total. La existencia de estas fuerzas es debido a las vibraciones de las nubes de electrones con respecto a los núcleos de los átomos.

✓ EFECTO DE INDUCCION O FUERZAS DE DEBYE.- Este efecto es debido a la presencia de dipolos permanentes que causan polarización en las moléculas vecinas y por lo tanto dipolos inducidos. Esta clas de fuerza es numericamente la menos importante.

✓ EFECTO DE ORIENTACION O FUERZAS DE KEEMSOM.- Estas fuerzas estan presentes sólo en moléculas con dipolos eléctricos permanentes, surgen de las atracciones y orientaciones que los dipolos ejercen entre si (5), (15), (17) y (21).

## 2.2 LA UNION ADHESIVA

La formación de la unión adhesiva comprende tres etapas que son:

- ✓ 1.- El adhesivo es aplicado a los sustratos (se forma la unión.
- ✓ 2.- El adhesivo fragua (solidifica).
- ✓ 3.- Las propiedades de la unión permanecen constantes -

(estado final).

Para aplicaciones prácticas se deben considerar tres tipos de unión:

Unión Enganchada: Este tipo de unión es común cuando se unen sustratos fibrosos tales como papel, cartón, madera etc. - Cuando el adhesivo es aplicado en estado líquido, éste penetra en los poros y entre las fibras de las superficies de los sustratos formando ganchos o lazos alrededor de las fibras y presentando agarre mecánico al sustrato. Después de que el adhesivo llega a su estado final, la fuerza de rompimiento de la unión depende del grado de penetración alcanzado durante la aplicación del adhesivo..

UNION IMPROPIA.- Este tipo de unión es formada cuando en el momento de aplicar el adhesivo hacia el sustrato esta presente una película de impurezas debilmente adherida a la superficie del sustrato. La película de impurezas adherida en la superficie puede ser originada durante la aplicación del adhesivo o durante la formación de la unión.

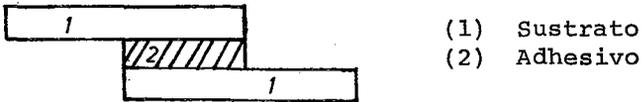
UNION PROPIA.- En este tipo de unión no existe ninguna película de impurezas, el adhesivo está en íntimo contacto con la superficie del material que se va a pegar y se forma la unión propiamente dicha. La fuerza de rompimiento de esta unión propia dependerá de la naturaleza del adhesivo (3), (15).

DISEÑO DE UNIONES: Para poder diseñar adecuadamente la -

unión se deben considerar las siguientes condiciones: Asegurar una distribución uniforme de los esfuerzos en toda el área de contacto y reducir al mínimo las concentraciones de esfuerzos en toda el área de contacto.

En el diseño de uniones existen dos tipos básicos que son:

1.- Unión por Solape.- El tipo más corriente de unión es la unión a solape, en la cual se superponen dos superficies y se sujetan entre sí mediante una capa de adhesivo intermedio (fig. 1).



- (1) Sustrato
- (2) Adhesivo

Figura 1. Unión por Solape.

2.- Unión a tope.- La unión a tope esta representada por una distribución no uniforme de esfuerzos, un ejemplo de esta unión es el que nos brinda una capa de adhesivo elástico sometida a tensión o compresión entre dos planos paralelos (fig. 2):

(1) Sustrato

(2) Adhesivo

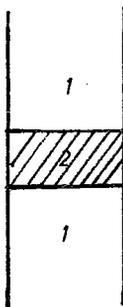


Figura 2 Unión a tope.

La selección de un diseño adecuado, es en gran parte -  
cuestión de experiencia y, como las uniones se encuentran ex-  
puestas a una combinación de esfuerzos, se tendrán que tomar en  
cuenta todos los factores que puedan afectar a la unión (5) (16).

### 2.3 FACTORES QUE MODIFICAN LA ADHERENCIA

Las observaciones hechas en la práctica indican que la -  
adherencia es modificada por los siguientes factores:

2.3.1.- Afinidad del adhesivo por el sustrato  
(Superficies que se van a pegar)

2.3.2.- Tendencia del adhesivo a penetrar en la superfi-  
cie del sustrato.

2.3.3.- Continuidad y consistencia de los adhesivos.

2.3.4.- Espesor y flexibilidad de la capa adhesiva.

#### 2.3.1.- AFINIDAD DEL ADHESIVO POR EL SUSTRATO.

Se afirma que un adhesivo tiene afinidad por un sustrato,  
cuando el adhesivo ha mojado al sustrato y está en íntimo contac

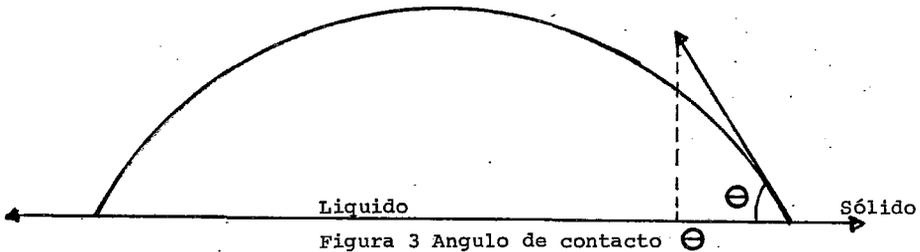
to con él.

Al momento de poner al adhesivo en contacto con el sustrato (el cual debe estar libre de contaminación) se formará un ángulo de contacto  $\Theta$  (Fig. 3), este ángulo estará en equilibrio cuando las fuerzas de la superficie en las orillas de la gota - esten en balance.

La importancia del ángulo de contacto entre un sólido y un adhesivo líquido, es que representa el grado en que un adhesivo se puede extender y a su vez humedecer la superficie del material que se va a pegar.

Cuando el ángulo de contacto tiene un valor de  $\Theta > 90^\circ$  indica que el adhesivo no se extiende sobre la superficie o retrocede causando que el ángulo  $\Theta$  tenga un valor alto, esto indica que tiene poca o ninguna afinidad por el sustrato.

Cuando el ángulo de contacto tiene un valor de  $\Theta = 0^\circ$  indica que el adhesivo se extiende en una película tan delgada que no se puede medir, en realidad el adhesivo se ha extendido muy bien e indica que tiene muy buena afinidad por el sustrato - (5) (30).



La medición real del ángulo de contacto encuentra algunas dificultades, a pesar de que, desde luego, debería haber un valor único, en realidad siempre se miden dos y a veces muchos valores del ángulo de contacto.

La presencia de impurezas como humedad, aire o partículas gruesas, son la causa de los diferentes valores que se hallan en las mediciones reales del ángulo  $\Theta$ . Si las impurezas son removidas por los medios apropiados, las superficies se pueden adherir fácilmente (29).

### 2.3.2.- TENDENCIA DEL ADHESIVO A PENETRAR EN LA SUPERFICIE DEL-SUSTRATO.

En este punto es muy importante la topografía del sustrato, ya que de ella dependerá el grado de penetración del adhesivo. Estas superficies generalmente presentan gran cantidad de asperezas distribuidas al azar. En la mayoría de las aplicaciones prácticas, los sustratos son apreciablemente ásperos, lo cual es conveniente para que se lleve a cabo una buena adhesión,

pero cuando el sustrato presenta una superficie lisa, se recomienda volverla áspera por medio de baños con ácidos, chorros de arena a presión, abrasión mecánica o algún solvente como: tolueno, metiletil-cetona, xileno, etc. (30)

### 2.3.3.- CONTINUIDAD Y CONSISTENCIA DE LOS ADHESIVOS

En la práctica, se requieren adhesivos que tengan cierta continuidad, es decir, es necesario que fluyan en el momento de hacer la unión, con el objeto de que penetren en los valles y capilares de la superficie de los sustratos.

Asimismo, es necesario que presenten consistencia, es decir, que la viscosidad de los adhesivos sirva para poder esparcirlo con el espesor deseado, ya sea con brocha, atomizador, llana o con cualquier otro método de aplicación (30) (35).

### 2.3.4.- ESPESOR Y FLEXIBILIDAD DE LA CAPA ADHESIVA

En cuanto al espesor y flexibilidad de la película adhesiva, se recomienda, que cuando se trata de adhesivos rígidos, son mas eficaces en forma de películas delgadas. En cambio, los adhesivos elásticos se pueden aplicar en películas bastante gruesas, esto es debido a que presentan mayor resistencia al impacto.

En aplicaciones industriales, cuando se trata de adhesivos rígidos es recomendable utilizar películas tan delgadas como sea posible, sin llegar a tener una unión insuficiente. Para

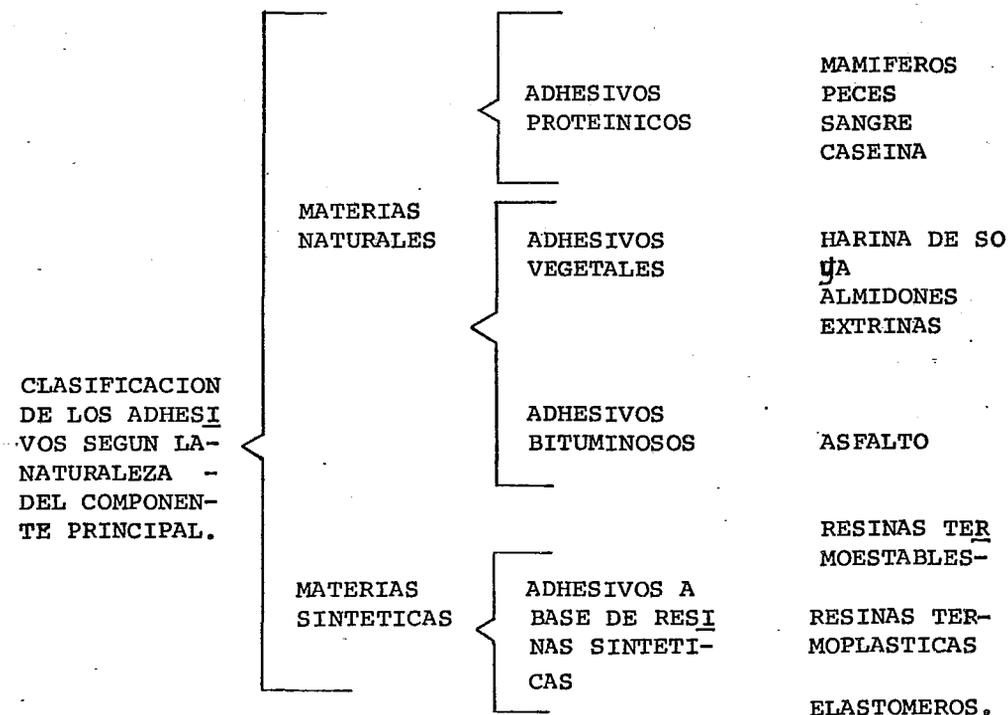
prevenir la insuficiencia, la cantidad de adhesivo utilizado, -  
debe ser suficiente para llenar todos los niveles de aspereza,-  
también se debe considerar el volúmen de encogimiento del adhe-  
sivo (5) (30).

### CAPITULO III

#### NATURALEZA DE LOS ADHESIVOS

Existe una infinidad de materiales con propiedades adhesivas que tienen una amplia aplicación en la industria química para la fabricación de adhesivos. Estos materiales pueden ser de origen natural o sintético.

La formulación de adhesivos son combinaciones de materiales sintéticos, de materiales naturales y, en algunas ocasiones de materiales sintéticos con naturales, esto se hace con el objeto de aprovechar las propiedades de cada material. Para tener un panorama general de los adhesivos se van a clasificar en base a la naturaleza del componente principal.



### 3.1. MATERIAS NATURALES

Algunas materias de origen natural han sido usadas por - muchos años en la elaboración de adhesivos, pero en la actualidad, debido a sus limitadas propiedades están siendo desplazadas por polímeros sintéticos. Sin embargo, en algunas industrias tienen aplicaciones debido a su bajo costo. Entre los adhesivos que están elaborados a partir de materias naturales tenemos:

#### 3.1.1.- ADHESIVOS PROTEINICOS.

El término "adhesivo proteínico" se aplica generalmente a colas preparadas a partir del colágeno de mamíferos, proteína principal del cuerpo y huesos. El término cola (del latín "colla") significa el extracto proteínico obtenido de cueros, huesos o del pescado.

La composición química del colágeno obtenido a partir de una gran variedad de mamíferos terrestres, varía muy poco, esto es cierto igualmente tanto si se parte de cueros como de huesos. La mayor parte de las colas animales se fabrican a base de cueros o de huesos del ganado y se clasifican en dos tipos principales: La cola del hueso y la cola del cuero, la diferencia entre ambos tipos de colas, se debe principalmente a los diferentes métodos de tratamiento.

La cola elaborada a partir de peces se usaba antiguamente porque era un producto de la industria del bacalao, la cual-

ha perdido mucha importancia.

El empleo de cola elaborada a partir de peces en trabajos de madera ha sido desplazado por colas de materiales sintéticos.

