



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES ZARAGOZA**

**T E S I S**

**“APLICACIÓN DE LA QUÍMICA INDUSTRIAL  
PARA LA PRODUCCIÓN DE PINTURAS,  
ADHESIVOS Y ARTÍCULOS DE LIMPIEZA”.**

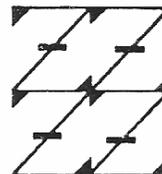
**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA  
ALFREDO JIMÉNEZ MARÍN**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M. EN C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA**

**MÉXICO, DISTRITO FEDERAL, FEBRERO 2007**

**U N A M  
F E S  
Z A R A G O Z A**



**LO HUMANO EJE  
DE NUESTRA REFLEXIÓN**



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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/043/06**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNO: JIMÉNEZ MARÍN ALFREDO**  
**P r e s e n t e .**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>M. en C. Andrés Aquino Canchola</b>
<b>VOCAL</b>	<b>M. en C. Martha Flores Becerril</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>I.Q. Dominga Ortiz Bautista</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I.Q. María del Rocío Luja Hernández</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I.Q. Zula Genny Sandoval Villanueva</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
México, D.F., 14 de Diciembre del 2006.

**EL JEFE DE LA CARRERA**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Andrés Aquino Canchola', written over a circular stamp or seal.

**M. EN C. ANDRES AQUINO CANCHOLA**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por la vida y por todo lo recibido

### **A Mis padres.**

Gracias por el apoyo incondicional, por la confianza  
Por el ejemplo y por el hogar que me dieron

### **A Sandra mi Esposa**

Gracias por tantos años de compañía, Por tantos retos superados juntos y sobre Todo por el amor.

### **A Nabila y Sarim, mis hijas**

Gracias por ser el motor que impulsa,

### **A mis Hermanos: Emma, José Luís, Salvador, Teresa, Arturo, Javier y Celia.**

Gracias, porque aún con nuestras diferencias, siempre tuve su apoyo.

Especialmente a José Luis y Emma, pues sin su apoyo esto no sería posible.

**A mis amigos:** Esther y Samuel, Socorro y Antonia, gracias por los años de apoyo y amistad.

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES.**

**Al Maestro Andres Aquino Canchola  
Infinitas gracias por su ayuda y por hacerme  
Sentir que merezco el titulo sobre todo por  
Ser tan profesional.**

**A la maestra Martha Flores Becerril  
Gracias por su valiosa ayuda.**

## INDICE

Introducción.....	1
-------------------	---

### CAPITULO 1 POLIMEROS

1.1 Polímeros naturales.....	3
1.2 Polímeros sintéticos.....	3
1.3 Formas de polimerización.....	5
1.3.1 Polimerización por adición.....	5
1.3.2 Polimerización por condensación.....	5
1.4 tipos de polímeros.....	5
1.4.1 polímeros termoplásticos.....	6
1.4.2 Polímeros termo-fijos.....	6
1.5 Polímeros vinílicos.....	6
1.5.1 Polimerización en masa.....	7
1.5.2 Polimerización en solución.....	8
1.5.3 Polimerización en suspensión.....	9
1.5.4 Polimerización en emulsión.....	9

### CAPITULO II POLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN DE ACETATO DE VINILO

2.1 Propiedades físicas del acetato de vinilo.....	11
2.2 Aseó tropos que forma el acetato de vinilo.....	12
2.3 Propiedades químicas del acetato de vinilo.....	13
2.4 Manejo y almacenamiento.....	13
2.4.1 Almacenamiento en tambores.....	14
2.4.2 Almacenamiento en tanques.....	14
2.5 Toxicidad.....	15
2.6 Equipo de protección.....	15
2.7 Como combatir el fuego.....	15
2.8 Componentes de la polimerización en emulsión..	16
2.9 La fase acuosa.....	16
2.10 Surfactantes.....	17
2.11 Coloides protectores.....	18
2.12 Iniciadores.....	19
2.13 Reguladores.....	20
2.14 Antiespumantes, retardantes, modificadore.s...	20

## CAPITULO III MI PROCESO DE POLIMERIZACIÓN

3.1 Materias primas.....	23
3.2 Equipo de proceso.....	24
3.2.1 Reactor de polimerización.....	24
3.2.2 Sistema de condensación.....	25
3.2.3 Sistema de agitación.....	26
3.2.4 Reactor de acondicionamiento.....	26
3.2.5 Tanque de adición de monómero.....	27
3.2.6 Tanque de adición de coloide.....	27
3.2.7 Tanque de adición de oxidante.....	27
3.2.8 Tanque de adición de reductor.....	27
3.3 Equipo de control de proceso.....	28
3.3.1 Control de monómero y catalizadores.....	28
3.3.2 Medición de temperatura.....	28
3.3.3 Indicador de la presión dentro del reactor .....	29
3.4 Equipo de servicios auxiliares.....	29
3.4.1 Sistema de desmineralización.....	29
3.4.2 Sistema de calentamiento.....	30
3.4.3 Sistema de enfriamiento.....	30
3.4.4 Bomba de servicios auxiliares.....	31
3.4.5 Sistema de tubería de proceso.....	31
3.4.6 Sistema de tubería de servicios auxiliares.....	31
3.4.7 Sistema de suministro de energía eléctrica.....	31
3.5 Equipo de control de calidad.....	32
3.5.1 Viscosidad.....	32
3.5.2 Determinación de sólidos.....	32
3.5.3 Medición de pH.....	32
3.6 Instalaciones para equipo.....	33
3.6.1 Espacio de operaciones.....	33
3.6.2 Espacio para equipo de polimerización.....	33

## CAPITULO IV DESCRIPCION DEL PROCESO

Descripción del proceso.....	34
------------------------------	----

## CAPITULO V APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA EMULSIÓN

5.1 . Adhesivos.....	39
5.1.1 Adhesivos para madera.....	39
5.2 Pinturas.....	45
5.2.1 Formula básica de pintura.....	48
5.2.2 Fabricación de pintura.....	49

## **CAPITULO VI PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

<b>6.1.</b>	<b>Necesidad de los productos de limpieza.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2.</b>	<b>Detergentes.....</b>	<b>53</b>
<b>6.3.</b>	<b>Agentes tenso-activos.....</b>	<b>54</b>
<b>6.3.1.</b>	<b>Aniónicos.....</b>	<b>54</b>
<b>6.3.2.</b>	<b>Cationicos.....</b>	<b>55</b>
<b>6.3.3.</b>	<b>No iónicos.....</b>	<b>55</b>
<b>6.4</b>	<b>Formulaciones.....</b>	<b>56</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>59</b>

## INTRODUCCIÓN

En la historia de la humanidad han ocurrido acontecimientos muy significativos que han hecho de la evolución humana una trayectoria siempre en ascenso, desde el hombre de las cavernas, hasta los viajes espaciales: El descubrimiento y dominio del fuego; el sedentarismo a partir del descubrimiento de la agricultura y ganadería; el descubrimiento de los metales; el invento de la rueda; el invento de la escritura; etc. Lo cual, llevó al hombre a épocas de grandes culturas y etapas de acentuado brillo intelectual, la gran cultura griega con sus brillantes filósofos; de gran esplendor militar y de conquista, el sacro imperio Romano y la conquista de América; de expresiones artísticas sublimes, la pintura y escultura del renacimiento; De gran espiritualidad, las grandes religiones ( cristianismo, budismo, islamismo); Importantes y valiosos descubrimientos, en astronomía y ciencias naturales ( Darwin, Fleming, Galileo, Newton, etc. ), Sin embargo, la humanidad no ha conocido un desarrollo tecnológico tan espectacular como el que ha estado ocurriendo en los últimos 75 años, de tal forma que en toda la historia conocida no se ha vivido de forma tan confortable, con tanta facilidad de comunicaciones y con una expectativa de vida tan larga ( en México, 75 años en promedio, cuando a principios del siglo XX era sólo de 45 años.)

Este gran boom de desarrollo tecnológico se debe a la extraordinaria aportación que han hecho las distintas ramas de la ingeniería, y especialmente de la **Ingeniería Química**, pues ésta ha contribuido de manera muy significativa en todas las áreas productivas, desde la obtención de nuevas aleaciones, la conservación de alimentos, desarrollo de nuevos productos, hasta la purificación del agua ( actualmente tan importante), y especialmente en el desarrollo de productos derivados del petróleo: Combustibles, plásticos, lubricantes, **monómeros**, fibras, etc. Etc. De tal forma que podemos afirmar que sin la **Ingeniería Química**, el estilo de vida actual, no sería posible, pues ésta es responsable del gran confort y facilidad de nuestra vida diaria.

De la gran cantidad de productos derivados del petróleo, los **monómeros**; del griego mono (uno) y meros (parte), son los que han tenido un papel primordial, pues a partir de ellos se obtienen infinidad de productos de uso fácil, práctico e indispensable, que sin ellos la vida actual no sería posible: Autos, ropa, zapatos, utensilios del hogar, recipientes, empaques, muebles, aviones aparatos eléctricos, mangueras, herramientas, etc. Todos estos productos poseen algo en común que normalmente nos pasa desapercibido, ya que lo vemos como algo totalmente natural; ese “algo en común” es que la mayoría de ellos contienen ó están hechos de **polímeros**.

## CAPITULO I POLIMEROS

Los **monómeros**, son moléculas relativamente simples con un alto grado de insaturación, lo que las hace sumamente reactivas, y que mediante procesos industriales perfectamente controlados ( procesos de polimerización) nos llevan a obtener los **polímeros**; de esta forma un **polímero**, es una molécula de alto peso molecular, formada de la unión repetitiva y ordenada de muchas moléculas simples ( los monómeros) dando lugar a productos sintéticos con características especiales y totalmente diferentes a las de las sustancias de las que provienen.

Por su origen los polímeros se pueden clasificar en:

A.- Naturales

B.- Sintéticos

### 1.1 Polímeros Naturales

Polímeros naturales, son macromoléculas (normalmente proteínas) que se encuentran presentes en productos orgánicos de origen vegetal o animal; por ejemplo albúmina de sangre o huevo, almidón en maíz y papa; celulosa; exudados de algunos vegetales: caucho, goma de chicle, colofonia, copal, tragacanto; Lana, seda, lino, algodón; aceites polimerizables por oxidación como el de linaza y ricino, grenetina; fibras como yute, lechuguilla y henequén,, etc. Y en los que para su obtención comercial (industrial) solo se requieren procesos físicos de purificación; extracciones, lavados, centrifugados, separaciones, cardados, etc.

Hasta los inicios del siglo XX, los polímeros naturales eran materiales auxiliares en la industria, en: Telas, neumáticos, cuerdas, adhesivos, recubrimientos. Etc.

### 1.2 Polímeros sintéticos

**Polímeros sintéticos.** También son macromoléculas, pero a diferencia de los polímeros naturales, no se encuentran como tales en la naturaleza, sino que son producto de reacciones químicas entre moléculas insaturadas aparentemente sencillas, reacciones, que para que tengan valor útil, comercial e industrial, deben llevarse a cabo bajo condiciones

perfectamente controladas y con equipo normalmente bastante complejo.

El primer polímero (aún cuando no se había definido el término polímero) “sintético” se obtuvo por una convocatoria a científicos para encontrar materiales que sustituyeran al marfil, para la fabricación de bolas de billar, siendo Wesley Hyatt , en 1868, quien a partir de nitrato de celulosa en presencia de alcanfor y alcohol, produjo lo que patentó como celuloide, del cual se fabricaron numerosos objetos, desde cuellos de camisas, hasta placas dentales, pero lo más importante fue la base de la industria del cine, pues fue en película de celuloide, de ahí el nombre de “películas”, donde se fijaban las imágenes que posteriormente serían proyectadas en la pantalla. A pesar de ser un material frágil, pues es inflamable y se deteriora con la luz, el Celuloide tuvo un notable Éxito comercial.