La cola elaborada a partir de albúmina de sangre se prepara a partir de sangre fresca del matadero o de polvo seco de sangre soluble y agua. La cola de albúmina de sangre puede combinarse con resinas termoestables y formar buenas uniones. El inconveniente de formar uniones con este tipo de colas es que están sujetas al ataque de bacterias y hongos.

La cola elaborada a partir de la caseína se prepara disolviendo la caseína de la leche en una solución alcalina. La resistencia de la unión, el comportamiento reológico y la resistencia al agua pueden variarse utilizando diferentes soluciones alcalinas (5).

### 3.1.2.- ADHESIVOS VEGETALES

El término "Adhesivos Vegetales" se aplica a aquellos adhesivos que son solubles o dispersables en agua, y que son producidos o extraídos de materias primas naturales vegetales por procesos relativamente simples. Entre los materiales naturales más importantes para la fabricación de adhesivos vegetales tenemos: Harina de soja, almidones y dextrinas.

La cola elaborada a partir de harina de soja, es la más-

importante entre los adhesivos baratos fabricados a base de proteínas vegetales. La harina de soja puede variar mucho en cuanto a contenido de proteína y esto puede afectar las propiedades de la cola preparada a partir de ella. La cola de harina de soja presenta propiedades físicas, poder de unión y resistencia - al agua similares a la cola de caseína.

Los almidones que forman la principal fuente para la fabricación de adhesivos vegetales, pueden extraerse por medios comerciales de los órganos de reserva de las plantas entre las que tenemos: maíz, trigo, patatas y arroz. Los almidones presentan el grupo hidróxilo como principal grupo funcional, la presencia de dicho grupo funcional significa que son de naturaleza hidrófila y por lo tanto pueden combinarse con el agua para formar adhesivos de viscosidades variadas. Entre los almidones de mayor aplicación tenemos: almidón no modificado, almidón oxidado, almidón tratado en medio ácido, derivados del almidón, almidón convertido en medio salino, todas estas variedades tienen aplicaciones muy especiales en el campo de los adhesivos.

Las dextrinas son el producto de degradación del almidón. Son más solubles en agua debido a que presentan un peso molecular medio mucho más bajo que el almidón, además presentan viscosidad mas baja, y mayor adhesividad.

Existen tres tipos principales de dextrinas: Dextrinas - blancas, dextrinas amarillas y dextrinas comerciales.

Las dextrinas blancas se preparan por calentamiento de almidón en presencia de ácido hasta conseguir la solubilidad y el color deseado, la solubilidad y el color pueden variarse controlando el tiempo y temperatura de reacción, así como la concentración del ácido. Las dextrinas amarillas se preparan calentando almidón con catalizadores que varíen entre muy poco solubles y completamente solubles en agua, los colores de estas dextrinas varían desde amarillo pálido hasta pardo oscuro. Las dextrinas comerciales se preparan calentando almidón a 150 grados centígrados, obteniendo dextrinas de color oscuro que tienen gran solubilidad en agua caliente, aunque presentan baja solubilidad en agua fría. Las características de cualquier tipo de dextrina depende del tipo de almidón de partida, temperatura y PH (5) (22).

### 3.1.3.- ADHESIVOS BITUMINOSOS.

El término "Adhesivo Bituminoso" se aplica a aquellos adhesivos preparados a base de asfalto, con cargas inorgánicas o incluso con materiales orgánicos como caucho, polímeros y aceites vegetales. El asfalto es un material termoplástico a temperatura ambiente, altamente viscoso, o casi sólido, por calentamiento a altas temperaturas puede reducirse a un estado de baja viscosidad, es completamente soluble en disulfuro de carbono (5) (16) (23).

### 3.2 MATERIAS SINTETICAS

Las materias sintéticas representan en la actualidad la posibilidad de desarrollar adhesivos con una amplia gama de propiedades de las cuales las materias naturales carecían.

Estas cualidades hacen notar la importancia de las materias sintéticas en la industria de los adhesivos. Estos adhesivos se dividen en tres grandes grupos que son: adhesivos a base de resinas termoestables, adhesivos a base de resinas termoplásticas y adhesivos a base de elastómeros (tabla I).

#### 3.2.1.- ADHESIVOS A BASE DE RESINAS TERMOESTABLES

Los adhesivos a base de resinas termoestables son aquellos que, por curado experimentan una transformación física y químicamente irreversible para hacerse substancialmente infusibles, este término se aplica a los adhesivos antes y después del curado (endurecimiento). Los adhesivos termoestables están generalmente elaborados a base de polímeros de condensación, entre las clases más comunes tenemos:

ADHESIVOS DE UREA FORMALDEHIDO.- Un adhesivo de urea-formaldehido (UF) o cola de urea formaldehido, es el producto de condensación de la urea no substituida y el formaldehido. La reacción entre la urea y el formaldehido se rige por cinco factores que son: la relación molecular entre urea y formaldehido, el pH, temperatura, concentración y tiempo. Variándose estos

TABLA I

## CLASIFICACION DE ADHESIVOS A BASE DE RESINAS SINTETICAS

	<u>TERMOESTABLES</u>	<u>TERMOPLASTICO</u>	<u>ELASTOMEROS</u>
	UREA FORMALDEHIDO	CELULOSICOS	POLICLORO-- PRENO
	MELAMINA FORMALDEHIDO	POLIVINILICOS	HULE NITRI-- LO.
	FENOL FORMALDEHIDO	ACRILICOS	HULE SILI-- CON.
<u>C L A S E S</u>	RESORCINA FORMALDEHIDO RESINAS EPOXI RESINAS DE FURANO	POLIAMIDAS	POLIURETANO
<u>PRESENTACION</u>	LIQUIDOS	LIQUIDOS ALGUNAS PELICU LAS .SECAS.	LIQUIDOS ALGUNAS PE-- LICULAS .SE-- CAS.
<u>CARACTERISTICAS DE LA UNION</u>	BUENA UNION A UNA TEMPERATURA DE 90-250°C. BAJA RESISTENCIA AL IM- PACTO	BUENA UNION A UNA TEMPERA- TURA DE 60-90° BUENA RESISTEN CIA AL IMPACTO	BUENA UNION A UNA TEMPE RATURA DE - 60-200°C.-- BAJA RESIS- TENCIA AL - DESGARRE. - ALTA FLEXI- BILIDAD.

factores se puede preparar una gran variedad de adhesivos U.F.- Los adhesivos urea-formaldehido se usan siempre con endurecedores, esos endurecedores son por lo general sales de amonio de ácido fuertes tales como cloruro, sulfato, nitrato o tiocianato de amonio, estas sales en solución reaccionan con el formaldehido libre en el adhesivo, poniendo en libertad el ácido fuerte correspondiente y como consecuencia, el PH de la mezcla de adhesivo y endurecedor se reduce, y en esas condiciones tiene lugar el final de la reacción y la formación de un producto infusible con enlaces transversales. En algunas industrias las colas de urea-formaldehido solubles en agua, se mezclan con dispersiones acuosas de acetato de polivinilo obteniéndose propiedades excelentes como son: aumento de pegajosidad de la mezcla y gran resistencia al calor.

ADHESIVOS DE MELAMINA FORMALDEHIDO.- Un adhesivo de melamina formaldehido o cola de melamina, es el producto de condensación de melamina no substituida y formaldehido. Las resinas de melamina formaldehido presentan muchas propiedades semejantes a las de la urea formaldehido, sin embargo fueron introducidas muchos años después de las resinas de urea formaldehido y no han alcanzado gran importancia como adhesivos. La reacción entre la melamina y el formaldehido ha sido estudiada con detalle por Gams (13), esta reacción es semejante a la descrita anteriormente y es controlada por cinco factores que son: rela---

ción molecular, valor de  $\text{PH}$ , temperatura, concentración y tiempo. La diferencia fundamental entre los adhesivos de melamina - formaldehído y urea formaldehído se encuentra en el curado, ya que mientras estos últimos pueden ser curados (endurecidos) a temperatura ambiente, los adhesivos de melamina requiere una temperatura mínima de 65 grados centígrados. De hecho un adhesivo de melamina puede endurecerse a una temperatura mucho más baja, disminuyendo el valor de  $\text{PH}$ , pero el producto final tiene poca fuerza cohesiva y adhesiva, desgraciadamente se necesita calor para producir un adhesivo de melamina curado satisfactoriamente, así que este requisito limita inevitablemente su utilidad como adhesivo.

ADHESIVOS DE FENOL FORMALDEHIDO.- Un adhesivo de fenol-formaldehído o cola fenólica (FF) significa un producto de condensación del formaldehído con fenol. Los productos de condensación de fenol y formaldehído pueden ser termoestables (resoles), o termoplásticos (novalacas). Los productos termoestables se forman cuando se usa formaldehído en exceso molar y en condiciones alcalinas, mientras que los productos termoplásticos son el resultado cuando el fenol se usa en condiciones ácidas en exceso molar. Por reacción con suficiente cantidad de formaldehído adicional en condiciones alcalinas, es posible convertir una novalaca en un resol. Si el polvo de resol o de novalaca se mezclan con cargas diversas antes de su transformación en

resinas termoestables o termoplásticas, se obtienen productos de propiedades especiales. Así por ejemplo, la adición de hule proporciona una gran resistencia al choque y flexibilidad.

ADHESIVOS DE RESORCINA FORMALDEHIDO.- Un adhesivo de resorcina formaldehido o cola de resorcina (RF) significa un producto de condensación del formaldehido y resorcina. Esta cola - endurece sin calor y en condiciones neutras, por adición de formaldehido. Para la preparación de una cola de resorcina formaldehido, es necesario hacer reaccionar el resorcinol con una cantidad considerablemente inferior a la equimolecular de formaldehido, para evitar la formación de gel.

ADHESIVOS DE RESINAS EPOXI.- Los adhesivos desarrollados a base de resinas epóxicas, se caracterizan por su adhesividad universal a todos los sustratos. En estado no endurecido, la estructura química de una resina epoxi está caracterizada por el grupo epoxídico. Generalmente las resinas epoxi fabricadas a - partir de epíclorhidrina, son las que mayor aplicación tienen - como adhesivos. Los adhesivos epoxi comprenden desde un líquido a un sólido fusible que contiene grupos epoxi y un agente de curado (12) (6). que puede combinarse con los grupos epoxi para - formar un polímero reticulado.

ADHESIVOS DE RESINA DE FURANO.- Estos adhesivos se caracterizan porque contienen el grupo químico conocido como anillo- de furano. Los adhesivos de furano se preparan a partir del fur

furaldehído y alcohol furfurílico, estos adhesivos polimerizan por adición de un ácido, pasando a un estado resinoso líquido - que presenta excelentes propiedades adhesivas.

#### USOS DE LOS ADHESIVOS A BASE DE RESINAS TERMOESTABLES.--

Los adhesivos a base de resinas termoestables se utilizan para unir metal con metal, metal con madera y madera con madera.

Uniones Metal-Metal, para unir metal a metal, el adhesivo ideal es aquel que pueda usarse a temperatura ambiente, sin aplicar más presión que la que se requiere para poner en íntimo contacto las superficies pero, hasta ahora, no se cuenta con un producto termoestable único capaz de cumplir esta condición, por lo que se utilizan mezclas de caucho sintético y resinas termoestables.

Uniones metal-madera, algunos adhesivos proyectados para unir metal con metal pueden ser utilizados para pegar madera a metal o bien la madera puede ser pegada a metal usando una resina resorcina-formaldehído de fraguado en frío.

Uniones madera-madera, los adhesivos de resinas que fraguan por la acción del calor son muy utilizados para unión de - madera contrachapeada. Puede utilizarse resina de fenol-formaldehído, urea formaldehído, resorcina formaldehído o melamina - formaldehído para afectar dichas uniones.

#### 3.2.2.- ADHESIVOS A BASE DE RESINAS TERMOPLASTICAS.

Los adhesivos a base de resinas termoplásticas se caracterizan porque funden o se reblandecen por calentamiento y vuelven a endurecerse por enfriamiento sin sufrir cambio químico alguno. Cuando se emplean adhesivos a base de resinas termoplásticas, se usan en forma de soluciones, dispersiones acuosas y sólidos; su fraguado se lleva a cabo por cambios físicos como son evaporación y enfriamiento. Cuando se aplica un adhesivo en estado de fusión y el fraguado se lleva a cabo por enfriamiento se emplea el término adhesivo adherente o "Hot-Melt" (7). Los adhesivos termoplásticos son de diferente especie química, pero todos comprenden macromoléculas lineales, debido a esta característica común, sus propiedades están influenciadas en muchos casos por factores tales como: peso, distribución molecular, concentración de plastificante, y otros aditivos. Si existe una variación en uno o más de estos factores ocasiona en general un cambio predecible en las propiedades del adhesivo.

Las clases más importantes de adhesivos termoplásticos son (tabla 2).

- Adhesivos celulósicos
- Adhesivos polivinílicos
- Adhesivos acrílicos
- Adhesivos de poliamidas

ADHESIVOS CELULOSICOS.- La materia prima para elaborar esta clase de adhesivos es la celulosa, la cual es un polímero de

TABLA 2

## PROPIEDADES MAS NOTABLES DE LOS ADHESIVOS TERMOPLASTICOS

PROPIEDADES	ADHESIVOS TERMO-- PLASTI- COS.	ADHESIVOS CELULOSI- COS	ADHESIVOS POLIVINILI COS	ADHESIVOS ACRILICOS	ADHESIVOS DE POLIAMIDAS
TEMPERATURA DE OPERACION	25°C-60°C	25°C-105°C	25°C- 90°C	25°C-90°C	
		SOLIDO			SOLIDO
PRESENTACION	SOLUCION	SOLUCION EMULSION	SOLUCION EMULSION	SOLUCION EMULSION	SOLUCION
FLEXIBILIDAD	MALA	REGULAR	REGULAR	REGULAR	MALA
RESISTENCIA A HIDROCAR- BUROS ALIFA- TICOS	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
PROPIEDADES ELECTRICAS	REGULAR	BUENA	BUENA	BUENA	REGULAR
RESISTENCIA A HIDROCAR- BUROS AROMA- TICOS.	BUENA	REGULAR	MALA	MALA	MALA

elevado peso molecular que puede reaccionar mediante sus grupos hidróxilo para formar sustancias amorfas e incoloras que generalmente tienen pesos moleculares más bajos y gran solubilidad. Los adhesivos celulósicos por lo general están elaborados a base de éteres y ésteres celulósicos.

Eteres: celulósicos.- Los grupos hidróxilo de la celulosa pueden ser eterificados, siendo los éteres más comunes el metílico, etílico y bencílico. Las propiedades de los éteres de celulosa dependen del peso molecular del polímero y del grado de eterificación, así pueden prepararse diferentes grados de éteres de celulosa, incluyendo algunos que son solubles en solventes orgánicos y otros que son solubles en agua.

La metil celulosa puede formar soluciones de alta viscosidad a concentraciones muy bajas y es por lo tanto, espesante muy usado en adhesivos solubles en agua y, por ser no iónico, sus soluciones son estables en un gran intervalo de pH. Los éteres celulósicos tienen una resistencia al calor de mediana a buena, la resistencia al agua varía desde excelente hasta escasa.

Esteres celulósicos.- Los ésteres de celulosa son el resultado del tratamiento de la celulosa en medio ácido. El caso particular del acetato de celulosa tiene lugar la acetilación completa para formar el triacetato, pero para aplicaciones adhesivas y plásticas, éste se hidroliza parcialmente para dar un -

producto con menos de tres grupos acetato por unidad de celulosa, tal producto es soluble en solventes comunes. Las soluciones adhesivas de los ésteres de celulosa, se hacen con solventes orgánicos tales como acetona o una mezcla de metanol y acetona, que algunas veces contiene también acetato de amilo y cuando la toxicidad no es importante, se añade con frecuencia un porcentaje relativamente grande de plastificante, por ejemplo, el 25% de fosfato de tricresilo para proporcionarle flexibilidad a la película adhesiva.

**ADHESIVOS POLIVINILICOS.**- Esta clase de adhesivos se caracterizan por la presencia del grupo vinilo, el cual comprende la parte reactiva de estos adhesivos termoplásticos. Estos incluyen los ésteres de polivinilo, polivinil acetales y alcohol-polivinílico (37).

**Esteres de polivinilo.**- El éster de polivinilo más empleado en la fabricación de adhesivos es el acetato de polivinilo, el cual se puede aplicar en forma de solución, emulsión o como termoadherente (hot-melt), usado en una forma o en otra, es el adhesivo termoplástico más usado. El acetato de polivinilo es un líquido inflamable fabricado comercialmente a partir de acetileno y ácido acético, en presencia de un catalizador (14) (31). Las soluciones adhesivas se preparan por lo general disolviendo el polímero en acetonas, alcoholes, inferiores y ésteres. La forma más importante como se usa el acetato de polivinilo es en

forma de emulsión, la cual se prepara por el proceso conocido - como polimerización en emulsión, un proceso en el cual el monómero líquido se emulsiona primero en agua y después se polimeriza por calentamiento en presencia de un catalizador. El mecanismo de curado de estas emulsiones se lleva a cabo como sigue: la emulsión de acetato de polivinilo se aplica al sustrato generalmente fibroso o poroso y el agua de la emulsión se elimina por evaporación y absorción en el sustrato, siendo el resultado un conjunto de partículas hinchadas que forman una película continua. Para lograr una película flexible se le adicionan pequeñas cantidades de plastificante, por ejemplo ftalato de dibutilo - (BDP) y el acetato de butilo carbitol.

Cuando en las emulsiones de acetato de polivinilo se requiere gran resistencia al impacto, es deseable una máxima flexibilidad, ésto se logra cuando se adiciona látex de caucho compatible.

Polivinil acetales.- Los polímeros de polivinil acetales que se pueden emplear en la fabricación de adhesivos, son el producto de reacción entre el alcohol polivinílico y un aldehído. Como adhesivos, los polivinil-acetato más importantes son los de formaldehído llamados formal y los de butiraldehído llamados butiral. Los polivinil acetales son solubles en agua, pero insolubles en un gran número de solventes orgánicos, el butiral es soluble en alcohol etílico, mientras el formal es insoluble

ble, pero puede disolverse en mezclas de alcohol etílico y un solvente no polar como el tolueno, presentando además buenas aplicaciones como termoadherente. El butiral plastificado puede dispersarse en agua y formar dispersiones acuosas con buena estabilidad y de gran aplicación en las industrias consumidoras de adhesivos.

Alcohol polivinílico.- El polímero de alcohol polivinílico que se usa para fabricar adhesivos, se obtiene comercialmente por hidrólisis ácida del acetato de polivinilo (31) ya que no ha podido aislarse el monómero. Se obtiene una gran escala de pesos moleculares dependiendo de los grados de hidrólisis, con la cual presentan distintas solubilidades en agua, el alcohol polivinílico que tiene un 70% de grupos acetato insoluble en agua, mientras que el que tiene menos de un 30% es soluble en agua caliente, aunque en agua fría únicamente se hincha; cuando el contenido de grupos acetato es de un 12% , el polímero es completamente soluble tanto en agua caliente como en fría. Existe el mercado nacional alcohol polivinílico con un grado de hidrólisis entre un 85% y un 99%. Por otra parte, los polímeros de bajo contenido de grupos acetato son resistentes a casi todos los solventes orgánicos y tienen un lugar importante como adhesivos que están en contacto con aceites y grasas. La resina de alcohol polivinílico con menos del 12% de grupos acetato, es la resina sintética más empleada, y sus usos principales residen

en que pueden formar uniones de sustratos porosos, y por ser no tóxico es especialmente útil como adhesivos en contacto con alimentos.

ADHESIVOS ACRILICOS.- Las resinas de mayor aplicación como adhesivos son los ésteres acrílicos que son obtenidos a partir de los ácidos acrílicos. Esteres acrílicos. Los ésteres acrílicos más importantes en la fabricación de adhesivos son el metil acrilato, etil acrilato, isobutil acrilato, metil metacrilato, y el etilmetaorilato. Los metacrilatos son más duros y tenaces que los acrilatos. Todos ellos son solubles en un amplio grupo de solventes entre los cuales tenemos cloroformo, acetato de cellosolve, tolueno o mezclas de tolueno y acetona, que son los preferidos generalmente para las soluciones adhesivas. Las resinas de metacrilato son útiles para la fabricación de termoadherentes.

Cuando se prepara una emulsión copolimérica de acetato de vinilo acrílico, se obtiene un adhesivo con propiedades de adhesión muy superiores a los tradicionales adhesivos de acetato de polivinilo, sobre todo tiene excelente adherencia a superficies lisas. Los adhesivos de resinas acrílicas, en general tienen buena resistencia al agua y excelente estabilidad a la luz.

Ciano acrilato de alquilo.- Estos adhesivos tienen la característica de polimerizar espontáneamente cuando se extienden

en capas finas sobre la superficie de los sustratos, dicha polimerización se lleva a cabo por un mecanismo iónico y es catalizado por agua u otras bases débiles, la pequeña cantidad de agua que está presente por lo regular en la superficie de los sustratos basta para efectuar la polimerización a través de espesor de la película del adhesivo y solo será necesaria la presión de contacto para lograr la unión instantánea. En los adhesivos de cianoacrilato de alquilo, debido a su sencillez de manejo y la alta velocidad de curado, que va desde unos pocos segundos a unos pocos minutos según los sustratos que se unan, los hacen adecuados para el montaje de pequeños objetos difíciles de mantener en posición.

ADHESIVOS DE POLIAMIDAS.- Los adhesivos preparados a partir de resinas de poliamidas, son obtenidos reaccionando ácidos policarboxílicos con poliaminas, obteniéndose productos que varían desde líquidos hasta sólidos termoplásticos duros, los productos líquidos son muy conocidos como endurecedores de resinas epoxi. Para la preparación de soluciones adhesivas se usan como disolventes alcoholes inferiores o mezclas de alcoholes con hidrocarburos aromáticos y cuando se desea incrementar la pegajosidad de las soluciones adhesivas se les adiciona una pequeña cantidad de polibuteno (38).

#### USOS DE LOS ADHESIVOS A BASE DE RESINAS TERMOPLASTICAS.-

En forma de soluciones en disolventes adecuados se usan común--

mente adhesivos a base de resinas termoplásticas para pegar madera, cuero, porcelana, etc., y la bibliografía se halla repleta de una amplia variedad de fórmulas para preparar soluciones de este tipo. Estas mezclas tienen la ventaja de fraguar en frío, en medio esencialmente neutro y, a diferencia de los productos termoestables, de poder ser utilizados sin aparatos especiales.

### 3.2.3 .- ADHESIVOS A BASE DE ELASTOMEROS.

Este grupo de adhesivos se caracteriza por su extraordinaria flexibilidad y elongación, estos adhesivos pueden ser preparados en forma de soluciones latex y cementos de contacto. Entre los miembros más importantes de este grupo para la formulación de adhesivos tenemos (27).

**POLICLOROPRENO.**- Este elastómero más conocido como neopreno es preparado por polimerización del 2-clorobutadieno 1,3- (26) presenta excelentes propiedades químicas y físicas, como consecuencia, los adhesivos de policloropreno en forma de solución desarrollan muy rápidamente una gran fuerza adherente con una presión mínima sobre los sustratos. Dicha fuerza adherente se incrementa por la adición de resinas fenólicas ayudándole además a reducir la viscosidad para una mejor aplicación. Los adhesivos de policloropreno tienen en la actualidad una gran demanda en la fabricación de adhesivos de contacto de aplicación industrial.

HULE NITRILLO.- Dentro de la familia del Hule nitrilo, el copolímero acrilonitrilo-butadieno (NBR) es el que mayor importancia tiene en el campo de los adhesivos. Los adhesivos a base de acrilonitrilo-butadieno se pueden fabricar en forma de latex o de solución adhesiva y se usan generalmente para unir sustratos porosos. Para la formulación de soluciones adhesivos se usan solventes tales como hidrocarburos clorados, acetona y acetato de etilo.

En el copolímero acrilonitrilo-butadieno (NBR) , la variación de la relación de monómeros tiene un efecto marcado sobre la polaridad, en particular si un monómero es muy polar como el acrilonitrilo y el otro no polar como butadieno, y esto trae como consecuencia que la fuerza de adherencia esté influenciada por la relación de monómeros. En una forma general, los adhesivos a base de acrilonitrilo butadieno presentan una resistencia muy sobresaliente a los aceites, esto es debido a la polaridad de la molécula de acrilonitrilo.

HULE SILICON.- Los adhesivos a base de hule silicón se caracterizan por pertenecer a los compuestos químicos semiorgánicos que contienen silicio y oxígeno. El hule silicón es preparado a partir del dimetilclorosilano, el cual es tratado con agua para formar el dimetilsilanol, el cual reacciona con otra molécula para formar silicones cíclicos los cuales, son convertidos en polímeros por adición de un catalizador ácido. Los

adhesivos a base de hule silicón tiene una gran adhesión a sustratos difíciles, estos adhesivos curan a temperatura ambiente a contacto del aire (3).

POLIURETANO.- Los elastómeros sólidos de uretano son el resultado de reaccionar un diisocianato con polioles. En el caso de estos elastómeros, un grupo metileno se adiciona para que pueda ser vulcanizado con azufre o peróxidos. Los adhesivos a base de poliuretano son preparados con mezclas de solventes aromáticas y cetonas. Estos adhesivos se caracterizan por su gran resistencia a los aceites, ozono e hidrocarburos alifáticos (1) (27), (31).

USOS DE LOS ADHESIVOS A BASE DE ELASTOMEROS.- El uso más importante de los adhesivos a base de materiales elastoméricos en su aplicación para unir hule a metales y a textiles. La propiedad más notable que presentan estos adhesivos es su flexibilidad y la resistencia al impacto.