Sin embargo, el primer polímero totalmente Sintético, es un compuesto obtenido a partir de reacciones entre fenol y formaldehído, realizado, en 1907 por el Dr. Leo Beackeland, al que llamo baquelita, material que presenta extraordinarias propiedades de resistencia mecánica, aislamiento eléctrico y elevada resistencia a altas temperaturas; Con la comercialización de la baquelita en 1909, podemos decir que se inicia la era de los polímeros sintéticos. Pero es a partir de 1930 ( con la síntesis de caucho) motivada por la necesidad de una demanda creciente en la industria automotriz y del alto costo del caucho natural ( que en esa época sólo se producía en Brasil) que el auge que se tiene de los polímeros sintéticos no se ha detenido y ha seguido un desarrollo en ascenso realmente espectacular, de tal forma que en la industria cada día se obtienen nuevos polímeros que aventajan, en propiedades a los polímeros de origen natural; En resistencia, durabilidad, facilidad de manejo y sobre todo en abundancia y por lo tanto en menor precio, de tal manera que, actualmente los polímeros ya no son solo auxiliares de la industria, son, en gran medida, la base de la industria.

### **1.3 FORMAS DE POLIMERIZACIÓN**

Como ya se mencionó antes un polímero sintético se obtiene por medio de reacciones entre moléculas insaturadas, bajo condiciones controladas y definidas y con equipo especial, que a nivel industrial, normalmente es bastante complejo, ya que los materiales de los que se parte son de manejo difícil.

De acuerdo con el tipo de monómeros de los que se parte, las formas de polimerización se clasifican en:

#### **1.3.1 Polimerización por adición**

**La Polimerización por adición.** Ocurre cuando la molécula entera del monómero pasa a formar parte del polímero, de tal forma que el polímero es la suma (de ahí el nombre de adición) de un cierto número de unidades monoméricas idénticas (grado de polimerización), de tal forma que el peso molecular de una molécula de polímero será  $n \times$  peso molecular de la unidad monomérica.

#### **1.3.2 Polimerización por condensación**

**En la Polimerización por condensación,** A diferencia de la polimerización por adición, en este proceso, no toda la molécula del monómero pasa a ser parte del polímero, ya que algunos átomos del monómero, no se integran al polímero, generando algún subproducto, (normalmente moléculas pequeñas, como agua, ácido clorhídrico gaseoso, amoniaco, etc.)

La forma de polimerización a elegir dependerá del tipo de monómero del que se parte; de las propiedades que se pretenden obtener del producto deseado y del empleo final que se dará al polímero.

### **1.4 Tipos de polímeros**

A su vez, por sus propiedades fisicoquímicas, los polímeros se pueden dividir en:

1. -Termoplásticos.
2. -termo fijos

### **1.4.1 Polímeros termoplásticos**

Los polímeros termoplásticos, son aquellos que son susceptibles a cambios de temperatura (dentro de un intervalo), es decir que su forma física cambia cuando se someten a variaciones de temperatura, esto hace que se puedan laminar, moldear, hilar, cardar, soplar, etc. Esto permite que los objetos prácticos que se hacen con ellos, adquieran infinidad de formas, de acuerdo con la necesidad de la forma practica del objeto se desee obtener para un uso específico, por ejemplo: Bolsas, Piezas para autos, frascos, empaques para alimentos, suelas para zapatos, recubrimiento para cables eléctricos, mangueras, polductos, rafias, cuerdas, telas, etc, etc.

Esta propiedad permite que la mayoría de los polímeros termoplásticos sean susceptibles de reciclaje, lo cual constituye una gran ventaja.

### **1.4.2 Polímeros termo fijos**

Los polímeros termo fijos, son aquellos que por sus propiedades fisicoquímicas no sufren variaciones de forma física, cuando se someten a cambios de temperatura, de tal forma que una vez obtenido el polímero, éste adquiere una forma única y definitiva, no son susceptibles a modificaciones solo con calor, sólo se obtienen piezas a través de moldes prefijados o sometidos a procesos de moldeo por medios mecánicos, como corte, lijado, esmerilado, etc. Normalmente la polimerización se hace in-situ en el momento que se desea la pieza. Estos polímeros no son reciclables.

### **1.5 Polímeros vinílicos**

De la gran variedad de polímeros que se han desarrollado y que tienen una utilidad práctica, **los polímeros vinílicos**, tienen una importancia fundamental en el campo de Pinturas y adhesivos, rama industrial que presenta grandes oportunidades de desarrollo profesional, donde la aplicación de la **ingeniería industrial, se da a plenitud**; razón por la que nos inclinamos hacia esta área, de tal forma que nuestra experiencia se centra fundamentalmente en la producción de polímeros vinílicos para la fabricación de adhesivos y pinturas.

Los monómeros vinílicos, como el acetato de vinilo los esterres acrílicos, sólo polimerizan por el proceso de adición.

La polimerización por adición se puede inducir de 3 formas:

- 1.- Por reacciones Redox
- 2.-Mecanismo de alta energía
- 3.- Catalización iónica

En las 3 formas el objetivo es producir radicales libres, de tal forma que el proceso de polimerización se inicia con la formación de moléculas de monómero con radical libre, etapa de iniciación, una vez formado el radical libre se adicionan las demás moléculas de monómero, una tras otra, al monómero con radical libre, etapa de propagación; la propagación continúa hasta que reacciona con otro radical libre, o tiene lugar una reacción de transferencia de cadena, que termina el crecimiento de la cadena, etapa de terminación.

El tiempo que se requiere para la formación de una molécula específica de polímero, son fracciones del tiempo total de conversión.

Para la polimerización de monómeros vinílicos existen básicamente 4 formas:

#### **1.5.1 Polimerización en masa**

**Polimerización en masa.** Esta técnica consiste básicamente en poner e el reactor el monómero y agregar una pequeña cantidad de iniciador, se aplica el calor suficiente para generar los radicales libres, con lo que se inicia la polimerización, el polímero resultante soluble en el monómero o insoluble en él y precipitarse. Bajo estas condiciones se libera mucho calor en muy poco tiempo (debido a la exotermia de la reacción ) y la viscosidad de la masa reaccionante se incrementa muy rápidamente, lo cual dificulta el control del proceso, por tal motivo este método se utiliza muy poco en la industria, ya que aunque se obtienen polímeros muy puros, no se logra un buen control del peso molecular del polímero. Esta forma de polimerización sólo se usa para producir algunos copolímeros y plásticos especiales.

Algunas técnicas para mejorar el control de polimerización en masa son:

-Usar iniciadores suaves en baja concentración y a bajas temperaturas.

-Realizar la polimerización haciendo adiciones de monómero separadas y sucesivas.

-Llevar a cabo la reacción de forma que se obtenga un jarabe viscoso y después separar el polímero del monómero, por destilación.

-Usar luz ultravioleta para la iniciación.

### **1.5.2 Polimerización en solución**

**Polimerización en solución.** En este método se disuelve el monómero en un solvente, y la polimerización se efectúa al agregar el iniciador y aplicando calor.

La polimerización en solución es de 2 tipos.

a.- Homogénea, el monómero y el polímero formado son solubles en el solvente.

b.- Heterogénea, el monómero es soluble, pero el polímero formado es insoluble en el solvente y precipita.

La velocidad de polimerización y el peso molecular del polímero obtenido dependerá del tipo de solvente, la temperatura a la que se efectúe la reacción y la cantidad y tipo de iniciador agregado; por tal motivo es de suma importancia la selección del solvente o combinación de solventes a usar en un monómero determinado, ya que cada uno tendrá sus efectos de transferencia de cadena y en consecuencia en el peso molecular del polímero, en algunos casos, la transferencia de cadena reduce la reactividad de los radicales libres, reduciendo así, la velocidad de reacción.

Aunque la polimerización en solución es más fácil de controlar que la polimerización en masa, tiene la desventaja de que se obtienen polímeros con pesos moleculares mucho más bajos que los obtenidos con los otros métodos, además, para algunas aplicaciones, la presencia del solvente puede ser un gran inconveniente.

### **1.5.3 Polimerización en suspensión**

**Polimerización en suspensión.** En este sistema el monómero, es suspendido o dispersado como pequeñas gotas en un medio, generalmente agua, en el que es virtualmente insoluble. Se usan pequeñas cantidades de coloides protectores para retener las gotas y evitar la posterior aglomeración de las partículas de polímero. La polimerización de las gotas suspendidas se provoca por la adición de iniciadores solubles en solvente orgánico y por la aplicación de calor, generando radicales libres.

La polimerización en suspensión se efectúa cuando se quiere aislar fácilmente el polímero del medio de reacción, con este método se obtiene un excelente control del peso molecular del polímero, que puede ser desde muy bajo hasta muy alto; además se tiene un buen control de reacción y facilidad en la disipación del calor exotérmico de la polimerización.

### **1.5.4 Polimerización en emulsión**

**Polimerización en emulsión.** En este método el monómero (y co-monómeros) es esparcido en agua por medio de surfactantes y agitación, la polimerización se efectúa por la adición de iniciador soluble en agua y por la aplicación de calor. Pueden estar presentes: coloides protectores, reguladores de pH y otros aditivos. El producto formado es una suspensión o dispersión de partículas de polímero sólidas, extremadamente pequeñas, en un medio acuoso y no una emulsión propiamente dicha, a pesar de que así se le llama.

La gran ventaja de este sistema que se obtienen altas concentraciones de polímero a bajas viscosidades, la dispersión del calor es relativamente fácil y además, se usa el solvente más barato y fácil de manejar, el agua.

## **CAPITULO II POLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN DE MONOMERO DE ACETATO DE VINILO**

De los métodos mencionados, la polimerización de monómeros vinílicos en emulsión, es la que tiene mayor importancia industrial, debido a las innumerables aplicaciones de la emulsión en productos de uso generalizado, como: Bases de pinturas, Adhesivos, revestimientos textiles y de cuero, ceras para pisos, recubrimientos de papel, refuerzo de concretos, etc.

Con la excelente y sólida preparación académica obtenida en “FES ZARAGOZA”, me permitió incursionar en el ámbito de los polímeros, concretamente en su aplicación en Adhesivos y recubrimientos, logrando desarrollar e instalar un proceso de polimerización de emulsiones vinílicas, especialmente de poliacetato de vinilo; proceso, donde el equipo, las instalaciones y la operación fue totalmente diseñado y cuya fabricación supervisé personalmente, de tal forma que la resina obtenida a partir de este proceso es obra totalmente mía, lo mismo que las formulaciones que se derivan de ella, esto me permitió formar una empresa que fabrica; adhesivos, pinturas y recubrimientos; y además poder brindar asesorías a algunos empresarios que se dedican a este rubro industrial.

Es este proceso y esta experiencia la que comparto en el presente reporte.

Como ya se mencionó antes, el método de polimerización en emulsión de polímeros vinílicos, es el que presenta mayores ventajas. Como ejemplo describimos a continuación los componentes de la polimerización en emulsión; la descripción del proceso de polimerización; la descripción del equipo y algunos ejemplos de los productos obtenidos a partir de la resina de poliacetato de vinilo en emulsión. Tal y como lo hemos hecho durante 16 años.