APLICACION DE LOS ADHESIVOS.- En las tablas número tres, cuatro y cinco se han recopilado las principales aplicaciones de los adhesivos, pero de ninguna manera se intenta limitar estos productos a determinados sustratos, las tablas sirven de guía para quien no esté familiarizado completamente con la tecnología de los adhesivos.

TABLA No 3

APLICACION DE LOS ADHESIVOS VEGETALES

ADHESIVOS	ALMIDON NO MODIFICA DO.	ALMIDON OXIDADO	ALMIDON TRATADO EN FRIO EN MEDIO ACIDO	DERIVADOS DEL ALMIDON	ALMIDON CONVERTI- DO EN ME- DIO SALI- NO.	DEXTRINAS
CAMPO DE APLICACION						
1.- PASTA PARA UNIR BOLSAS	X		X	X	X	X
2.- SELLADOR DE CARTON				X	X	X
3.- PASTAS PARA UNIR CARTON ONDULADO	X			X	X	X
4.- PASTA PARA SOBRES		X		X	X	X
5.- PASTAS FLEXIBLES				X	X	X
6.- PASTAS PARA LAMINAR				X	X	X
7.- PASTAS PARA ETIQUETAS		X		X	X	X
8.- PASTAS PARA EMPAPELAR PAREDES				X	X	X
9.- PASTA RESISTENTE AL AGUA	X			X	X	X
10.- RECUBRIMIENTOS			X	X	X	X
11.- ADITIVOS PARA MEZCLAS	X			X	X	X
12.- COLOIDES PROTECTORES				X	X	X



TABLA No. 5

APLICACION DE LOS ADHESIVOS

SISTRATOS ADHESIVOS	LAMINA DE ALUMINIO	LADRILLO	CERAMICA	CELOFAN	CORCHO	ESPUMA FENOLICA	ESPUMA DE POLIETILENO	ESPUMA DE POLIESTIRENO	ESPUMA DE POLIURETANO.	VIDRIO	CUERO	PAPEL CARTON	POLIPROPILENO	POLIESTIRENO	CLORURO DE POLIVINILO	HULE NATURAL	NEOPRENO	PLOMO	ORO	MADERAS LAMINADO	MADERAS COSTRU.	PAPEL ENCUADERNACION	PAPEL SOBRES	PAPEL EMPAQUETADO	
POLIVINIL-FORMAL	X	X								X															
POLIVINIL-BUTIRAL	X	X	X	X	X					X	X	X											X	X	X
ALCOHOL POLIVINILICO																							X	X	X
POLIESTIRENO							X	X		X			X							X	X				
ESTERES POLIACRILICOS	X		X	X						X	X	X	X							X	X	X	X	X	X
CIANOCRILATO	X					X											X	X							
ADHS. ELASTOMERICOS																									
HULE NATURAL							X	X		X	X					X							X	X	X
POLICLOROPRENO	X		X		X		X	X		X	X		X				X	X				X	X	X	X
COPOLIMERO ESTIRENO-BATUDIENO							X	X		X	X												X	X	X
COPOLIMERO ACRILONITRICO-BUTADIENO	X						X	X		X	X												X	X	X
CAUCHO DE POLIURETANO	X	X								X	X						X	X							

CAPITULO IVTECNICA DE FORMULACION.

La formulación de adhesivos ofrece gran variedad de combinaciones entre polímeros y aditivos especiales, con lo cual resulta una gran cantidad de adhesivos para diversos usos.

Para facilitar el estudio de la amplia variedad de adhesivos existentes y sus respectivas formulaciones, efectuamos la siguiente clasificación: (8), (23), (24), (32).

- Formulación de Adhesivos en Base Solvente
- Formulación de Adhesivos Termoadherentes
- Formulación de Adhesivos en forma de Emulsión

A continuación indicamos en que consiste cada formulación.

4.1 FORMULACION DE ADHESIVOS EN BASE SOLVENTE

Un adhesivo en Base Solvente es aquel adhesivo donde el polímero se encuentra disuelto en un medio solvatante. Para formular un adhesivo se sigue la siguiente relación:

	<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
Polímero Base .....	???	100.00
Medio Solvatante .....	???	X.XX
Agentes de Protección .....	???	X.XX
Aditivos Especiales .....	???	X.XX

Para seleccionar adecuadamente el tipo de polímero, el me dio solvantante, los agentes de protección y los aditivos especiales se dependerá de la experiencia del formulador y del uso - que se le quiera dar al adhesivo.

La relación anterior nos indica que todos los ingredien-- tes de la formulación se deberán referir a 100 partes del políme ro base.

La función que desempeñan cada uno de los ingredientes de la formulación de la formulación es la siguiente:

**POLIMERO BASE.-** El polímero base proporciona la fuerza co hesiva, además debe presentar excelentes propiedades adhesivas - y tener gran afinidad por el medio solvatante. (30)

**MEDIO SOLVATANTE.-** El medio solvatante deberá incorporar el polímero base en forma de solución para poder ser aplicado, - realizada esta función, dicho agente solvatante, tendrá que ser eliminado tan rápido como sea posible. Se puede usar como medio- solvatante uno o varios solventes en la misma formulación. (20).

**AGENTES DE PROTECCION.-** Estos agentes deberán evitar que el polímero base se degrade y pierda fuerza la unión entre los - sustratos. Como agentes de protección tenemos a los antioxidan-- tes, cuya función es prevenir la oxidación del adhesivo.

**ADITIVOS ESPECIALES.-** La función de estos aditivos es la- de proporcionar diversas características especiales al adhesivo. Entre las más comunes tenemos las cargas, resinas y plastifican-

tes.

CARGAS.- La función principal de las cargas es proporcionar resistencia a la película del adhesivo y también bajar el costo por kilogramo de adhesivo.

RESINAS.- Las resinas se adicionan en las formulaciones con el objeto de impartir propiedades tales como mejorar la adhesión, aumentar la pegajosidad y proporcionar estabilidad al adhesivo a elevadas temperaturas. La variedad de resinas que se emplean es muy amplia y su selección depende de las propiedades que se le desee impartir al adhesivo.

PLASTIFICANTES.- Estos aditivos están presentes en las formulaciones, proporcionando flexibilidad a la película adhesiva cuando así lo necesite. Existe gran variedad de plastificantes, la cantidad que se adiciona en las formulaciones es generalmente muy pequeña.

#### SUGERENCIAS DE FORMULACION

##### PARTE "A"

	TIPO	PROPORCION
Polímero base	NEOPRENO	100.00
Medio solvatante	TOLUENO	333.00
Agentes de	OXIDO DE ZINC	5.00
Protección	OXIDO DE MAGNESIO	4.00
	ANTIOXIDANTE	2.00

Disolver el polímero base y los agentes de protección en el medio solvatante.

PARTE "B"

Medio solvatante.....	TOLUENO.....	47.50
Agente de Protección...	OXIDO DE MAGNESIO.....	4.50
Medio solvatante.....	AGUA.....	2.00
Aditivo Especial.....	RESINA FENOLICA.....	45.00

Añadir la resina fenólica y el óxido de magnesio al tolueno, agitar por lo menos 3 horas, recomendándose 15 horas como tiempo de reacción óptimo. Mezclar la parte A con la parte B.

CARACTERISTICAS DE LA FORMULACION ANTERIOR.

Viscosidad .....4500 cps (Flecha # 5 a 20 rpm.  
Viscosímetro Brookfield)

Temperatura.....25°C.

Densidad .....1.10 g/l

% de sólidos.....29.00

Aplicado este adhesivo a dos lonas, en prueba estática - usando 1250 gramos de peso y una temperatura de 200 grados centígrados, la separación fue de cero.

ADHESIVO PARA UNIR SUSTRATOS  
DIFICILES.

<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
Polimero base .....CLORURO DE POLIVINILO.....	100.00
Medio solvatante.....TETRAHIDROFURANO.....	100.00
Medio solvatante.....METIL ETIL CETONA.....	200.00
Medio solvatante.....METIL ISOBUTIL CETONA.....	25.00
Agente de protección...ESTABILIZADOR ORGANICO DE ESTAÑO.....	1.50
Aditivo especial.....DIOCTILFTALATO..... (Plastificante)	20.00

CARACTERISTICAS DE LA FORMULACION ANTERIOR.

Viscosidad..... 1200 cps. (Flecha #6 a 20 rpm. medi  
dos es el viscosímetro Brookfield).

Temperatura..... 25°C.

Densidad..... 1.36 g/l

% de sólidos..... 60.28

4.2.- FORMULACION DE ADHESIVOS TERMOADHERENTES.

Esta clase de adhesivos se refiere a un material adhesivo cien por ciento sólido el cual no contiene medio solvatante y cu ya características más importante es que el flujo está determinado por el punto de fusión. Para formular un adhesivo termoadhe--rente, se sigue la siguiente relación:

<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
Polímero base .....???	100.00
Resinas.....???	X.XX
Agentes de Protección..???	X.XX
Aditivos especiales....???	X.XX

Para seleccionar adecuadamente el tipo de polímero base, de resina, de agentes de protección y de aditivos especiales, se dependerá de la experiencia del formulador y de la aplicación del adhesivo. La relación anterior indica que todos los componentes de la formulación se deberán referir a cien partes del polímero base. La función que desempeñan los ingredientes en una formulación de termoadherentes es la siguiente: (7), (17), (19).

**POLIMERO BASE.-** Es el componente principal de los adhesivos termoadherentes, su función es proporcionar fuerza de cohesión, formar película y dar flexibilidad en un amplio intervalo de temperatura. El polímero más adecuado para formular termoadherentes es el copolímero ETILEN ACETATO DE VINILO (EVA), pudiéndose usar en menos cantidad copolímero de ESTIRENO-BUTADIENO (SBR), HULE BUTILADOY POLIPROPILENO ATACTICO (PA), pueden formularse individualmente o en mezclas.

**RESINAS.-** La función de las resinas en las formulaciones de termoadherentes, es proporcionar pegajosidad (tack). Una pegajosidad mayor que no tiene el polímero base, ayuda a reducir la-

viscosidad de la mezcla, y además actúa como agente humectante.- La proporción que se usa en la formulación es variable de acuerdo a la aplicación que se quiera dar al adhesivo.

AGENTES DE PROTECCION.- Estos agentes evitan que el polímero base se degrade y pierda fuerza la unión entre los sustratos. Entre estos agentes de protección se encuentran los antioxidantes que tienen como función prevenir la oxidación del adhesivo. También proporcionan resistencia a la película adhesiva.

ADITIVOS ESPECIALES.- La función de estos aditivos es la de proporcionar diversas características especiales al adhesivo. Entre los más comunes tenemos: la cera, cargas y plastificantes.

CERA.- La principal función de la cera en la formulación es proporcionar una reducción en la viscosidad y ayudar al adhesivo a humectar sobre las superficies de los sustratos.

CARGAS.- La función de las cargas en la formulación de termoadherentes es la de reducir el costo de fabricación y evitar una excesiva penetración en superficies porosas.

PLASTIFICANTES.- Estos aditivos de elevado peso molecular proporcionan flexibilidad al adhesivo.

#### SUGERENCIAS DE FORMULACION

1.- Formulación fundamental de termoadherentes para aplicación en encuadernación y empaquetado.

	<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
Polímero base.....	ETILEN-ACETATO DE VINILO.....	100.00
Resina.....	RESINA DE COLOFONIA.....	100.00
Agente de protección..	ANTIOXIDANTE.....	0.500
Aditivo especial.....	CERA.....	50.00

2.- Formulación fundamental de termoadherentes que se aplican como adhesivos sensibles a la presión.

	<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
Polímero base.....	ETILEN ACETATO DE VINILO.....	100.00
Resina.....	RESINA DE COLOFONIA.....	125.00
Agente de Protección.	ANTIOXIDANTE.....	5.00
Aditivo especial.....	FALATO DE DIBUTILO.....	25.00

3.- Formulación Fundamental de termoadherentes para unir láminas de aluminio.

	<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
Polímero base.....	ETILEN ACETATO DE VINILO.....	100.00
Resina.....	RESINA DE COLOFONIA.....	6.60
Agente de Protección.	ANTIOXIDANTE.....	0.66
Aditivo Especial.....	CERA.....	165.00

#### 4.3.- FORMULACION DE ADHESIVOS EN FORMA DE EMULSION.

Se define como una emulsión adhesiva a aquellos adhesivos que son preparados a partir del proceso conocido como polimerización en emulsión. Para formular un adhesivo en forma de emulsión se sigue la siguiente relación (7), (14), (15).

<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
Monómero.....???	100.00
Agua.....???	X.XX
Agente de superficie...???	X.XX
Coloide protector.....???	X.XX
Catalizador.....???	X.XX
Otros aditivos.....???	X.XX

La función que desempeñan los componentes de la formulación es la siguiente:

**MONOMERO.-** Este monómero representa la fase dispersa, o sea que el monómero debe ser insoluble en agua.

**AGUA.-** El agua es el medio donde se dispersa el monómero y deberá estar libre de impurezas y con un pH de 7.

**AGENTE TENSOACTIVO.-** La función que desempeñan estos agentes, es reducir la tensión interfacial entre el monómero y la fase acuosa, de modo que con la agitación el monómero se disperse. La proporción del agente tensoactivo influirá en el tamaño de la partícula y en la resistencia de la película. Cuando se añade una gran proporción de agente tensoactivo se producen partículas

más pequeñas y una menor proporción producirá partículas de tamaño mayor. La cantidad de agente tensoactivo recomendable es del 0.04% al 1% (29), (34).

COLOIDE PROTECTOR.- La función principal de este componente es prevenir aglomeraciones de partículas durante la formación de la emulsión. Los coloides protectores no se absorben dentro de las partículas, sino que permanecen en la superficie, previniendo así aglomeraciones al cubrir al polímero. Los coloides protectores aumentan la viscosidad de la fase acuosa reduciéndose la sedimentación de las partículas sólidas y produciendo un efecto estabilizador. La cantidad de coloide protector influye notablemente en la resistencia de la película de las emulsiones adhesivas, ésto se debe a que son muy solubles en agua y contribuyen restándole resistencia. Por esta razón, se recomienda utilizarlo en bajas proporciones.

CATALIZADOR.- La función principal del catalizador, es iniciar la polimerización y deberán ser capaces de producir radicales libres. Los tipos de catalizador más apropiados para las emulsiones adhesivas, son los peróxidos, los cuales deben ser solubles en agua. Mientras menor sea la cantidad de catalizador, mayor será el peso molecular del polímero obtenido.

OTROS ADITIVOS.- Otros aditivos comunes en las emulsiones adhesivas, son los plastificantes y los reguladores de pH.

Plastificantes.- Son compuestos de elevado peso molecular

y cuya función principal es proporcionar flexibilidad a la película del adhesivo.

REGULADORES DE PH. La función de estos ingredientes es - mantener un PH definido, para lograr una polimerización óptima y una estabilidad adecuada, ya que de lo contrario se puede producir una hidrólisis del polímero y del monómero. La hidrólisis - del polímero en alcohol polivinílico es despreciable, pero en - cambio un exceso de monómero residual puede hidrolizarse en medios ligeramente ácidos o alcalinos produciendo ácido acético y acetaldehído. El primero puede provocar la floculación del coloi de protector durante el almacenamiento del adhesivo; el acetal--- dehído precipita proporcionándole un color amarillento al adhe sivo.

Por eso se recomienda tener la menor cantidad de monómero libre en la emulsión y mantener el PH en los límites específicos. (29).

#### SUGERENCIAS DE FORMULACION:

<u>TIPO</u>	<u>PROPORCION</u>
1.- Monómero de Acetato de Vinilo	100.00
2.- Agua	100.00 .
3.- Agente emulsificante	0.969
4.- Alcohol Polivinilico	2.287
5.- Persulfato de amonio	0.274
6.- Acetato de sodio	0.1098

Por ciento de sólidos teóricos = 49.26

CAPITULO V

FABRICACION DE ADHESIVOS

La fabricación de adhesivos en la industria es muy variable, existen métodos tan simples como la agitación de polímeros en un medio dispersante o solvatante para formar soluciones adhesivas, hasta procesos más complicados como la polimerización de monómeros para fabricar emulsiones adhesivas.

Para facilitar el estudio de la amplia variedad de técnicas, las dividimos en tres grupos principales los cuales serán tratados a continuación.

5.1 FABRICACION DE ADHESIVOS EN BASE SOLVENTE.

La elaboración de adhesivos en base solvente es una forma muy simple de producir mezclas que tienen aplicación como adhesivos, estas mezclas en ocasiones son formuladas exclusivamente con polímeros disueltos en un medio solvatante que puede ser agua o algún solvente orgánico. Cuando se unen dos sustratos y la unión es elaborada con adhesivos en base solvente, el mecanismo de fraguado es llevado a cabo por el fenómeno físico de evaporación del medio solvatante donde, dependiendo de la velocidad de evaporación del medio solvatante, se obtendrán tiempos abiertos, cortos o largos para efectuar la unión de los sustratos. Entre las múltiples variedades de adhesivos en base solvente tenemos:

Adhesivos de contacto, adhesivos sensibles a la presión, pastas a base de polímeros naturales y en una forma general, una amplia gama de mezclas con propiedades adhesivas que tienen infinidad de aplicaciones industriales (18).

#### EQUIPO NECESARIO PARA LA FABRICACION DE SOLUCIONES ADHESIVAS EN-BASE SOLVENTE.

Para llevar a cabo la fabricación de soluciones adhesivas generalmente se utiliza el siguiente equipo: Tanques de agitación de alta y baja velocidad, tanques de almacenamiento y en algunas ocasiones, algún sistema de molienda.

- Tanques de Agitación.- Los sistemas de agitación más ampliamente usados son los de alta velocidad tipo "Cowles", el cual consiste de un impulsor con hoja circular de tipo sierra adaptada a una flecha que gira a altas velocidades y centrada verticalmente en un tanque cilíndrico abierto, el material de fabricación de estos tanques es el acero inoxidable. Los sistemas de agitación de baja velocidad lo constituyen tanques o tinas con impulsores o agitadores para líquidos, cuyas capacidades varían entre 3000 y 7000 litros para los tanques y de 1000 a 2000 litros para las tinas.

- Tanques de almacenamiento.- Los tanques de almacenamiento que se usan generalmente, son para solventes y para productos terminados.

Tanques de almacenamiento de solventes.- El material de

fabricación de estos tanques es el acero al carbón y pueden presentar varias formas: horizontales, verticales y cilíndricos, - pueden ser también de diferentes capacidades.

- Tanques de almacenamiento de producto terminado.- Este tanque receptor de producto terminado presenta dos descargas, - una grande para llenado de tambores y otra pequeña para envasado de latas.

- Sistemas de molienda.- Los sistemas de molienda más usa dos son: Molinos de rodillos y Molinos de bolas.

Molinos de Rodillos.- Se usan para moler elastómeros y cargas, deben tener un sistema de enfriamiento y un parador automático.

Molino de Bolas.- En este molino se muelen las resinas o mezclas de ellas, con el objeto de transformar sus trozos en polvos y facilitar su disolución en solventes.

#### TECNICA DE FABRICACION.

- Se pesan los solventes activos y se pasan al tanque principal de agitación, se le adiciona gradualmente el polímero base hasta disolución completa. Esto se lleva a cabo en un tiempo de dos a tres horas con agitación vigorosa a alta velocidad.

- Por separado se muelen las resinas en un molino para convertirlas en polvo, posteriormente se carga en un segundo agitador que contiene solvente, ya que se encuentra disuelta se añaden otros ingredientes hasta completa homogeneización.

- Después que las resinas y otros ingredientes se han disuelto, se pasan al agitador principal donde se ha disuelto el polímero base. Se mezclan hasta completa homogeneización.

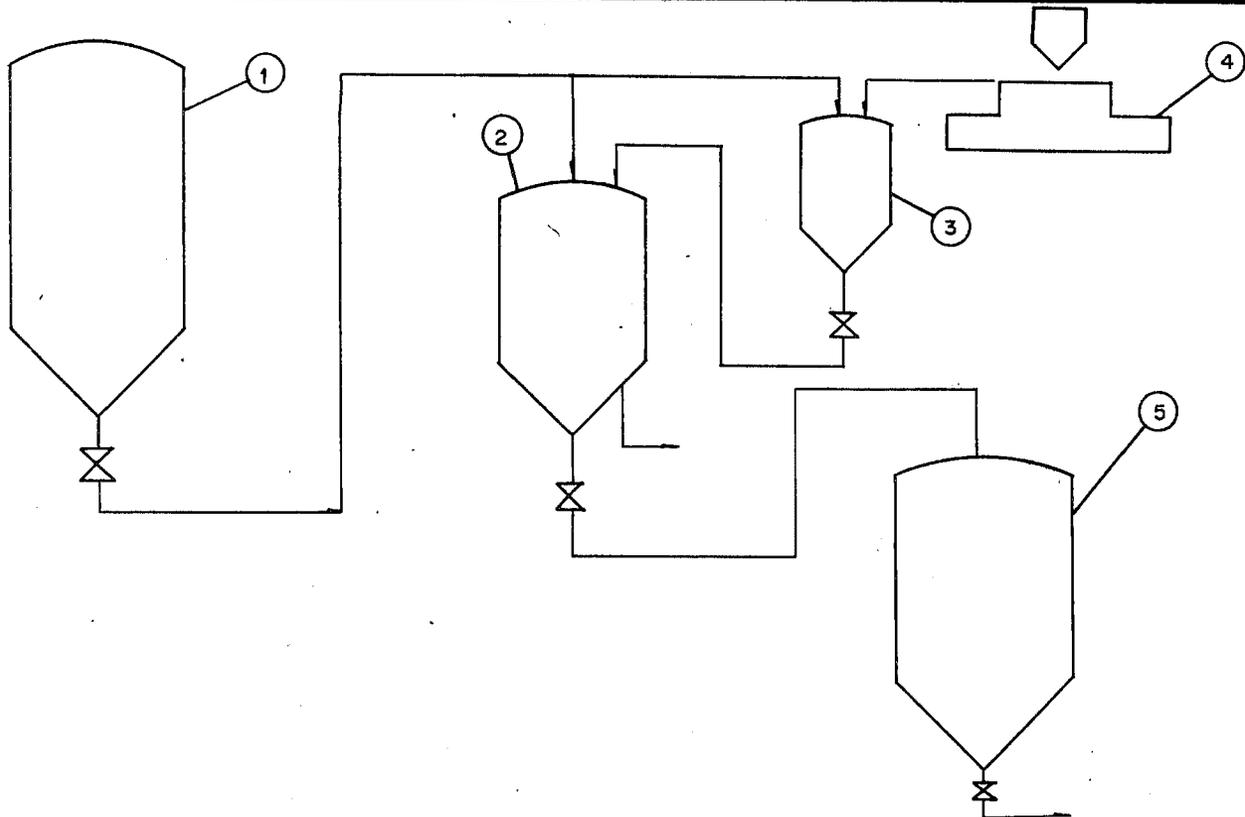
- Se ajusta la viscosidad y el porcentaje de sólidos mediante evaporación o adición de solvente o mezcla de ellos según se requiera, de aquí se manda el producto terminado a un tanque de almacenamiento para ser envasado. Cuando en algunos adhesivos el polímero base va acompañado de cargas, se le somete a un molido en un molino de rodillos antes de proceder a la etapa de disolución (6).

#### LISTA DE EQUIPO NECESARIO PARA LA FABRICACION DE ADHESIVOS BASE-SOLVENTE.

- 1.- Tanque de almacenamiento de solventes.
- 2.- Tanque de agitación principal (de alta velocidad)
- 3.- Tanque de agitación (de baja velocidad).
- 4.- Molino de bolas.
- 5.- Tanque de almacenamiento de producto terminado (fig.4).

#### 5.2 FABRICACION DE ADHESIVOS TERMOADHERENTES.

La fabricación de termoadherentes no representa grandes variaciones en cuanto a la técnica a seguir, unicamente presenta cambios en la forma final del termoadherente, ya que existen termoadherentes que tienen forma de bloque, hojuela elíptica y gota. La presentación final dependerá del equipo que se disponga para-



U N A M		
TESIS PROFESIONAL		
DIB. C.T.G.	EQUIPO NECESARIO PARA LA FABRICACION DE.	ESC. SIN
FECHA ENE-80	ADHESIVOS BASE SOLVENTE (DIAGRAMA DE FLUJO)	FIG. Nº 4

proporcionar la forma deseada.

#### EQUIPO NECESARIO PARA LA FABRICACION DE TERMOADHERENTES.

Los termoadherentes con viscosidad baja (de 10 000 a 50 000 cps. medidos en un viscosímetro Brookfield a 180°C) son producidos en un tanque mezclador, el cual debe tener una capacidad de 300 a 1000 litros. Los termoadherentes con viscosidad alta (de 50 000 a 500 000 cps. medidos en un viscosímetro Brookfield a 180°C) son producidos en un tanque mezclador, el cual debe tener una capacidad de 50 a 300 litros.

- Tanque mezclador.- El tanque más apropiado debe estar provisto con una chaqueta de aceite o vapor de alta presión, presentar cuatro deflectores espaciados, cada uno de ellos 90° alrededor del tanque, estos deberán estar colocados en la pared de dicho tanque, también presentará una válvula de paso en la parte inferior para ayudar al mantenimiento del tanque (Fig. 5).

- Material de construcción del tanque.- El material más apropiado en la construcción de este tipo de tanque mezclador, es el acero inoxidable, pudiendo usarse también aluminio. Un tanque fabricado con materiales tales como cobre, bronce y zinc provocará la descomposición de algunos ingredientes de la formulación.