Para la obtención del poliacetato de vinilo en sus distintas formas, en nuestro caso en emulsión, partimos del monómero de acetato de vinilo (VAM)

## 2.1 Propiedades físicas del acetato de vinilo

El acetato de vinilo monomero es un líquido incoloro de olor característico ligeramente a éter y cuya fórmula estructural es la siguiente:



El cual presenta las siguientes propiedades físicas:

Temperatura de auto ignición °C	427
Punto de ebullición °C a 760 mm Hg.	72.7
Coeficiente de expansión °C (20-40 )	$1.52 \cdot 10^{-3}$
Presión crítica atm	39
Temperatura crítica °C	246
Límite de explosividad inferior % en volumen aire	2.6
Límite de explosividad superior % en volumen	13.4
Punto de inflamación, tag (copa abierta)	-4.0
Calor de combustión, cal/g	5750
Calor latente de evaporación, cal/g	90.60
Calor de formación, cal/g	-969.90 calculado
Punto de fusión, ° C	-100.20
Peso molecular, g/mol	86.90
Índice de refracción	1.3953
Solubilidad a 20 °c, % en agua	2.30
Solubilidad a 20 °C, % del agua	1.0
Peso especifica, 20/ 20 g/ml	0.934
Calor específico, cal/g a 20 °C	0.46
Tensión superficial, din/cm <sup>2</sup>	23.6
Densidad de vapor, aire= 1	2.97
Viscosidad a 20 °C, Cps	0.432

## 2.2 Azeotropos que forma el acetato de vinilo

### MEZCLAS AZEOTROPICAS QUE FORMA EL ACETATO DE VINILO

Compuesto	Punto de ebullición °C a 1 Atm	Punto de ebullición del Azeótropo °C	% en peso del acetato de vinilo	% en peso del otro compuesto
Acetato de vinilo	72.7	-----	100.00	0.00
Acetaldehido	20.2	No azeótropo	0.00	100.00
Acetato de etilo	77.10	NO azeótropo	100.00	0.00
Acetato de metilo	57.10	No azeótropo	0.00	100.00
Acetona	56.5	No azeótropo	0.00	100.00
Agua	100	65.2	95.10	4.90
Benceno	80.10	72.40	96.10	3.90
Crotanaldehido	102.20	No azeótropo	100.00	0.00
Metanol	64.70	Reacción	-----	-----
Metil-etilcetona	79.60	No azeótropo	100.00	0.00
Tolueno	110.80	No azeótropo	100.00	0.00

## **2.3 Propiedades químicas del acetato de vinilo**

### **HALOGENACION**

Como compuesto reactivo el acetato de vinilo, no solo se emplea para polimerizarse o copolimerizarse, sino que también es útil para obtener intermedios químicos. Estas reacciones de adición son típicamente aquellas de hidrocarburos etilénicos. Que incluyen la rápida adición del cloro y del bromo y la lenta e incompleta del yodo para obtener di haluros:

Algunas otras reacciones son:

- Halogenación en un alcohol, para obtener acetales
- Hidrohalogenación, para obtener halo-acetatos
- Adición de ácido cianhídrico, para obtener acetato delactonitrilo
- Adición de acetaldehído, para obtener acetales cíclicos
- Adición de anhídridos
- Reacción con formaldehído, para obtener acroleína
- Con tetracloruro de carbono, para obtener telómeros
- Con otros esteres y ácidos, para obtener esteres vinilos más altos

### **2.4 MANEJO Y ALMACENAMIENTO.**

Puesto que se trata de un líquido volátil y con un punto de inflamación y temperatura de auto incendio bajo, es imprescindible que se maneje con mucho cuidado.

Es muy importante que todos los recipientes y unidades de conexión involucrados en la transferencia de este producto sean puestos a tierra adecuadamente; cualquier aparato eléctrico cercano a las áreas de manejo del monomero deberá ser a prueba de explosión. Deberán excluirse del área en operación los fuegos abiertos o aparatos que produzcan chispas. Para trabajar cerca con recipientes abiertos se recomiendan herramientas a prueba de chispas.

### **2.4.1 Almacenamiento en tambores**

Como se menciona anteriormente cuando se maneje acetato de vinilo en tambores éstos deberán estar aterrizados a fin de evitar la electrostática. El manejo de tambores vacíos, ya que el material sobrante (vapor) al mezclarse con el aire, puede ser peligroso. Los tambores pueden limpiarse fácilmente lavándolos con agua o vapor. Es conveniente almacenar los tambores lejos del calor y de la luz directa del sol. Los tambores no deben almacenarse a la intemperie, pero si en áreas bien ventiladas sin exponerlos a temperatura superiores a 38 C.

### **2.4.2 Almacenamiento en tanques**

Como regla general, el acetato de vinilo deberá almacenarse siempre a temperaturas menores 38 C. De tal forma que el almacenamiento en tanques al exterior es bastante adecuado, siempre y cuando no se sitúen cerca de fuentes generadoras de calor, tales como calderas y tampoco expuesto a la luz solar; un recubrimiento exterior de pintura blanca ó aluminio hará que la tempera interna se mantenga lo mas bajo posible. El material del que pueden estar hechos los tanques puede ser acero inoxidable, aluminio y acero al carbón, siempre y cuando tanto el tanque como las tuberías estén libres de óxido. El óxido no muestra ningún efecto apreciable en la calidad del monómero, sin embargo, un desprendimiento de óxido que caiga al monómero si puede afectar el proceso de polimerización y en consecuencia, la calidad del producto final.

Los tanques de acero al carbón deben ser tratados con compuestos químicos del tipo fosfato, los cuales remueven el óxido y tienen un efecto inhibitor en la formación de más óxido. Aun cuando se pueden usar aluminio ú acero inoxidable, en la mayoría de los casos no lo justifica.

Las tuberías y conexiones de bronce o latón no son recomendables en el almacenaje, ya que pueden resultar huellas de cobre que afectan seriamente durante el proceso de polimerización.

## **2.5 TOXICIDAD**

El acetato de vinilo al ser ingerido puede causar dolor de cabeza, somnolencia e inconciencia.

Por inhalación puede irritar las mucosas de nariz, garganta y pulmones.

En contacto con la piel puede causar enrojecimiento e inflamación y si el contacto es muy prolongado, puede causar ampollas.

En contacto con los ojos puede causar daño severo reversible.

## **2.6 EQUIPO DE PROTECCIÓN**

Cuando se tienen concentraciones bajas de vapores de acetato de vinilo o de cualquiera de los acrilatos, es preciso usar máscara de cartuchos para vapores orgánicos ó canister. Para concentraciones elevadas se requiere equipo de aire autónomo.

Para proteger las manos se recomienda el uso de guantes de seguridad, de neopreno ó de hule.

Para los ojos se requieren goggles de seguridad.

Cuando puedan ocurrir derrames ó salpicaduras es recomendable el uso de traje impermeable y botas.

En las áreas donde se almacenan o manejan monómeros, es necesario contar con regaderas de emergencia y fuente de lavado de ojos.

## **2.7 COMO COMBATIR EL FUEGO**

Para fuegos pequeños se emplea bióxido de carbono o polvo químico seco. Para fuegos grandes, espuma tipo alcohol o agua atomizada.

Cuando haya fuego cerca del tanque de almacenamiento o de tambores de acetato de vinilo, éstos deben enfriarse con chorro para evitar la polimerización.

## **2.8 COMPONENTES EN LA POLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN**

Las emulsiones (latices) están compuestas de dispersiones de partículas de polímero extremadamente finas, en un medio no solvente, usualmente agua. Y en su formación intervienen los siguientes componentes.

**Monómeros.-** Los monómeros son la parte que se convierte en las partículas de polímero finamente dispersadas en la emulsión.

El número de monómeros que han sido homopolimerizados ó interpolimerizados es muy grande. Existen 3 restricciones generales en el monómero de vinilo polimerizable:

1.- El monómero debe ser ligeramente soluble en la solución acuosa del surfactante

2.-El monómero debe ser polimerizable a las temperaturas a las que ésta solubilidad ocurre

3.- El monómero no debe ser reactivo en grado significativo con el agua surfactante ú otros aditivos

Cuando se efectúan copolimerizaciones o interpolimerizaciones, difícilmente pueden llevarse a cabo si un monómero es, comparado con otros, demasiado soluble en agua.

## **2.9 Agua (la fase Acuosa)**

El agua no solo provee el medio de dispersión para las partículas finales de emulsión sino que también sirve como medio solvente y difusor para pequeñas cantidades de monómeros y como solvente de los surfactantes, el iniciador (o activador, si se usa), para el coloide protector y para especies iónicas tales como sales y reguladores de pH. En suma, es un medio de dispersión de gotas de monómero que alimentan las crecientes cadenas de polímero, ya sean “micelas” o partículas de monómero-polímero. Aun más importante es su función como un excelente medio de transferencia de calor, permitiendo dispersar rápidamente la gran cantidad de calor exotérmico de polimerización.

## **2.10 Surfactantes**

Los surfactantes desempeñan una función muy importante en la polimerización en emulsión. Los surfactantes (emulsificantes, jabones, agentes dispersantes o detergentes) tienen propiedades únicas que son las de presentar en una misma molécula dos grupos; un grupo no polar (lipofílico o soluble en aceite) y un grupo polar (hidrofílico o soluble en agua). A concentraciones arriba de cierto límite mínimo (concentración crítica de la micela), característica de todo surfactante, se realiza la formación de agregado de las moléculas separadas para formar micelas. Estas micelas están compuestas de un cierto número de moléculas de surfactante, en las cuales las terminales solubles en materiales orgánicos son orientadas hacia el interior, o sea, hacia el centro y las terminales solubles en agua orientadas hacia el agua, o sea, la periferia. Si el medio es acuoso el monomero se difunde en forma de gotas en la mezcla a través de la fase acuosa hacia el interior de las micelas. La polimerización se inicia principalmente en el interior de las micelas, las cuales se hinchan mientras el polímero se forma y a la vez admite la difusión de más monomero hacia su interior. Finalmente la estructura de la micela es destruida y las moléculas de surfactante permanecen en las partículas de polímero como capas unimoleculares. El monomero continuara difundándose dentro de estas partículas y polimerizara hasta que la conversión sea completa.

Estos aspectos cualitativos fueron postulados por Harkins. Subsecuentemente, Smith y Ewart proveyeron soporte cuantitativo para la teoría de polimerización en micela. La teoría de Harkins se cumple para los casos en los que se usan monómeros insolubles en agua, como el Estireno; sin embargo, se observan desviaciones cuando se usan monómeros solubles en agua.

Los surfactantes pueden ser clasificados en tres tipos principales, dependiendo de la carga eléctrica que posean:

- A) Aniónicos.- Son los usados en mayor volumen y proporcionan una carga negativa a la emulsión. Ejemplos de este tipo son: lauril sulfato de sodio y dodecil-bencen-sulfonato de sodio.

B) Catiónicos.- Son usados para aplicaciones donde es necesario impartir una carga positiva en partículas de emulsión. Ejemplos de estos son: Cetil-dimetil-benzil-cloruro de amonio, cetil-trimetil-bromuro de amonio.

**Ambas especies iónicas se caracterizan por una larga cadena del grupo Alquil (soluble en aceite) y una porción soluble en agua que lleva la carga electrónica, con unión de carga opuesta.**

C) No iónicos.- Esencialmente no llevan carga. Su uso ha crecido rápidamente por no presentar la incompatibilidad, mostrada por los surfactantes iónicos, a ciertos aditivos usados en compuestos. Los aductos de óxido de Etileno y Alquilaril fenoles son ejemplos del tipo no iónico.

El número de unidades de óxido de Etileno,  $n$ , puede variar desde unas cuantas hasta 100, produciendo una gran gama de propiedades surfactantes. Los números de unidades más bajos son solubles en aceite, mientras que los más altos son solubles en agua.

Es posible alterar las propiedades de la emulsión como el tamaño de partícula, viscosidad, estabilidad al congelado, claridad de película, resistencia al agua y velocidad de conversión de monomero; por medio de una adecuada selección de emulsificantes no iónicos.

## **2.11 Coloides Protectores**

Los Coloides protectores se usan para estabilizar las dispersiones en la emulsión. Los mecanismos por los cuales funcionan, todavía no están claramente explicados. Una posible explicación es que estos polímeros solubles en agua cubren las partículas de emulsión y son rodeados por moléculas de agua. Esto previene la interacción polímero-polímero que produciría coagulación o aglomeración de partículas. También es posible que el coloide protector eleve la viscosidad de la fase acuosa continua, evitando así la proximidad necesaria de las partículas para aglomerarse.

Los Coloides protectores son básicamente de dos tipos:

1.- Productos naturales o natural modificado, por ejemplo: goma agar, goma arábica, goma tragacanto, almidones solubles en agua, pectina, gelatina y celulósicos modificados como carboximetil celulosa e hidroxietil celulosa.

2.- Sintéticos, por ejemplo: alcohol polivinílico, poeacrilamida, polivinil pirrolidona y sales alcalinas de ácidos poliácridicos. Los más usados son hidroxietil celulosa y alcohol polivinílico.

Las polimerizaciones en emulsión pueden hacerse estables sin surfactante usando únicamente coloide protector. El tipo la concentración del coloide protector afecta de manera significativa la viscosidad de la emulsión y el tamaño de partícula.

## **2.12 INICIADORES**

Las polimerizaciones en emulsión han sido casi totalmente restringidas a catálisis por iniciación de radical libre.

El uso de iniciadores de radical libre solubles en agua predomina sobre el de los solubles en aceite en la preparación de emulsiones acuosas.

Los iniciadores se clasifican también en 2 grandes grupos:

1.- Aquellos que se forman por ruptura térmica de la ligadura del iniciador de radical libre.

2.- Aquellos generados por mecanismos de transferencia de electrón que requiere un iniciador de radical libre y un agente reductor (Oxido-reducción ó redox).

Todas las ligaduras químicas se rompen si se alcanza suficiente energía de vibración de los átomos, sin embargo, sólo un restringido límite de valor de ruptura de enlace es aprovechable para obtener velocidades prácticas de generación de radicales libres. Si es demasiado alto, las velocidades de descomposición son demasiado largas. Una muy importante clase de compuestos caracterizados por ligaduras O-O y N-N dentro de la molécula muestran energías de ruptura de ligaduras que entran en los límites de 30-35 cal/mol. *Estos se descomponen a temperaturas muy*

*convenientes (generalmente entre 60-85 C) y a velocidades tales que dan lugar a tiempos de polimerización eficientes.*

*Por varias razones, la generación de radical libre por rompimientos térmico puede no ser conveniente para la polimerización en emulsión. Es evidente la necesidad de conducir las polimerizaciones a temperaturas más bajas que aquellas en las cuales el precursor o iniciador se descompone demasiado rápidamente para ser útil. Un mejor control de velocidades de polimerización, supresión de reacciones secundarias (como la transferencia de cadena a solvente, monomero y polímero), mejores eficiencias de catalizador y un peso molecular polimérico más alto, son ventajas que se tienen cuando la polimerización se lleva a cabo a temperaturas bajas.*

*La principal ventaja del sistema de iniciación redox, es que requiere una muy baja energía de activación para ruptura de ligadura (alrededor de 10 kcal/mol).*

### **2.13 REGULADORES**

Durante Los proceso de polimerización en emulsión, los monómeros empleados pueden hidrolizarse por la excesiva acidez, originada por los residuos del iniciador y por los productos de la hidrólisis del monomero, que son ácidos, por esta razón es necesario mantener el pH de la polimerización dentro de un límite estrecho; generalmente entre 4 y 5, Para conseguir esto es necesario la adición de productos que mantengan el pH de la masa reaccionante en este rango.

### **2.14 ANTIESPUMANTES, RETARDANTES, MODIFICADORES**

Como se mencionó antes, frecuentemente en la polimerización en emulsión, se utilizan surfactantes, y éstos bajo ciertas condiciones, además del movimiento provocado por la agitación de la masa reactiva, puede llevar a la formación de exceso de espuma; esto hace necesaria la incorporación de aditivos antiespumantes. Normalmente los antiespumantes recomendados son derivados de aceites etoxilados, jabones de metales pesados, derivados del silicón, Sin embargo la experiencia nos indica que el abuso en el empleo de este tipo de aditivos, puede ocasionar problemas en los proceso posteriores en los que se emplee el polímero.

Durante el proceso de polimerización, por diversas causas puede haber crecimiento excesivo de las cadenas de polímero; ramificaciones indeseables y formación de ligaduras tridimensionales. Lo cual dificulta el control del peso molecular; además de que causarían problemas en los procesos posteriores en los que se emplee el polímero. Por lo que es necesario el empleo de modificadores, los cuales pueden ser: Mercaptanos, disulfuros, azufre, tetracloruro de carbono, compuestos nitrosos, aldehídos y otros compuestos con carbonilos.

Uno de los aspectos más importantes durante los procesos de polimerización es el control del calor exotérmico de la reacción, ya que frecuentemente la reacción de polimerización es tan rápida que es necesario frenarla, Esto se consigue usando agentes retardantes, para reducir las velocidades de propagación; estos retardantes inducen a producir cadenas con radicales terminales menos reactivos (al monómero). Sin embargo, si no se manejan en las dosis correctas y se llevan al extremo en que la velocidad de propagación se reduzca a cero, la acción retardante se convierte en inhibidora; de tal forma que el radical terminal de la cadena en crecimiento, no será reactivo a la adición de más monómero y la reacción cesará. Ejemplos de retardantes son: Dienos, trienos conjugados y orto-nitrofenol.

### **CAPITULO III MI PROCESO DE POLIMERIZACIÓN**

Para todo proceso de transformación, cuyo fin es obtener un producto repetitivo y confiable, en las cantidades que se hayan planeado, es necesario seguir una secuencia lógica y metódica de etapas, que en conjunto constituyen el proceso. Para llevar a cabo cualquier proceso de fabricación, es necesario contar con: Instalaciones (espacio adecuado para el equipo que el proceso requiere); Equipo de fabricación; Servicios auxiliares; Sistemas de control y seguridad; materias primas, sistemas de almacenamiento de materias primas y producto terminado. En suma, es la **aplicación de la ingeniería industrial**. Que en nuestro caso aplicamos para la obtención de poliacetato de vinilo en emulsión y a partir de éste, Adhesivos y recubrimientos.

Todo el sistema que describimos en las paginas siguientes, el equipo, las instalaciones, la secuencia de proceso, el sistema de servicios auxiliares, la forma de operación, los productos que de este proceso se derivan fueron, diseñados y formulados íntegramente por mi, incluyendo el diseño de la nave industrial en el cual ha venido operando.

De tal forma que me permito afirmar que en este proceso he aplicado a plenitud la ingeniería industrial.

El poliacetato de vinilo se puede obtener de distintas formas: En solución, hot-melt y especialmente en emulsión, que es donde tiene mayor facilidad de empleo.

En forma de emulsión, el éxito del poliacetato de vinilo, en la formulación de adhesivos y recubrimientos, depende del proceso de polimerización que se emplee, lo cual determina las características de la dispersión base para la formulación de adhesivos: pureza de la dispersión, concentración, peso molecular, tamaño de partícula, viscosidad y estabilidad. Por lo tanto el proceso de polimerización es la parte más importante para la fabricación de adhesivos y recubrimientos a base de poliacetato de vinilo.

Por nuestra experiencia de 18 años en la formulación de adhesivos y 16 años polimerizando, el proceso que describimos a continuación es el que mejores resultados nos

ha dado y que nos ha permitido mantenernos en el mercado durante este tiempo.

### **3.1 Materias primas**

La polimerización en emulsión del monómero de acetato de vinilo (VAM) básicamente consta de 10 componentes; cuando se emplea sistema Redox:

- 1.- Monómero ó monómeros (cuando se trata de copolímeros)
- 2.- Medio de dispersión (en emulsión siempre es agua)
- 3.- Catalizador iniciador (oxidante)
- 4.- Catalizador propagador (reductor)
- 5.- Un emulsificante ó coloide protector (es más común el uso de coloide)
6. Regulador de pH (buffer)
- 7.- Antiespumante
- 8.- Plastificante
- 9.- Inhibidores de reacción
- 10.- Otros aditivos como: Cargas, coalescentes, abrillantadores, etc.

La concentración de los materiales y el tipo de éstos son determinantes para la calidad de la dispersión; además del tiempo de polimerización, la velocidad de agitación y la temperatura de reacción.

De los distintos materiales existentes, según nuestra experiencia los más adecuados son:

Catalizador oxidante: Peroxido de hidrógeno al 50 %

Catalizador reductor: Hidrosulfito de sodio

Regulador de pH: Bicarbonato de sodio

Coloide Protector: Alcohol polivinilico parcialmente hidrolizado

El antiespumante, en teoría es necesario, pero como son derivados de aceites etoxilados pueden llegar bloquear la adherencia, en nuestro proceso preferimos controlar la espuma mediante el manejo del equipo y los tiempos de adición, claro, se pierde un poco de tiempo, pero se gana en calidad del producto final.

No empleamos aditivos a fin de no contaminar el producto final y de esta manera obtener una emulsión bastante limpia, lo

**cual nos ha facilitado la formulación de adhesivos y recubrimientos.**

Para el proceso de polimerización se requiere un mínimo de energía de activación (Nivel mínimo de excitación de las moléculas de monómero) a fin de que se produzca la ruptura del doble enlace en el monómero, para la formación de radicales libres y se lleve a cabo la polimerización. Esto hace necesario calentar la masa reaccionante hasta cierta temperatura, para asegurar que la polimerización arranque.

La teoría indica que la polimerización se inicia cuando el monómero alcanza una temperatura igual a su punto de ebullición, 72 °C a nivel del mar y a presión atmosférica; Sin embargo, en el proceso que hemos desarrollado, la polimerización la iniciamos a temperaturas mucho menores (52 C) y la exotermia de la reacción nos lleva la temperatura adecuada de reacción.

Nuestra experiencia en este proceso nos indica que con polimerizaciones a menor temperatura se alcanza un mayor peso molecular del polímero, una mayor densidad del mismo a una viscosidad baja; lo cual proporciona mejores características de resistencia, penetración y adherencia a los adhesivos formulados con este tipo de resinas. Sobre todo, y quizá lo más importante, el ahorro de energía, equipo y riesgos, ya que en este proceso no utilizamos caldera.

### **3.2 EQUIPO DE PROCESO**

Para polimerizar el monómero de acetato de vinilo (vam), a fin obtener un polímero en emulsión, se requiere un mínimo de equipo que cumpla con las especificaciones básicas, para llevar a cabo este tipo de reacciones, con un mínimo de riesgo y con el fin de obtener un producto de calidad que nos permita competir.

El equipo con el que contamos es el que se describe a continuación:

#### **3.2.1 Reactor de polimerización.**

Por las características propias de la reacción de polimerización y por las propiedades fisicoquímicas de las materias primas que intervienen en ella, para que se lleve a

cabo de manera controlada y satisfactoria, el equipo dentro del cual se realiza la transformación de monomero en polímero debe ser un equipo como el siguiente:

Tanque cilíndrico, con capacidad para 1200 lts, fabricado en lamina de acero inoxidable 316 calibre 12, con fondo y tapa hemisféricos; con doble chaqueta de enfriamiento y calentamiento; con entradas acopladas para adición de: Monomero, coloide protector, reflujo, catalizadores, aditivos de ajuste, Indicadores de presión y temperatura; Con 3 mirillas para iluminación interna desde el exterior. Con registro hombre para facilitar la limpieza. Con sistema de brida para acoplar condensador. Salida de producto terminado por el fondo, o envió a Reactor de terminación; y salida de toma de muestras también por el fondo.