- Agitador.- El agitador más conveniente para este tipo de adhesivos es un agitador de hoja inclinada, éste tipo de agitador es recomendado ya que promueve una transferencia de abajo-

hacia arriba por medio de la variación del ángulo de la hoja. Generalmente se recomienda un motor de 5 a 15 caballos de fuerza, o un motor de doble velocidad para permitir la operación contí-nua en caso que la viscosidad aumente y se sobrecargue.

#### TECNICA DE FABRICACION.

- Se colocan en el tanque los ingredientes de más bajo punto de reblandecimiento y de menor viscosidad, previamente pesado de acuerdo con la formulación.

- Se adicionan el antioxidante en la cantidad requerida en la formulación. Si se desea una mayor resistencia al calor, - sera necesario adicionar un contenido mayor.

- Se calientan los aditivos de más bajo punto de fusión a la temperatura de fusión de la mezcla. Se agita vigorosamente a 100 rpm. hasta lograr una masa homogénea.

- Cuando se ha formado la masa homogénea, se adiciona gradualmente el polímero base y se funde hasta alcanzar un aumento notable en la viscosidad, entonces se baja la velocidad de agitación hasta lograr incorporarlo totalmente.

- Si el adhesivo necesita una carga específica, esta se - adiciona después que el polímero base se ha incorporado totalmente, durante un tiempo de agitación de 3 a 4 horas adicionales.

- Cuando en la formulación estan presentes ingredientes - tales como pigmentos o elastómeros difíciles de fundir, el pigmento puede adicionarse a una mezcla de polímero base y cera en un-

molino de tres rodillos con un sistema de calentamiento. Otro método, es dispersar el pigmento en una mezcla de cera y polímero-base en un agitador de propela. Después de haberse dispersado el pigmento, la mezcla puede homogeneizarse con la cera y otros ingredientes de baja viscosidad.

#### PRESENTACION DE LOS TERMOADHERENTES.

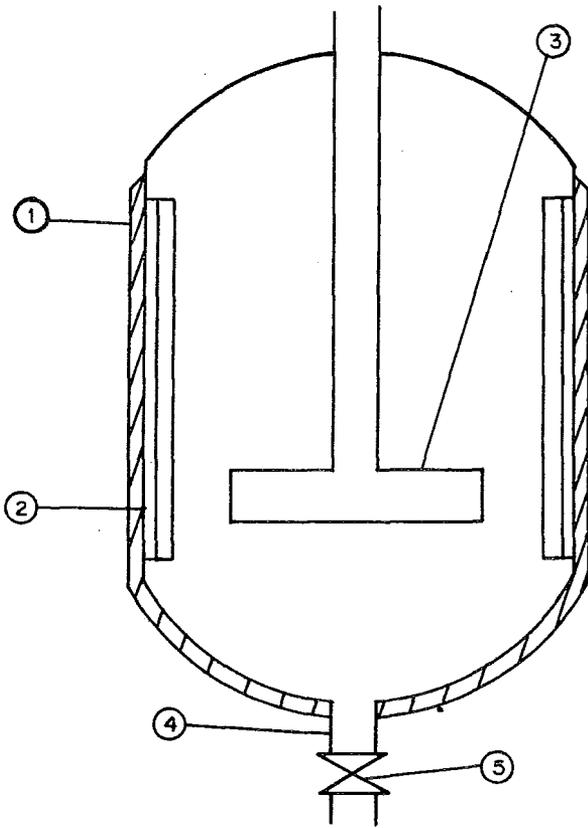
De acuerdo con las siguientes técnicas, los termoadherentes pueden presentar las siguientes formas (19).

- Forma de bloque.- El producto obtenido es colocado en una bandeja recubierta con silicón y después de solidificado es cortado en bloques.

- Forma de hojuela. - El producto obtenido es colocado en un transportador de banda de acero inoxidable, el cual se esta moviendo continuamente, y es enfriado continuamente por medio de agua colocada en el lado posterior de la banda, después de solidificado es cortado en hojuelas, el cortado se lleva a cabo por medio de una cortadora rotatoria. La longitud de la banda utilizada para esta técnica es normalmente de 10 a 15 metros (fig.6).

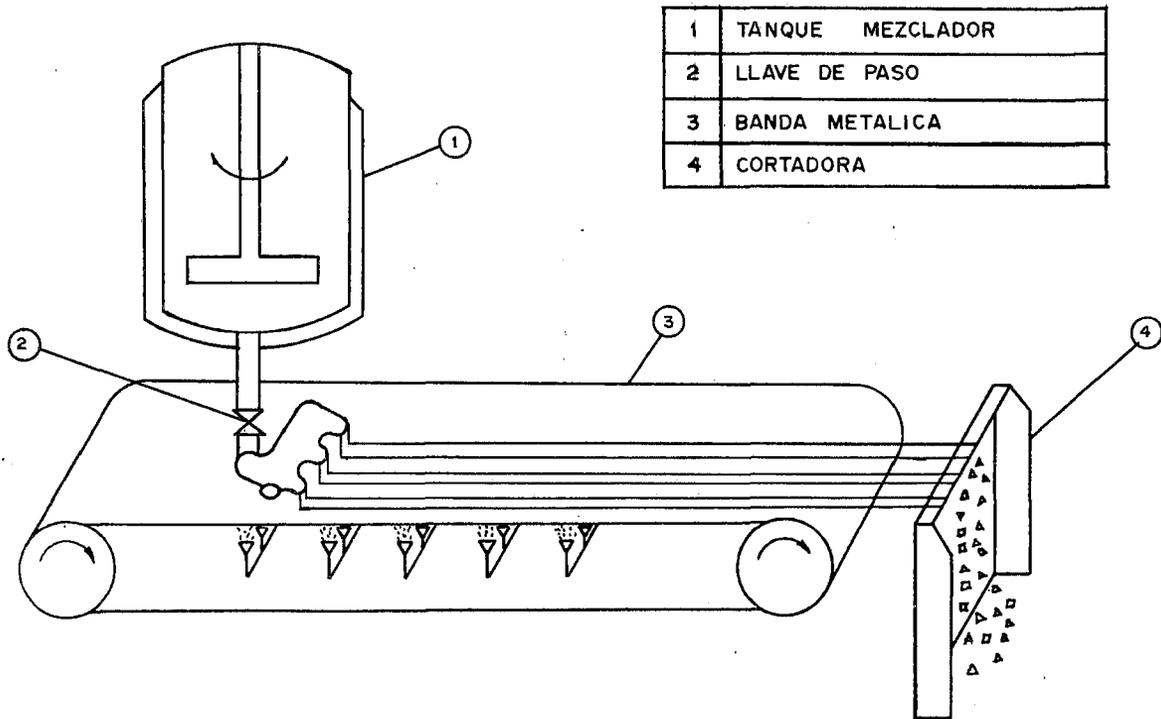
- Forma elíptica.- El producto fundido se deposita en una banda de acero inoxidable, la cual ha sido tratada con silicón por cocimiento en horno, y el producto fundido es vertido en agua formando piezas elípticas (Fig. 7).

- Forma de gota.- El producto formado es vertido en agua formando gotas y después enfriado, solidificado y secado.



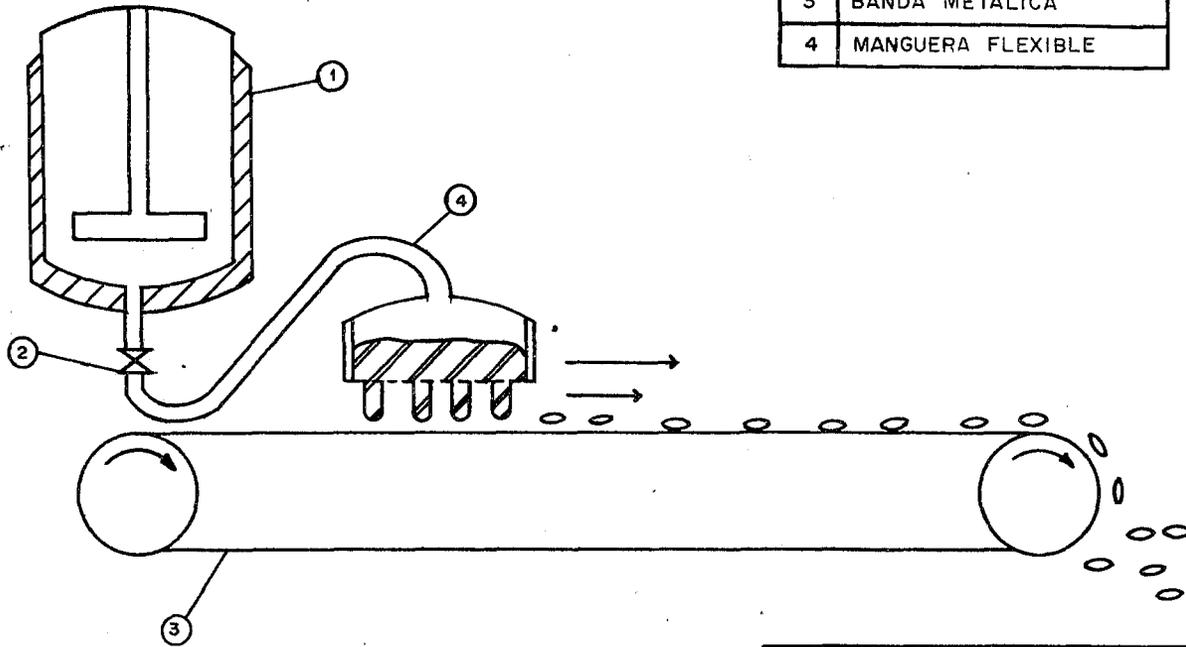
1	CHAQUETA PARA FLUIDO DE CALENTAMIENTO
2	CLARO ENTRE PAREDES DE $\frac{1}{2}$ " A $\frac{1}{2}$ "
3	IMPULSOR DE TURBINA DE HOJA
4	TUBO DE 2" CED. 40
5	VALVULA DE PASO

U	N	A	M
TESIS PROFESIONAL			
DIB.	TANQUE MEZCLADOR DE		ESC.
C.T.G.	TERMOADHERENTES (HOL MELT)		SIN
FECHA.	ENE-80		FIG. Nº
			5



U N A M		
TESIS PROFESIONAL		
DIB. C.T.G.	PROCESO DE FABRICACION DE TERMOADHERENTES (HOL MELT)	ESC. SIN
FECHA. ENE-80	EN FORMA DE BLOQUE	FIG. N° 6

1	TANQUE MEZCLADOR
2	LLAVE DE PASO
3	BANDA METALICA
4	MANGUERA FLEXIBLE



U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
DIB. C.T.G.	PROCESO DE FABRICACION DE TERMOADHERENTES (HOL MELT)	ESC. SIN
FECHA. ENE-80	EN FORMA ELIPTICA	DIB. N° 7

### 5.3 FABRICACION DE ADHESIVOS POR EL PROCESO DE POLIMERIZACION EN EMULSION.

El tipo de polimerización para producir adhesivos es el llamado proceso de polimerización en emulsión, el cual presenta una gran importancia tanto comercial como industrial. Desde un punto de vista comercial, son los adhesivos más comunes y de mayor aceptación en el mercado. En la industria, tienen gran aceptación por la economía que producen al emplear agua como medio dispersante. Se puede controlar el porcentaje de sólidos con una simple adición de agua de acuerdo con las necesidades de la aplicación.

Entre los monómeros que podemos polimerizar por el proceso de emulsión y que tienen aplicación como adhesivos tenemos: - el acetato de vinilo, metacrilato de metilo, acrilato de etilo, etc.

En este proceso se pueden llevar a cabo algunas polimerizaciones entre monómeros distintos, produciendo propiedades extraordinarias en el producto final. Los adhesivos en forma de emulsión, pueden fabricarse por diferentes tipos de proceso, siendo los más comunes: por lote, semicontinuo y por adición diferida. El proceso por adición diferida es el más común, ello es debido a que presenta ciertas ventajas sobre los otros tipos de proceso, las emulsiones preparadas por este proceso son más estables y muestran tamaños de partícula más pequeñas (2), (4).

## TECNICA DE FABRICACION.

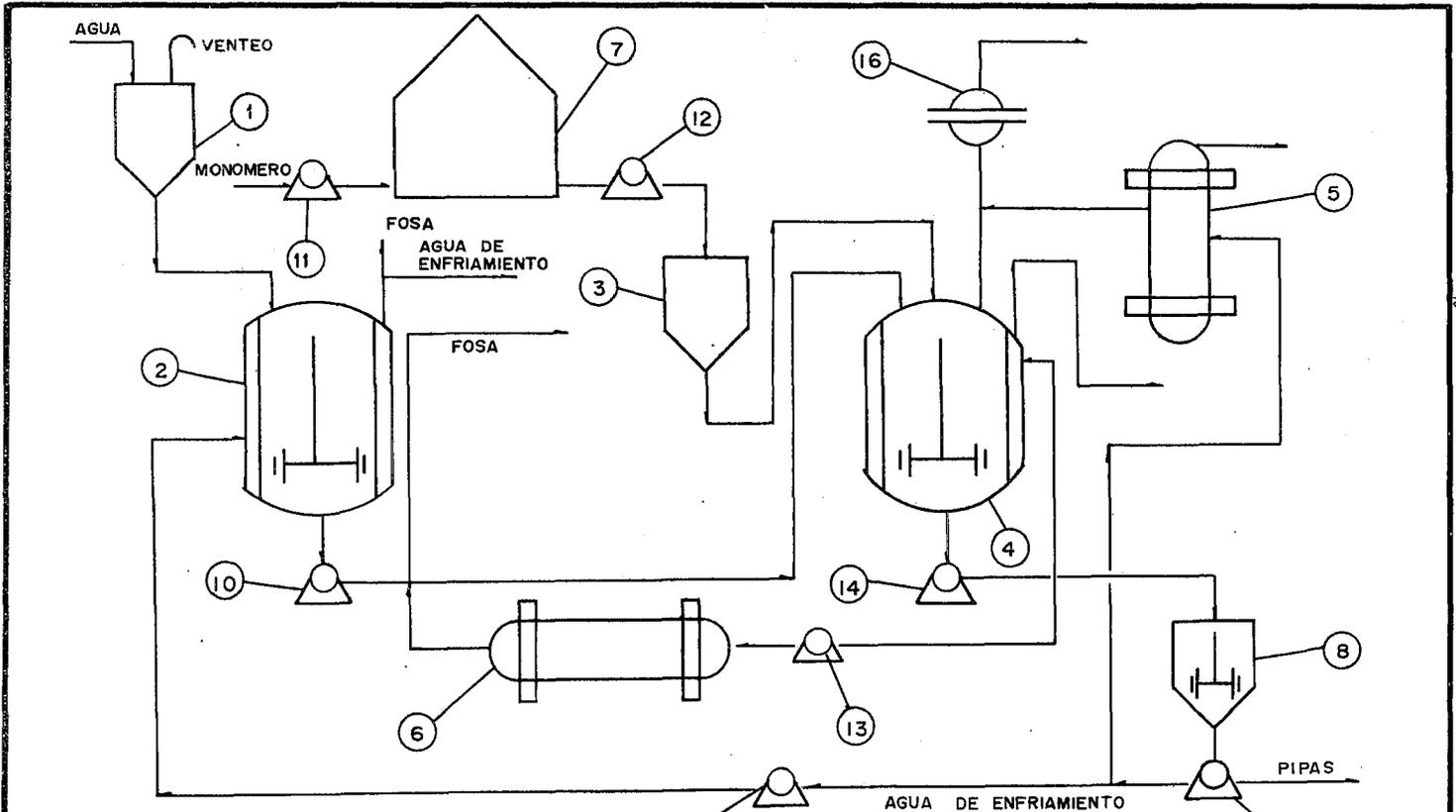
Para fabricar adhesivos en forma de emulsión, se llevan a cabo los siguientes pasos: El coloide protector se solubiliza en agua, mezclando y calentando en un equipo que se denomina cocedor, el cual esta provisto con un sistema de agitación y chaquetas de calentamiento y enfriamiento.

La solución de coloide protector preparada en el cocedor se pasa a un reactor, utilizando una bomba, el reactor presenta un sistema de agitación y un medio de calentamiento y enfriamiento, aqui se lleva a cabo la adición del resto de reactivos y la reacción propiamente dicha. Se enfría y se bombea el producto al almacenamiento.

Como equipos auxiliares, se tiene un condensador de tubos y coraza montada sobre báscula para pesar el agua y monómero. Para la adición del monómero se emplea un rotámetro, montado en la línea que conecta el reactor con el tanque medidor. El calentamiento y enfriamiento del cocedor se efectua con la regulación manual, utilizando vapor a presión reducida y agua fria respectivamente. Para el calentamiento, enfriamiento y control de temperatura del reactor, contaremos con un sistema de agua de recirculación, cuya temperatura se regula con un cambiador de calor y un juego de válvulas de control neumático (2), (15).

LISTA DE EQUIPO NECESARIO EN LA FABRICACION DE EMULSIONES ADHESIVAS.

- 1.- Tanque medidor de agua.
- 2.- Tanque cocedor.
- 3.- Tanque medidor de monómero.
- 4.- Reactor.
- 5.- Condensador para reflujo.
- 6.- Calentador de agua.
- 7.- Tanque de almacenamiento de monómero.
- 8.- Tanque de almacenamiento de polímero.
- 9.- Bomba de agua de enfriamiento.
- 10.- Bomba para preemulsiones.
- 11.- Bomba para monómero, descarga de pipas.
- 12.- Bomba para monómero, llenado medidor.
- 13.- Bomba para agua caliente.
- 14.- Bomba para descargar polímero del reactor.
- 15.- Bomba para descargar polímero a pipas.
- 16.- Disco de ruptura para el reactor (Fig. 8).



69

U N A M		
TESIS PROFESIONAL		
DIB. C.T.G.	LISTA DE EQUIPO NECESARIO EN LA FABRICACION DE EMULSIONES ADHESIVAS	ESC. SIN
FECHA. ENE-80		DIB. N° 8

CAPITULO VITECNICAS DE APLICACION DE ADHESIVOS

Para efectuar la aplicación de adhesivos a sustratos se emplea una amplia variedad de técnicas, pero resulta evidente que es imposible hacer un estudio detallado de cada una de dichas técnicas, por lo tanto nos proponemos presentar únicamente los fundamentos de las técnicas de aplicación más comunes.

La naturaleza del adhesivo, la complejidad de los sustratos y la escala sobre la que se efectúa el proceso, son los factores determinantes para decidir la forma de aplicar el adhesivo.

El proceso manual con brocha, rodillo, rastrillo o escobilla son los métodos más sencillos de aplicación que no comentaremos (11).

CLASIFICACION DE LOS METODOS DE APLICACION.

La siguiente clasificación esta elaborada en base a las técnicas más comunes en la industria de los adhesivos.

Técnicas de  
aplicación de  
adhesivos.

- Aplicadores mecánicos a rodillos.
- Aplicadores por pulverización.
- Instrumentos de medida y distribución.
- Instrumentos de aplicación de Hot Melt o Termoadherentes.

### 6.1 APLICADORES MECANICOS A RODILLOS.

El aplicador mecánico a rodillo es el instrumento que más se usa en la aplicación de adhesivos a gran escala. Todos los tipos de aplicadores mecánicos a rodillos funcionan con el mismo principio.

Los rodillos de estos aplicadores mecánicos están revestidos de goma y sus canaladuras en una forma u otra son casi universales.

Durante los últimos años se ha extendido el uso de los aplicadores a rodillo que tienen uno o más rodillos distribuidores, con esto es posible un mayor control del adhesivo.

Cuando se aplica un adhesivo con este tipo de instrumentos, el ajuste en los rodillos sirve únicamente para utilizar un determinado tipo de adhesivo. Si alguna propiedad tal como la viscosidad o la tensión superficial cambia, se requiere un nuevo ajuste. Los aplicadores mecánicos a rodillo se usan en la fabricación de tableros y contrachapeados. Los adhesivos que más se recomiendan para aplicarse con estos instrumentos son las emulsiones de acetato de polivinilo (11), (17).

### 6.2 APLICADORES POR PULVERIZACION.

El sistema más sencillo de pulverización se aplica a los adhesivos de viscosidad baja (viscosidad de 100 a 200 cps. a tem

peratura de 25 grados centígrados, Viscosímetro Brookfield) los cuales se atomizan soplando aire a través de la parte superior - de un inyector (Fig. 9).

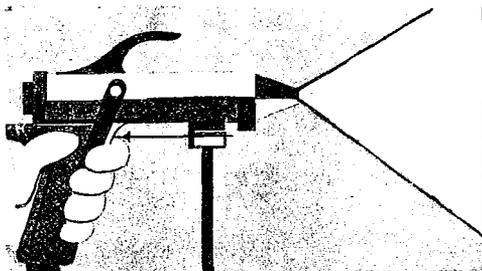


Figura 9. Aplicador por pulverización.

La gran variedad de adhesivos que se aplican con esta técnica permite que existan modificaciones en la aplicación por pulverización (17), (37), entre las más comunes tenemos:

Técnicas de  
Aplicación por  
Pulverización.

- Pulverización sin aire
- Pistola de atomización a la llama.
- Pistola de pulverización de alimentación.-  
doble proporcionada.
- Pulverización electrostática.

Pulverización sin aire. Estos sistemas son capaces de operar con adhesivos de una viscosidad alta ya que la velocidad de pulverización es más baja cuando más alta es la viscosidad. Para estos sistemas se requiere una presión hidráulica de 70 a 175 Kg/cm<sup>2</sup> para forzar el adhesivo a través de un orificio. Estos sis-

temas de aplicación se usan en la fabricación de tableros aglomerados.

Pistola de atomización a la llama. La característica principal de este sistema es que maneja los adhesivos en forma de polvo fusible en lugar de hacerlo en forma de solución o emulsión. El funcionamiento de este sistema es como sigue: El adhesivo en forma de polvo fino se suministra por vibración desde un recipiente a una cámara en donde, el adhesivo sólido se funde a medida que pasa a través de una llama y se deposita fundido sobre la superficie del sustrato. El tipo de adhesivo más adecuado para usar este sistema son los epóxicos, conteniendo el endurecedor en una mezcla sencilla, dicho sistema se usa para unir elementos metálicos (10), (17).

Pistola de pulverización de alimentación doble proporcionada. Debido al corto periodo de vida útil de algunos adhesivos epóxicos se ha desarrollado este sistema, el cual se divide en dos tipos principales.

Pistola tipo I.- En este tipo de pistola, el adhesivo epóxico y el endurecedor llegan a la boquilla por separado, posteriormente se ponen en contacto cuando se coatomizan en la operación de pulverización.

Pistola tipo II.- En este tipo de pistola, las cantidades proporcionadas de resina epóxica y endurecedor se mezclan en la-

pistola antes de ser proyectadas.

Pulverización electrostática.- Los adhesivos a base de resinas epoxi son los que se adaptan más eficientemente a esta técnica. El funcionamiento de estos instrumentos es como sigue: Las partículas del adhesivo se cargan electricamente al pasar por un campo de alto voltaje y se dirigen hacia el sustrato (normalmente metálico) el cual debe estar dentro de la zona de influencia, las partículas acumuladas sobre el sustrato permanecerán adheridas durante el tiempo necesario como para permitir que se efectúe una unión en condiciones de humedad atmosférica, las partículas permanecen adheridas durante un día, posteriormente se aplica calor para fundir y curar el adhesivo (24), (25).

### 6.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y DISTRIBUCION.

Los adhesivos que presentan un periodo de vida útil, como los adhesivos epóxicos, han creado más que cualquier otro adhesivo de dos componentes, la necesidad de instrumentos de medida y distribución. El manejo de los sistemas líquidos epoxi se ha simplificado mucho con la introducción de estos instrumentos mecánicos. Estos instrumentos se pueden usar en adhesivos de alta y baja viscosidad, algunos distribuyen la resina y el endurecedor sin mezclar, así como también mezclas y otros distribuyen solamente un sistema premezclado. La variedad de sistemas de distribución es amplia, cubriendo capacidades desde una gota hasta al-

gunos kilogramos de peso. La descripción completa de todos los sistemas de distribución caen fuera de nuestro alcance, únicamente mencionaremos los sistemas de distribución más sencillos que son útiles en el manejo de pequeñas cantidades de adhesivo.

I.- Pistola Epoxer: Este sistema esta formado por una pistola precomprimida que se usa como lapicero y presenta una válvula de gatillo que permite aplicar una simple gota de adhesivo o una banda continua (Fig. 10).

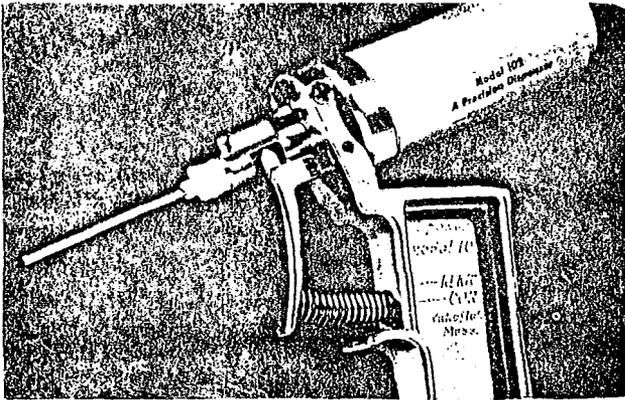


Figura 10. Pistola Epoxer.

II.- Pistola Selladora: Este sistema esta formado por una pistola precomprimida la cual, a través de una línea de suministro proporciona una cantidad medida de adhesivo hasta de 4 cm<sup>3</sup> - por medio de boquillas de distinto diámetro (11), (5) (Fig. 11).