Con sistema de agitación con flecha sólida de acero inoxidable 316 de 1.5 in, con doble juego de paletas con inclinación de 20°, para mover uniformemente la masa reaccionante. Con mamparas deflectoras interiores, a fin de evitar zonas sin agitación.

Conexiones en las chaquetas para acoplar tubería al sistema de calentamiento enfriamiento.

Sistema de agitación acoplado a moto-reductor de 20 Hp con velocidad de salida de 500 rpm.

### **3.2.2 Sistema de condensación.**

Durante el proceso de polimerización, debido a la exotermia de la reacción, se alcanzan temperaturas superiores a las de el punto de ebullición del monomero, lo cual provoca que parte del monomero que ingresa al reactor, y que no reacciona, ( ya que por control la reacción no es instantánea) se evapora y es necesario condensarlo para ingresarlo nuevamente al reactor a fin de que reaccione; ya que de otra forma se perdería mucho monomero que escaparía al ambiente. Para lograr esto se requiere:

Sistema de condensación que consta de tubo 8 “ acoplado en su parte inferior, por medio de bridas al sistema del reactor, y en la parte superior cuenta con un codo con inclinación mínima de 20°, que se une a un condensador de tubos y

coraza, con tubos de ½ “, de pared delgada para facilitar la transferencia de calor; espejos (tapas) desmontables para facilitar su limpieza. De la tapa extrema en su parte más baja, se conecta con la tubería que hace que el monomero reingrese al reactor de polimerización. En esa parte de la tubería existe una mirilla con vidrio térmico a fin de visualizar el reflujo; de la parte alta de la misma tapa se conecta un tubo de desfogue a fin de que el sistema se lleve a cabo a presión atmosférica. Coraza conectada al sistema de agua de enfriamiento. Todo el sistema fabricado en acero inoxidable 316.

### **3.2.3 Sistema de agitación continua para el reactor.**

Para que la reacción se realice y efectivamente se forme la emulsión de las partículas de polímero en el medio de dispersión; para evitar formen aglomerados de polímero y además impedir que las cadenas de polímero crezcan demasiado, importante que durante todo el proceso de polimerización se mantenga una agitación continua y uniforme. Para el reactor antes descrito el sistema adecuado es:

Motor trifásico a prueba de explosión de 15 HP. Acoplado a un reductor con velocidad de salida de 500 rpm y éste acoplado a la flecha de agitación del reactor.

Todo desmontable, a fin de facilitar su mantenimiento.

### **3.2.4 Reactor de acondicionamiento de coloide.**

La formación de las partículas sólidas de polímero formadas durante la polimerización, son más densas que el medio de dispersión (agua) y por sus propiedades fisicoquímicas tienden a aglomerarse, lo que ocasionaría precipitación del polímero. Para evitar esto, se requiere el coloide protector, sin embargo, éste se tiene que preparar antes de ingresarlo al reactor. Para esto es necesario el siguiente equipo:

Tanque de acero inoxidable 316 calibre 16, de 240 Lts; con sistema de agitación tipo cowless; motor a prueba de explosión de 5.0 HP y 1750 RPM, Con válvula de 2 “ acoplada al fondo para descarga del producto.

Con sistema de calentamiento, que permita alcanzar mínimo 95 °C.

### **3.2.5 Tanque de adición de monomero.**

Para regular la cantidad de monomero que ingresa al reactor durante el tiempo de polimerización, es necesario contar con un recipiente desde el que se pueda dosificar:

Tambor de acero inoxidable 316 calibre 16, capacidad 200 lts, conectado a entrada del reactor (destinada para este fin) por medio de tubería de acero inoxidable 316 de 1 in de diámetro.

### **3.2.6 Tanque de adición de coloide protector.**

Durante el proceso de polimerización el ingreso de monomero y coloide debe estar una relación definida, a fin de poder controlar la exotermia de la reacción; la viscosidad y la formación de espuma. Por lo que se hace necesario un recipiente que nos permita conseguir controlar la cantidad que ingresa a la reacción.

Tambor de acero inoxidable 316 calibre 16, capacidad 200 lts, conectado a entrada de reactor asignada para este fin, por medio de tubería de acero inoxidable 316 de 1.5 in. De diámetro. Con válvula de control, también en acero inoxidable.

### **3.2.7 Tanque de adición catalizador óxidante**

La cantidad de catalizadores que ingresa al reactor es en gran medida responsable de la velocidad a la que la polimerización se lleva a cabo, ya que son los responsables de la formación de radicales libres. A fin de dosificar de manera adecuada y precisa la cantidad de catalizador que ingresa al reactor, para controlar la reacción. Es necesario:

Recipiente cilíndrico de acero inoxidable 316, calibre 16, de 80 lts de capacidad. Conectado por medio de tubería también de acero inoxidable al reactor.

### **3.2.8 Tanque de adición de catalizador reductor.**

Como se mencionó antes, la correcta dosificación de catalizadores, nos permite controlar y llevar con éxito la polimerización. Para conseguir esto, la relación de adición de ambos debe ser lo más precisa posible. Por lo que se requiere un recipiente similar al de catalizador oxidante.

### **3.3 EQUIPO DE CONTROL DE PROCESO**

#### **3.3.1 Sistema de control y medición de monomero y catalizadores**

La reacción de polimerización, como cualquier reacción química, avanza en la medida que existan los reactivos adecuados y en la concentración correcta (estequiometria).

Para mantener la concentración adecuada de reactivos en la masa de reacción, se requieren instrumentos que nos permitan ingresar una cantidad medida y controlada de los reactivos durante toda la reacción. En el caso específico de la polimerización emulsión, esto permite poder controlar el avance y la exotermia de la reacción; ya que si por alguna razón existe algún exceso ó carencia de alguno de los reactivos, la reacción se puede inhibir o hacerse violenta y como consecuencia falla en el producto final. En nuestro proceso estos instrumentos son:

Rotámetros especialmente diseñados para nuestro proceso, lo cual nos permite medir y saber qué cantidad de monomero, catalizador oxidante y catalizador reductor, que estamos ingresando a la masa de reacción. Son rotámetros que funcionan por gravedad y consisten en una base de aluminio, sobre la que se monta el tubo de vidrio térmico, que contiene el flotador que indica la cantidad de líquido que se esta agregando. Con sus correspondientes válvulas de entrada y salida del liquido, todo en acero inoxidable y con mica de protección. El tamaño de estos equipos esta en proporción a la cantidad de líquido que se pretende medir:

Para el monomero de 1 a 8 lt/min.

Para los catalizadores: de 5- a 100 ml/ min.

#### **3.3.2 Sistema de medición de la temperatura de reacción.**

Como se ha mencionado antes, durante el proceso de polimerización, debido la ruptura del doble enlace del monomero hay un desprendimiento de energía que se refleja en un incremento en la temperatura de la masa reaccionante. Esta energía debe ser controlada a fin de que la reacción se lleve a cabo de manera uniforme a fin de obtener las propiedades fisicoquímicas deseadas en el polímero. Una manera indirecta de evaluar si la reacción se esta llevando a

cabo de manera adecuada, es a través del monitoreo de la temperatura durante el tiempo que dura la reacción; ya que si hay, por ejemplo un incremento brusco de la temperatura no indica que la reacción esta siendo demasiado violenta, a su vez si hay una disminución de la temperatura nos indica que la reacción se esta inhibiendo. Por lo que se hace necesario un instrumento que nos permita evaluar y medir la temperatura dentro del reactor. En nuestro proceso lo conseguimos por medio de un termómetro de carátula con bulbo de vástago largo insertado en un termo pozo que se encuentra en el interior del reactor en la zona media de agitación. El termómetro tiene es de un rango de -10 a 150 °C.

### **3.3.3 Indicador de la presión dentro del Reactor.**

Aunque el proceso de polimerización lo realizamos a presión atmosférica, mediante la conexión a la atmósfera que se describió en el sistema de condensación, por seguridad, es necesario contar con un indicador de presión, ya que por las características del polímero, no debe descartarse la posibilidad de que el desfogue mencionado pudiera taparse, y esto podría ocasionar una sobre presión dentro del reactor y por consiguiente el riesgo de una explosión.

Esto monitoreo lo conseguimos con un manómetro que nos indica la presión que hay en el reactor durante el proceso de polimerización.

## **3.4 EQUIPO DE SERVICIOS AUXILIARES.**

### **3.4.1 Sistema de desmineralización de agua.**

El proceso de polimerización en emulsión requiere utilizar agua libre de iones, ya que de existir éstos, pueden reaccionar con los radicales libres formados durante el proceso y esto, provoca la formación de grumos o aglomerados que no permiten la cohesividad de la resina y además le impiden la formación de una película continua, y esto desmerita la calidad de nuestro producto. La cantidad de grumos formados depende de la cantidad de iones presentes en el agua. Normalmente el agua de la red municipal o la que se extrae de pozos artesianos, contiene una gran cantidad de iones tanto positivos como negativos, resultado de la disolución de sales en el agua, así como la presencia de otros contaminantes

orgánicos como líquenes, bacterias y hongos. Por tal motivo es necesario tratar el agua que se utilizará como medio de dispersión (agua de proceso), a fin de eliminar los iones presentes en ella. Esto se consigue por medio de un sistema de de-ionización. Que en nuestro proceso, esta formado por dos cilindros herméticos, de acero al carbón con recubrimiento epóxico interno, conectados en serie, donde el primero contiene carbón activado, el cual atrapa la mayor parte de los contaminantes orgánicos; y el segundo, contiene resinas activas de intercambio iónico que retienen los iones presentes en el agua. Los cilindros se encuentran conectados, por medio de una serie de tubería y válvulas, a un depósito de agua corriente, la cual se impulsa por medio de una bomba para hacerla pasar por los filtros y de esta forma obtener agua de-ionizada.

#### **3.4.2 Sistema de calentamiento**

Como se mencionó antes, para que se rompa la doble ligadura del monomero para obtener los radicales libre e iniciar la polimerización, se requiere alcanzar una temperatura mínima de inicio de reacción; para esto es necesario contar con una fuente de calor, que en nuestro caso consiste en una “caldera abierta”, Tanque de acero inoxidable 316, con tubos de acero inoxidable de 1 in. Como difusores de calor y un sistema de calentamiento por fuego directo. El tanque se llena de agua corriente la cual, una vez caliente, se bombea a la chaqueta y se recircula al tanque de calentamiento, y, este paso se repite hasta que el contenido del reactor alcance mínimo 52 °C.

#### **3.4.3 Sistema de agua de enfriamiento.**

Por la temperatura de reacción y como ésta no es instantánea, el monomero se evapora y es necesario condensarlo y regresarlo al reactor a fin de no tener pérdidas importantes de monómero, esto además sirve de control de temperatura de reacción, pues al regresar el monomero frío a la masa de reacción frena en cierta medida la exotermia de la reacción. El sistema de enfriamiento consiste de una torre de enfriamiento de cascada, formada de una estructura metálica, con camas de madera con perforaciones para hacer lento el descenso del agua, la cual se bombea desde un depósito y se hace pasar por la coraza del condensador y se regresa

nuevamente a la torre y el ciclo se repite durante todo el proceso de polimerización.

#### **3.4.4 Bomba de servicios auxiliares**

El agua de proceso, de enfriamiento y de calentamiento, tienen que pasar a través de distintos equipos y a diferentes alturas, lo que hace necesaria una fuerza impulsora, esto se consigue por medio de una bomba centrífuga, la cual en nuestro caso es una sola y mediante juego de válvulas, dirigimos el flujo a los distintos equipos, aprovechando que los servicios no se requieren simultáneamente.

#### **3.4.5 Sistema de tubería de proceso**

Para ingresar las distintas materias primas al reactor de polimerización se requiere tubería y accesorios tales: como válvulas, codos, tuercas unión, tes., etc. Y por las características propias estas deben ser de acero inoxidable, para evitar posibles contaminaciones del producto. La tubería y accesorios son en acero inoxidable 304. en diferentes diámetros, determinados por el proceso.

#### **3.4.6 Sistema de tubería de servicios auxiliares**

Para el transporte del agua de proceso, de calentamiento y enfriamiento, se requiere un sistema de tubería y accesorios que nos permitan llevarla a los distintos equipos; el sistema consiste de tubería y accesorios en acero galvanizado en distintos diámetros de acuerdo con los requerimientos del proceso.

#### **3.4.7 Sistema de suministro de energía eléctrica**

A cada motor. De tal forma que en el área de proceso sólo haya motores, botoneras y sistema de iluminación, todo a prueba de explosión. Por el tipo de productos que se manejan, especialmente el monomero, Todo el equipo de suministro de energía eléctrica, debe ser a prueba de explosión.

En este proceso, se acondicionó un espacio especial para colocar todas las cajas de control eléctrico, lejos del área de polimerización, para de ahí llevar el sistema de suministro de

energía por medio de tubo conduit sellado, en líneas individuales

### **3.5 EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO TERMINADO**

#### **3.5.1 Viscosímetro Brookfield RVF**

Uno de los parámetros que nos indican si la emulsión que se obtiene cumple con las características esperadas, es la viscosidad, Además si esta propiedad se monitorea a lo largo del proceso, nos sirve de indicador para evaluar si la reacción se esta llevado a cabo en la forma correcta y nos permite hacer las correcciones pertinentes. Por esto es necesario contar con equipo que nos permita determinar con facilidad esta propiedad. Con el que contamos es un Viscosímetro Brookfield RVF.

#### **3.5.2 Equipo para determinación de sólidos.**

La transformación de monomero a polímero se ve directamente reflejada en el % de sólidos, que al final del proceso tenga la emulsión y si esta propiedad se evalúa a intervalos durante el proceso, también es un indicador de la buena marcha de la reacción, pues podemos determinar si hay un exceso de monomero sin reaccionar o si efectivamente todo ha reaccionado. Para esto es necesario contar con equipo para la determinación de % de sólidos. En nuestro caso consiste de una balanza ohaus acoplada a una lámpara de calentamiento que hace que la parte volátil se evapore, quedando la parte sólida, y por diferencia en peso, con respecto a la muestra tomada se determina % en sólidos.

#### **3.5.3 Equipo para determinar pH.**

Como se mencionó antes, el exceso de acidez, debido a la posible hidrólisis del monomero, puede ocasionar problemas serios durante el proceso de polimerización, razón por la que es necesario checar esta variable durante todo el proceso y al final del mismo; esto hace que sea indispensable contar con un potenciómetro.

### **3.6 INSTALACIONES PARA EQUIPO DE PROCESO.**

Para llevar a cabo la polimerización de poliacetato de vinilo en emulsión, se requiere contar con el espacio e instalaciones necesarias y suficientes que nos permitan realizar la actividad que pretendemos. En esta parte la aplicación de la **ingeniería industrial**, juega un papel de suma importancia, pues la lógica, forma y orden en que se distribuyan los equipos hará que el proceso se lleve a cabo con comodidad y seguridad. Esto es tan importante como el conocimiento de los fenómenos fisicoquímicos que intervienen en el proceso.

#### **3.6.1 Espacio para operaciones.**

Para este proceso en particular, el equipo antes descrito, está instalado en una nave industrial de 2000 m<sup>2</sup>, que cuenta con una altura de 7 m. Con acceso para carga y descarga de materiales, áreas para estacionamiento, oficinas, espacio para laboratorio, áreas para almacén de materias primas y producto terminado y por supuesto el espacio de montaje del equipo de proceso y servicio auxiliares.

#### **3.6.2 Espacio para equipo de polimerización**

El espacio en el que se montó el equipo consiste en 2 plataformas de estructura metálica, hechas de vigas y solera, con conexión a tierra, la más baja, en forma de escuadra aprovechar mejor el espacio, con una longitud de con una longitud de 10 mts y una anchura de 4 mts. Montada a 3 mts de altura, recubierta de lamina anti- derrapante, con dos escaleras de acceso, amplias, las cuales cuentan con descanso a media altura, toda la plataforma circundada por barandal de protección. En esta plataforma se montó el reactor de proceso y el sistema de condensación, unido a la plataforma por medio de placa de soporte atornillada a fin de facilitar su montaje. Con soportes para colocación de motores, tablero de control y botoneras de arranque.

En la segunda plataforma, montada sobre el área ocupada por el reactor, se colocaron los tanques de adición de monomero, coloide y catalizadores, a fin de alimentar al reactor estos materiales utilizando la fuerza de gravedad.

## **CAPITULO IV DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

1. - En el tambor de acero inoxidable de 200 KG. Poner 100 Kg. Agua deionizada y calentar hasta ebullición, en este punto y bajo agitación constante, agregar el regulador de pH, bicarbonato de sodio, 2.30 K. Agregarlo lentamente porque de otra forma se provoca efervescencia y se puede derramar, si se forma mucha espuma, agregar pequeñas cantidades de agua fría, a fin de eliminar la espuma ( esto es un truco de cocina de mi abuela. Una vez disuelto el bic, Agregar 35 Kg. de alcohol polivinilico ( Airbol 840 ó Airbol 540 ó Goshenol H-20 ó mowiol 480. Dejar bajo agitación hasta completa disolución (esto debe ser ya sin calentamiento, pues puede quemarse ), Aforar a 400 Lts , con agua deionizada a temperatura ambiente. Para obtener una solución al 7.5 %.

Este cocimiento de alcohol es para dos lotes de fabricación (850 Kg.)

Del alcohol tomar 200 Kg. Y agregarlos al reactor de polimerización.

Calentar el alcohol a traves de chaqueta de calentamiento hasta que el termómetro marque 52 C.

Preparar catalizadores:

a.- Oxidante. 2.0 Kg. de Peroxido de hidrógeno en 15 Kg. de agua deionizada

**Muy importante, a esta solución, ponerle 50 ml de ácido fosfórico al 98 %, aquí radica el truco de poder polimerizar a esta temperatura, es el paso más importante pues deben ser exactamente 50 ml de ácido, pues si es menos no funciona y si es más la reacción se hace muy violenta.**

b.- Catalizador reductor: Poner 2.0 Kg. De Hidrosulfito de sodio en 15 Kg. de agua deionizada, agitar hasta total disolución

Poner los catalizadores en los tanques de adición

-subir el monómero (254 Kg.) al tanque de adición de monómero.

Una vez que el alcohol dentro del reactor tenga 52 C como mínimo, Bajo agitación constante agregar 1 lt de catalizador oxidante, dejar pasar 3 min. Y agregar 1 lt de catalizador reductor. No se deben agregar al mismo tiempo pues reaccionan entre si para formar sulfuro de hidrógeno, y esto provoca mal olor en el producto final, además de que es un contaminante grave de la resina.

Iniciar la adición de monómero a razón 1 Lt/min durante los siguientes 20 min. ; adicionar al mismo tiempo catalizadores a razón de 50-60 ml/ min. Se notara que la reacción se ha iniciado por el incremento en la lectura de temperatura, este incremento debe ser gradual y lento, si la temperatura se eleva bruscamente, cortar el suministro de monómero y catalizadores, cuando la temperatura alcance 65 C, se inicia el reflujo el cual se puede apreciar por goteo en la mirilla del reflujo, esto nos indica también que la reacción se esta llevando correctamente, en este punto se aumenta el flujo de monómero a razón de 1.5 lt/ min. , Durante los siguientes 30 min. La temperatura debe ir incrementándose hasta llegar a entre 75 y 82 C. El reflujo aumenta considerablemente, sin embargo si no alcanza niveles de inundación de la mirilla de reflujo no es problema, sin embargo si el reflujo es demasiado es probable que dentro del reactor haya demasiado monómero libre, si esto ocurre es necesario hacer reaccionar el monómero libre acumulado, reduciendo el flujo de monómero y aumentando el flujo de catalizadores, esto se debe hacer con mucho cuidado pues la adición brusca de catalizadores puede hacer que se desboque la reacción.

Una vez que se ha alcanzado una temperatura de 75-82 C. Aumentar el flujo de monómero hasta un máximo de 2.80 Lt/min. Y mantenerlo así hasta el consumo total del mismo.

Si durante el proceso de polimerización se aprecia alarmante formación de espuma, recurrir al truco de cocina, siempre y cuando la cantidad de agua fría que se agregue no sea tanta que inhiba la reacción.

Terminado el monómero, seguir agregando catalizador por 25 min. Más, para asegurarnos que todo el monómero ha reaccionado, la temperatura debe incrementarse hasta llegar a un mínimo de 82 C. Nunca se debe llevar la temperatura a ebullición del agua, pues esto provoca que se rompa la

emulsión, al evaporarse el medio, y por lo tanto hay precipitación del polímero que ya no es re-emulsionable.

Una vez terminada la reacción bajar del reactor 250 Kg. De resina y checar propiedades.

El chequeo de la resina es recomendable hacerlo periódicamente durante todo el proceso, tomando muestras a intervalos a fin de vigilar la buena marcha del mismo.

Los 250 Kg. restantes de resina Nos sirven como “ semilla” para continuar la polimerización, sin tener que repetir los pasos iniciales, únicamente continuar con la adición de los reactivos, con la diferencia ahora de que el coloide protector ( que ya tenemos preparado se agrega en forma simultanea al monómero a razón de 1.33 Lt./min. Aprox. Aquí no es tan importante la exactitud en la adición del alcohol, siempre y cuando nos aseguremos que haya el suficiente dentro de la masa de reacción, para permitir la fijación de las cadenas de polímero en el coloide, pues de otra forma se puede presentar precipitación del polímero. Sin embargo como el regulador de pH se encuentra en el coloide, debe procurarse un balance adecuado entre la adición del monómero y del alcohol a fin de que el pH de la resina no salga de los limites en el que es estable (entre 4 y 6 )

Nuestra experiencia nos indica que el pH de mayor estabilidad de la resina es 4.5

**Tips.** Si por alguna razón al checar la resina esta se encuentra fuera de rango es necesario hacerle ajustes de pH. Nota. Asegurarse en el caso de acidez que este pH no se deba a un exceso de monómero libre que no ha reaccionado.

Si el pH es menor a 3.80 Ajustar con una solución de bicarbonato de sodio al 30 %, agregarlo lentamente pues se puede provocar efervescencia.

Si el pH es mayor a 6 ajustar con una solución de ácido fosfórico al 10 %, agregar lentamente, pues se puede provocar hidrólisis ácida del polímero y se forma alcohol polivinilico y se precipita.

Una forma de notar que el pH está desbalanceado es a través de la viscosidad de la emulsión

Si la viscosidad se incrementa demasiado, fuera de las especificaciones, lo más probable es que la masa reactiva este demasiado ácida, es necesario aumentar pH. Este es el caso más frecuente. Pues el monómero es ácido y cuando no ha reaccionado acidifica la resina y aumenta la viscosidad, bloqueando el desarrollo de la reacción.

Si la viscosidad es demasiado baja lo más probable es que la masa reactiva esté alcalina y es necesario ajustar. Esto es muy poco probable, pues prácticamente no existen fuentes de alcalinidad elevada para la resina, a menos que durante la preparación del coloide se agregara un exceso de bicarbonato.

Durante el proceso de polimerización la viscosidad es variable y esto es normal, siempre y cuando no presente datos extremos, lo que nos indicará que hay las fallas descritas en los párrafos anteriores.