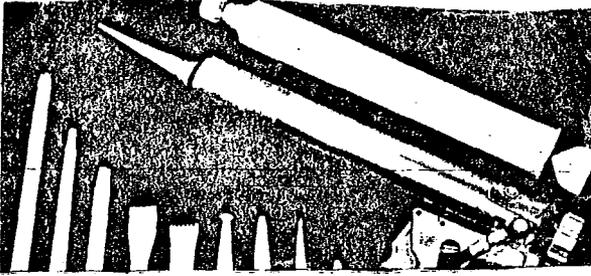


Figura 11. Pistola Selladora

III.- Distribuidor Bexuda: Estos instrumentos son sistemas muy simples, capaces de utilizar adhesivos de dos componentes en diferentes relaciones volumetricas, el área del instrumento determina la proporción de la mezcla adhesiva (Fig.12).

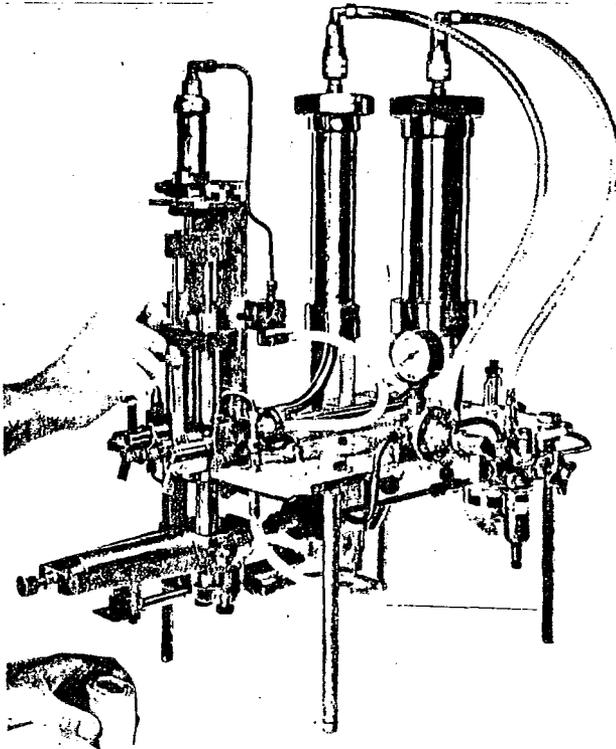


Figura 12. Distribuidor Bexuda.

#### 6.4 INSTRUMENTOS DE APLICACION DE HOT MELT O TERMOADHERENTES.

Esta clase de adhesivos 100% sólidos se aplican en estado de fusión y su uso requiere de una técnica especial. Para la aplicación de esta clase de adhesivos, las técnicas más comunes son:

Aplicadores con recipiente y Aplicadores de extrusión.

I.- Aplicadores con recipiente: En este sistema el adhesivo en forma de gránulos o trozos se calienta en un depósito y se introduce en una boquilla, rueda o rodillo caliente que aplica el adhesivo sobre los sustratos que entonces se unen por presión. Las limitaciones que presenta este sistema son las siguientes: - el mantenimiento de adhesivo, ya que a temperaturas elevadas existe el riesgo de que se descomponga, además es difícil mantener temperatura y viscosidad uniformes a medida que el recipiente se recarga con material nuevo. Los aplicadores con recipiente se usan en empaquetamiento, encuadernación de libros y en chapeado de bordes.

II.- Aplicadores de extrusión: El sistema de aplicación de extrusión esta formado por un tornillo que gira en un cilindro cerrado. Estos sistemas son capaces de utilizar adhesivos con una viscosidad muy alta. El funcionamiento de estos instrumentos es como sigue: el adhesivo cae automaticamente en forma de sólido granular a una zona del extrusor llamada zona de alimentación, pasando después a la zona de plastificación y por último a la zo

na de dosificación donde es aplicado el adhesivo en estado de -  
fusión. El adhesivo sólido pasa a un estado de fusión por medio-  
de calentamiento con resistencias eléctricas colocadas en las . -  
distintas zonas del extrusor. La extrusión es el sistema más apro-  
piado para la alimentación continua de adhesivos tipo "hot melt"  
a sustratos (5), (17), (19) (Fig. 13).

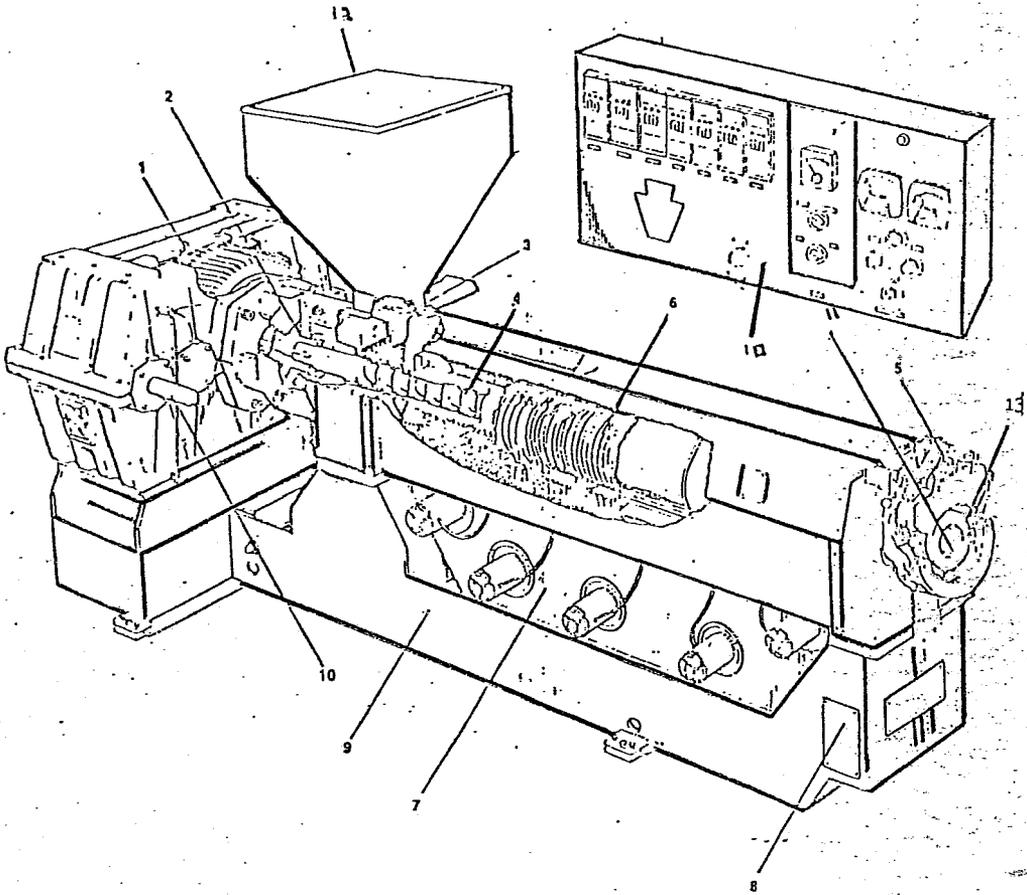


Figura.13. Aplicador de Extrusión.

## COMPONENTES DE UN APLICADOR DE EXTRUSION.

- 1.- TRANSMISION
- 2.- COLLARIN
- 3.- SECCION DE ALIMENTACION
- 4.- TORNILLO Y RECAMARA
- 5.- MORDAZAS
- 6.- RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO
- 7.- VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO
- 8.- ALAMBRADO
- 9.- FLECHA DE ENTRADA
- 10.- TABLERO DE CONTROL
- 11.- ALOJAMIENTO DEL FILTRO
- 12.- TOLVA
- 13.- CABEZA

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES:

La adherencia entre sustratos analogos o diferentes con - todas sus implicaciones físicas y su desarrollo tecnológico, representan en la actualidad una industria cada día más importante.

Por lo que en el presente trabajo se analizaron los fundamentos teóricos de la adherencia, diseño y fabricación de los - adhesivos, ya que en la actualidad se puede decir que no existe industria alguna en la que de una u otra forma, no se plantee algún problema de adherencia, engomado contra chapado, cementado, - etc. que son algunas de las variantes que adopta la operación genérica de la adhesión.

## CAPITULO VIII

### BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bayer, O.: Polyurethanes. Modern Plastics. 24 (10) : 144, 1976.
- 2.- Becher, P.: Emulsions-Theory and Practice. ACS, monografía p. 135, 1957.
- 3.- Bikerman, J.J.: The Science of Adhesive Joint. Academic - Press Inc. New York. p. 125, 1961.
- 4.- Brown, G.M.: Unit Operations. John Wiley Sons Inc. New York. Cap. 34. p 503-511, 1964.
- 5.- Bruyne, N.A., Houwink, R.: Adhesion and Adhesives. Segunda Edición Elsevier Publishing Co. Amsterdam, 1957.
- 6.- Crithlow, R.E.: Automatic Mating Mixing and Dispersions of Epoxi Resins. Adhesive Age. 1: 28, 1958.
- 7.- Dalton, R.H. Ginley, C., Pole, E.G.: Solventless Adhesive Systems, Adhesive Age. 18 (9): 33-36, 1976.
- 8.- Deloy, A.G.: Revista de Grupo Hulero Mexicana. 2: 1977.
- 9.- Derek, R.A.: Determination of Cure State. Journal of Elastomers and Plastics. 10 (1): 37-43, 1978.
- 10.- Formo, S., Bolstand, L.: Application of Epoxi Resins. Natl. Tech. Plastics. 1955.
- 11.- Fusscan P.: Adhesivos, Herramientas Líquidas para mantenimiento. Industria Internacional Vol. 8 # 3 p 26-26, 1979.
- 12.- Gaschke, M.D.: Review of Solvent Free Liquid Epoxi Coating Technology. Journal of Coating Technology. 48 (617): 46-51, 1976.
- 13.- Gams, A.; Widmer, G. Fish, W.: Brit Plastic. 14:508, 1943.
- 14.- Harper, C.A.: Handbook of plastics and Elastomers. Mc. - Graw Hill p 10-1; 10-34, 1975.

- 15.- Herman, F. Gaylord N. G.: Enciclopedia of polymer Science and Techonology. John Wiley and Sons ED. 1: 445-537, 1964.
- 16.- Houwink, R. SALOMON, G.: Adhernecia y Adhesivos, segunda-Edición Ed. URMO, España, Vol. 1, 1973.
- 17.- Houwink, R., Salomon, G.: Adhernecia y Adhesivos. Segunda Edición Ed. Urmo, España Vo. 2, 1973.
- 18.- Howard, F. Barrow, M.H. Ingeniería de proyecto para plásticos de proceso. Segunda edición Ed. CEC. p. 448-451-1975
- 19.- Kuroki, M: Application-Wise Formulation of hot melt and - Progress of manufacturing techniques. Japan Plastics Age. 14, 31-38 1976.
- 20.- Marden, C., Mann, S.: Solventes Guide Cleaver. Hume Press LTD London 1963.
- 21.- Maron, S.H., Prutton, C.F.: Principles of Phisical chemis try Segunda edición Ed. Limusa Wiley, 1972.
- 22.- Morrison, R.T.Boyd R.N.: Organic Chemistry, Tercera Edición p 1027-1049, 1974.
- 23.- Parker, D.H. Tecnología de los recubrimientos de superficies Segunda edición Ed. URMO España, 1970.
- 24.- Pitts, C.F.: Recent advance in Epoxi Handling Equipment. Universidad de Wisconsin E..U.. 1976.
- 25.- Point, M.M. Static Revolution in Producto Finishing Engineering 193:382, 1962.
- 26.- Rakoff, H. Rose, N.C. Química orgánica Fundamental. Segun da edición Ed. Limusa, México p. 748, 1974.
- 27.- Rogers, T.H. Sasaman, W.O. Elastomeric Products Made with Low Energy Systems. Journal of elastomers and plastics. - 10 (1): 17-28, 1978.
- 28.- Sayght, A.R., Shah, T.M.: Polyurethane Products and appli cations popular Plastics. 19 (7): 17-21, 1974.
- 29.- Shaw, D.J.: Intorducción a la Química de superficies y Co loides primera edición, Ed. Alhambra, 1970.

- 0.- Skeist, I.: Handbook of Adhesives. Reinhold Publishing - corp N.Y. 1962.
- 1.- Teran, Z.J.: Apuntes de plásticos y silicones II. UNAM, - 1976.
- 2.- Vanderbitt, R.T. Rubber Handbook, NEW YORK, 1978.
- 3.- Weiss, P.: Adhesión and cohesión. Elsier Publishing Co. - USA. 1962.
- 4.- Whistler R.L. Shweiger R.: Am Chem Soc. 81: 3136., 1959.
- 5.- Zizman, W.A.: Relation of chemical constitution to the - wetting and spreading of liquids on solids. A decade of - basic and applied Sciense USA. p 30, 1976.
- 6.- Higiene Laboral en el trato de resinas Epoxi y Endurece-- dores, Hoja informativa de Ciba Geigy, 1973.
- 7.- Resinas Vinílicas para soluciones adhesivas y Recubrimien - tos Boletín Técnico. Unión Carbide, 1964.
- 8.- Thermoplastic Versamid Polyamide Resins. Revista de infor - mación Técnica de General Mills de México, 1976.