En este segundo “lote” se continúa la adición de los reactivos hasta agotar el monómero y el alcohol, y se procede a terminar la reacción como se describió en el primer paso, de este lote se bajan 460 Kg. Dejando el resto como “semilla” y poder continuar hasta que se requiera, procediendo como se ha descrito anteriormente.

De esta forma nuestra formula de polimerización en proceso semi-continuo es:

<b>Materia prima</b>	<b>cantidad</b>	<b>Fracción masa</b>
<b>Monómero</b>	<b>254.00</b>	<b>0.5256</b>
<b>Alcohol polivinilico</b>	<b>14.00</b>	<b>0.02897</b>
<b>Peroxido de hidrogeno</b>	<b>2.00</b>	<b>0.0040</b>
<b>Hidrosulfito de sodio</b>	<b>2.00</b>	<b>0.0040</b>
<b>Bicarbonato de sodio</b>	<b>2.50</b>	<b>0.0026</b>
<b>Agua de-ionizada</b>	<b>214.00</b>	<b>0.44</b>
<b>Acido fosfórico</b>	<b>50.0 gr.</b>	<b>0.00004</b>

Con estas Cantidades obtendremos una dispersión (Resina) que debe tener las siguientes especificaciones teóricas.

<b>% En sólidos</b>	<b>56.11</b>
<b>Viscosidad (brookfield )</b>	<b>3,000 a 6,000 Cps (4-20-25</b>
<b>pH a 25 °C</b>	<b>4.0 a 6.0</b>

**Nuevos Tips.-** Es necesario completar el total del lote, aún cuando no se hayan requerido el total de los catalizadores, pues si no se hace se obtiene una resina de más altos sólidos y por lo tanto se incrementa el costo.

Los sólidos teóricos son 56.11, sin embargo obtendremos de 54- 55 % , ya que por ser el monómero un líquido volátil se evapora aprox. El 2 % durante el manejo. También existen pérdidas de producto terminado por lo que se adhiere a las paredes del equipo, por este motivo, a pesar de que teóricamente se obtendrían 483 Kg. Consideramos una pérdida de 23 Kg. Esta consideración es importante para el costeo debemos tomar el costo total del material empleado entre el producto obtenido, es decir consideramos un factor de rendimiento promedio de 95 %.

## **CAPITULO V APLICACIONES PARACTICAS DE LA EMULSION**

Una vez obtenida la emulsión antes descrita, con ella se pueden formular tanto adhesivos para varias aplicaciones, como pinturas.

### **5.1 ADHESIVOS**

Con la emulsión de poliacetato de vinilo con las características antes descritas, Se pueden formular una gran variedad de adhesivos para uso industrial, domestico y artesanal, Algunos ejemplos son:

- Para Armado de sobres
- para armado de lápiz
- Encuadernación
- Etiquetado a vidrio
- Etiquetado a traslape
- Armado de cigarrillos
- Armado de caja plegadiza
- Armado de caja corrugada
- Adhesivos para concreto
- Y muchos más.

Como un ejemplo de los adhesivos, describimos el de pegado a madera, elegimos este, porque la madera es uno de los materiales más difíciles de pegar.

#### **5.1.1 ADHESIVOS PARA MADERA**

Desde la prehistoria, el hombre ha tenido la necesidad de unir diversos materiales para fabricar objetos de uso cotidiano y practico: cerámica, madera, cuero, fibras, etc.

Esta necesidad de pegar ha hecho que la evolución de los adhesivos esté muy ligada al desarrollo de la humanidad y al avance tecnológico.

**En términos generales, un adhesivo es un material que tiene la capacidad de mantener unidas, 2 piezas de materiales similares ó diferentes, donde la resistencia de la unión debe ser mayor ó igual a la resistencia intrínseca del material más débil.**

Hasta antes de 1930, todos los adhesivos eran fabricados a partir de compuestos de origen natural como: Almidones, cola animal, resinas de árboles, albúmina de sangre y huevo, etc. A partir de 1930 con la síntesis del caucho y la aparición de polímeros sintéticos, el desarrollo de los adhesivos ha tenido una evolución acelerada y en gran medida han contribuido al desarrollo tecnológico actual y al confort de la vida diaria, pues prácticamente no existe objeto de uso cotidiano que no involucre algún tipo de adhesivo, ya sea en el empaque, la etiqueta ó en el producto mismo.

Por su origen los adhesivos se pueden clasificar en:

1. - **NATURALES.**- Todas aquellas sustancias de origen vegetal, animal ó mineral capaces de pegar.
2. - **SINTÉTICOS.**- Son productos desarrollados por el hombre a partir de moléculas simples y que involucran un proceso de polimerización.

Por la forma como actúan, los adhesivos se clasifican en:

1. - **Por absorción**
2. - **Por contacto**
3. - **Por reacción química**
4. - **Mixtos**

Por su estado físico, los adhesivos se clasifican en:

1. - **Líquidos**
2. - **Sólidos**
3. - **Pastas**

La elección del adhesivo a utilizar depende del tipo de material que se desea pegar y del método de aplicación que el proceso de fabricación exija.

De los distintos materiales que el hombre ha utilizado para fabricar objetos de uso práctico, **la madera** es uno de los más antiguos. Por las propiedades físicas y químicas de la madera, no se pueden emplear en ella los métodos modernos de fabricación – moldeo, fundición, extrusión y soldadura que se emplean en otros materiales como los metales, cementos, plásticos, etc., de tal forma que la madera prácticamente se

sigue trabajando igual que en la antigüedad y lo que ha evolucionado son las herramientas para trabajarla. Estas limitaciones de manipulación impuestas por la estructura física, química y mecánica de la madera, hacen que el empleo de adhesivos (pegamentos) sea de suma importancia en la fabricación de cualquier objeto de madera.

Como unidad biológica y como estructura de ingeniería, un árbol vivo es una maravilla de diseño y funcionamiento, pues resiste las más adversas condiciones climatológicas: nieve, lluvia, viento y casi cualquier fenómeno natural, de tal forma que la madera es un material tan fuerte que se puede comparar favorablemente con los materiales más resistentes fabricados por el hombre, tales como, el acero y la poliamida; sin embargo esto sólo ocurre con un árbol vivo, y desafortunadamente, su aprovechamiento práctico sólo ocurre con madera muerta en la que ya se ha iniciado un proceso de degradación.

Esto hace que la madera sea uno de los materiales más difíciles de trabajar, ya que por ser un material de origen biológico, resultado de un proceso de biosíntesis compleja no se obtiene una calidad uniforme en grandes cantidades, pues aún en trozos pequeños del mismo árbol se observan grandes diferencias.

Las características de la madera como material pegable están determinadas por su estructura anatómica macroscópica y microscópica.

La estructura macroscópica se puede observar a simple vista, en donde se aprecia fácilmente los anillos de crecimiento indicando claramente la madera de primavera (porosa y poco densa) y la madera de verano (menos porosa y más densa) por esto se puede cuantificar la edad de un árbol.

La estructura microscópica está determinada por la composición celular y la morfología que varía de una especie a otra.

La madera como resultado de un proceso de biosíntesis compleja es un material altamente higroscópico e hidrofílico, formada en estado turgente en un medio acuoso, pero que normalmente se usa en estado semi-seco; así pues,

tecnológicamente la madera tiene evidentes inconvenientes, siendo un producto biológico, su calidad es muy variable y no se puede obtener en grandes dimensiones, prácticamente no se puede conformar en formas diferentes, cualquier mecanizado tal como; serrado, lijado, cepillado... provocan pérdidas que no pueden ser aprovechadas de la misma manera, como por ejemplo, los residuos de metal ó plástico.

Los pegamentos se usan para reducir estos inconvenientes técnicos, es decir, para obtener piezas de mayor tamaño que las que se obtienen directamente de un árbol, para tener un aprovechamiento mayor de la madera y para mejorar sus propiedades útiles, tales como, resistencia, inalterabilidad, ligereza y apariencia estética de las superficies.

Por las características especiales de la madera, el tipo de adhesivo adecuado para pegarla es por **absorción**. Normalmente estos adhesivos son dispersiones acuosas de materiales poliméricos de peso molecular elevado.

Para objetivos de pegado, las maderas se clasifican en duras y blandas, esto depende de la densidad de la madera; y algunas de las variables que determinan el éxito de la unión son las características de la superficie a pegar, obtenida a través de medios mecánicos de corte.

**a.- Geometría de la superficie (textura)** es el resultado de la estructura anatómica propia de la especie y de la preparación mecánica de la misma.

**b.- Propiedades físico-químicas.-** dependen de la composición particular de la especie porosidad, capilaridad, contenido en extraíbles, humedad y contaminaciones.

**c- Integridad de la superficie.-** resultado de la preparación mecánica de la superficie lijado, serrado, cepillado...

**d.- Edad de la madera.-** madurez del árbol al momento de la tala y tiempo de uso después del aserrado.

Existen muchos materiales naturales y sintéticos que sirven para pegar la madera, para la elección del adhesivo más adecuado se debe tomar en cuenta lo siguiente:

## **1. - Propiedades del pegamento (calidad)**

- a.- viscosidad
- b.- contenido en sólidos
- c.- resistencia que proporciona
- d.- rapidez de secado
- e.- tamaño de partícula del polímero
- f.- pureza del producto

## **2. - Uniformidad de aplicación**

## **3. - Velocidad de aplicación**

## **4. - Limpieza de aplicación**

## **5. - Toxicidad y seguridad**

## **6. - Tiempo de vida útil**

## **7. - ¡Precio ;**

De los distintos polímeros con que se puede pegar la madera, el **poli-acetato de vinilo** es el más adecuado pues cumple satisfactoriamente todos los requisitos de manejo y aplicación.

El acetato de vinilo es un líquido transparente que en presencia de luz ó calor polimeriza para formar un cuerpo resinoso (poli acetato de vinilo) muy resistente a la mayoría de los solventes y jabones.

Cuando el acetato de vinilo se polimeriza bajo condiciones controladas de concentración, calor, y con los catalizadores y aditivos adecuados, se pueden obtener resinas de una gran variedad de aplicación útil. Se puede polimerizar en solución, donde el medio de polimerización pueden ser solventes aromáticos ó alifáticos, sin embargo bajo estas condiciones la relación de viscosidad / sólidos es muy alta y en algunas aplicaciones prácticas esto acarrea serias dificultades, además la presencia de solventes hacen riesgoso su uso. **El acetato de vinilo también se puede polimerizar usando como medio de dispersión agua, por el proceso de polimerización en emulsión; donde se eliminan todos los inconvenientes del uso de solventes como medio de dispersión. Esta emulsión es la base para la formulación de la mayoría de los pegamentos blancos y la calidad de éstos, depende de la calidad de la emulsión (tamaño de partícula, viscosidad, pureza, pH, concentración (sólidos de polímetro), temperatura crítica, etc.)**

**En ADHESIVOS Y RECUBRIMIENTOS JIMARA, S.A. DE C.V. Polimerizamos una resina en emulsión de poli acetato de vinilo, con la más alta calidad, lo cual nos permite formular adhesivos para las distintas aplicaciones que la industria requiere.**

**En pegamentos para madera, fabricamos adhesivos de alta concentración y secado rápido, como el JIMA-1000**

**Producto que cumple con los estándares más altos de calidad y que fácilmente puede compararse con los mejores del mercado; puesto que es un adhesivo que proporciona la más alta resistencia de unión en un lapso de tiempo corto, funcional tanto en maderas duras como blandas. Además presenta otras ventajas como, viscosidad adecuada que evita escurrimientos, gran estabilidad de emulsión (no se separa ni se asienta), no cristaliza aún en climas extremos. El pegamento JIMA-940 adhesivo con las mismas características de resistencia y propiedades que el JIMA-1000, con la única variante que este producto tiene un tiempo de anclaje mayor, esto es para trabajos donde la superficie a unir es relativamente grande ó las piezas requieren de una colocación especial, dando una mayor maniobrabilidad sin que el pegamento seque. Estos dos productos son los indicados para trabajos profesionales, donde la calidad es muy importante y la exigencia de resistencia en las piezas a unir es vital.**

Para trabajos donde la exigencia de resistencia es menor (piezas no sujetas a esfuerzo) y donde el tiempo de secado no es vital, fabricamos otros pegamentos como: JIMA-FORTE, JIMA-650 Y JIMA-SI-PEGO, los cuales tienen una calidad más alta que productos similares del mercado.

Las formulaciones en forma general a base de poliacetato de vinilo en emulsión están constituidas básicamente por:

Emulsión de poliacetato de vinilo...

Modificador de viscosidad

Plastificante

Solventes

Humectantes

Reguladores de pH

Conservadores

Cargas

Resinas coadyuvantes

Coalescentes.

Las cantidades de estos materiales están determinadas por las propiedades del adhesivo que se pretende formular; dependiendo de los sustratos que se pretenda pegar, del tipo de equipo que se usará en su aplicación y de el uso final que se dará al adhesivo.

## **5.2 PINTURAS**

Como se mencionó antes la emulsión de poliacetato de vinilo que se obtiene a partir del proceso antes descrito, también puede utilizarse para la fabricación de Pinturas:

Una pintura Líquida es una dispersión de Pigmentos y polvos finamente divididos en un líquido compuesto de un ligante (resina) y un solvente volátil. Que se aplica sobre una superficie, ya sea para protegerla, para embellecerla ó ambas, Este recubrimiento debe tener ciertas características especiales, dependiendo de la superficie sobre la que se aplique, sin embargo, en términos generales podemos afirmar que cualquier pintura se compone de los siguientes materiales básicos:

**1.- Vehículo de suspensión,** es el medio en el cual se suspenden los pigmentos, que generalmente son partículas sólidas, el vehículo sirve de transporte de los sólidos a la superficie sobre la que se aplica el recubrimiento a fin de aplicar una película uniforme.

Dependiendo del tipo de pintura será el vehículo (Solventes alifáticos ó aromáticos) ó agua.

**2.- Pigmentos.-** Son las partículas que dan color a la pintura y que además refractan los rayos solares, normalmente son compuestos inorgánicos ú compuestos orgánicos insolubles, proporcionan el poder cubriente del recubrimiento.

**3.-Cargas ó extender.-** Son partículas sólidas (polvos) que se adicionan a la pintura a fin de dar cuerpo a la pintura y proporcionar soporte a la película de la misma, reducen el costo de la pintura, además de incrementar la durabilidad de la misma, ya que refractan muchos de los rayos solares

destructivos. Normalmente son compuestos inorgánicos químicamente inertes, no tóxicos e insolubles en el vehículo.

**4.-Ligante (Resina).**- Es el componente que permite la formación de una película continua del recubrimiento, al adherir entre sí los polvos y a su vez se adhiere a la superficie. Al formar una película continua constituye una barrera protectora entre la superficie y el medio al que la superficie se expone. La resistencia y durabilidad de esta barrera protectora dependerá de la calidad y cantidad de ligante que se emplee, así como de las necesidades particulares que la superficie requiera, para un uso específico.

**5.- Emulsificantes.**- Normalmente los sólidos (polvos) que componen una pintura, son más densos que el vehículo que los contiene y por esta razón tienden a sedimentarse, para evitar este fenómeno es necesaria la incorporación de emulsificantes, de tal forma que se consiga que los sólidos se mantengan en suspensión el mayor tiempo posible a fin de poder almacenar la pintura durante periodos prolongados.

**6.- Dispersantes.**-Debido a las cargas eléctricas que las cargas que componen una pinturas pueden poseer y en contacto con el vehículo, muchas veces tienden a aglomerarse formando grumos, para evitar esto es necesario incorporar aditivos que impidan la aglomeración para obtener una mezcla totalmente homogénea. Generalmente son humectantes ó detergentes.

**7.- Coalescentes.**- El objetivo de una pintura es la formación de una película continua y uniforme sobre una determinada superficie en el menor tiempo posible, sin que haya roturas ó deformaciones en l misma. Por los ingredientes que componen pintura, muchas veces, debido a las condiciones atmosféricas, pueden evaporarse en forma demasiado brusca ó en forma demasiado lenta, afectando de manera drástica la formación de la película, por lo que se hace necesaria la incorporación de solventes que ayuden a obtener una evaporación controlada y uniforme.

Nota. En una pintura base solvente los equivalentes a los coalescentes serían los agentes secantes.

**8.- Reguladores de pH (Buffer).**- Para el caso de pinturas base acuosa.-Todas las emulsiones o suspensiones en base acuosa,

tienen un pH definido, donde la estabilidad de la emulsión es máxima, en el caso de las pinturas es necesario ajustar este pH en el rango correcto a fin de dar un periodo de estabilidad lo mas largo posible a fin de poder almacenar la pintura por periodos largos. El rango de pH de estabilización depende del tipo de ligante que se emplee y de la acidez ó alcalinidad del resto de los materiales, así mismo la elección del regulador dependerá del tipo de ligante y otros materiales que estemos empleando. En pinturas Vinil-Acrílicas generalmente el rango de pH de estabilización de 8 a 9.

**9.- Espesantes.-** Por funcionalidad de aplicación a fin de que el instrumento de aplicación, ya sea brocha, rodillo, cepillo ó espreas, sea capaz de dejar una cantidad de pintura uniforme, ésta debe tener una viscosidad determinada, que evite escurrimientos y capas demasiado gruesas. Aún cuando el ligante contribuye con cierta viscosidad en la formulación de la pintura, muchas veces esto no es suficiente y se hace necesaria la incorporación de espesantes que proporcionen la viscosidad necesaria y suficiente para una aplicabilidad cómoda. Los espesantes pueden ser de origen diverso: Celulósicos, acrílicos ó derivados de tierras diatomeas, La elección de cantidad y tipo de espesante en una pintura dependerá del tipo de pintura que formulemos y de las características finales que estemos buscando.

**10.- Antiespumantes.-**La dispersión de los ingredientes de una pintura en el vehículo, normalmente se lleva a cabo en equipos de alta velocidad de agitación, esto genera la formación de espuma ( especialmente en los sistemas acuosos ) ya que algunos de los ingredientes de la pintura son surfactantes y la velocidad de agitación aumenta la tensión superficial de las partículas provocando la formación de espuma, para evitar esto es necesario incorporar aditivos que disminuyan la tensión superficial a fin evitar la formación de espuma y de esta forma obtener una mezcla más homogénea que permita la formación de una película uniforme y continua sin cráteres. En una pintura Vinil-Acrílica los antiespumantes más efectivos son derivados de aceites etoxilados.

**11.- Conservadores.-**En el caso de pinturas acuosas y debidas a que algunos componentes de la fórmula pueden ser alimento de bacterias, líquenes y hongos, es necesaria la incorporación de agentes que impidan el desarrollo de estos

microorganismos, a fin de garantizar un tiempo de anaquel de la pintura en perfectas condiciones. La elección del tipo de microbicida a emplear esta condicionada por las leyes vigentes de sanidad ambiental según el sitio donde se fabriquen, es aconsejable que estos tengan la menor toxicidad posible.

Estos son los materiales, que en términos generales lleva una pintura, de Acuerdo con el equipo con que se cuenta (mezclador Cowless) las pinturas que se pueden formular son Vinílicas, Vinil-Acrílicas, Acrílicas estirenadas, acrílicas, impermeabilizantes elastoméricos.

Como en todos los materiales, en el mercado existen diversas calidades de los mismos:

**En ligantes (Resinas).**-La calidad esta determinada por su % de sólidos en emulsión, por la relación Monomero vinilico/monomero acrílico, en el caso de resinas vinil-acrílicas, su resistencia a solventes y agentes químicos comunes, viscosidad, tamaño de partícula, peso molecular del polímero, estabilidad química, temperatura de transición vítrea, elasticidad, dureza, brillo, capacidad aglutinante, etc. Todas estas características, son determinadas durante el proceso de polimerización. De tal forma que en el mercado existe una gran variedad de resinas para formular pinturas; la elección de cual resina emplear estará determinada por la calidad con que se desee salir al mercado y por la confiabilidad del proveedor de la misma.

### 5.2.1 FORMULAS BASICA DE PINTURAS VINIL ACRILICAS

#### 1.- PINTURA VINIL ACRILICA DURACIÓN MINIMA DE 3 AÑOS EN CONDICIONES DE INTEMPERISMO NORMAL

Materia prima	Cantidad
Vehiculo	130
dispersante	0.80
antioespumante	0.50
humectante	1.00
Pigmento base	12.00
Pigmento de color	Depende del color
Carga No.1	15.00
coalescente	1.20

extender	8.00
Carga No. 2	40.00
Regulador de pH	0.40
Espesante	1.00
Conservador	0.10
Resina ( ligante)	15.00
Protector UV	Solo en caso de ser necesario

### 5.2.2 PROCESO DE FABRICACIÓN

En la tina de mezclado (AGITADOR COWLESS DE ALTA VELOCIDAD, MIN 1800 RPM) agregue el 60 % del agua de la formula

Bajo agitación continua, agregue el dispersante y el 50 % del antiespumante de la formula,

Agregue enseguida, sin dejar de agitar el bióxido de titanio, las cargas y el extender, durante, mínimo 20 min. Enseguida agregue el humectante y el 50 % del regulador de ph

Agregue el espesante lentamente, para evitar la formación de grumos. Deje “moliendo durante por lo menos 45 min., A fin de lograr una buena dispersión de los pigmentos y la total disolución del espesante (en este proceso la masa de reacción se calentara significativamente, esto es normal y necesario.) Obtendremos una pasta viscosa y uniforme.

Enseguida agregue el 50 % restante del regulador de ph..Todo esto sin detener en ningún momento la agitación... agregue el resto del antiespumante.

Ajuste el pH de la masa reactiva a un pH entre 9 y 11, si es necesario agregar más regulador, agréguelo hasta alcanzar este rango de pH.

Si la pintura va a ser de color.. Agregue en este punto el pigmento de color (si es pasta) o la mezcla de pigmentos, cuando se trate pinturas de color compuesto.

Agregue la resina indicada en la formula, (notara de inmediato que la viscosidad disminuye significativamente) esto es perfectamente normal, enseguida agregue el conservador y el coalescente y el resto del agua de la formula hasta aforar a 200 lt.

Tome 1 muestra de la pintura terminada, para control de calidad

A fin de checar:

1. poder cubriente
2. viscosidad

3. densidad
4. % de sólidos en peso y en volumen
5. pH
6. lavabilidad
7. brochabilidad
8. y si se considera necesario tiempo de vida medio

Sugerimos guardar un retenido identificado con fecha de producción y No. De lote a fin de tener elementos de defensa para posibles reclamaciones, ya que una vez que la pintura Salga de su planta, ya no se tiene control de las alteraciones que el usuario puede hacerle. Ni de las condiciones bajo las que se emplee.

#### Especificaciones de esta pintura

<b>Poder cubriente</b>	<b>4 a 6 m<sup>2</sup>/lt en superficie lisa y compacta</b>
<b>Viscosidad</b>	<b>8,000 a 12,000 cps</b>
<b>Densidad</b>	<b>1.28 a 1.34 kg/lt</b>
<b>% en solidos en peso</b>	<b>48 a 50</b>
<b>% en solidos en volumen</b>	<b>60- a 65</b>
<b>Lavabilidad</b>	<b>5,000 s 8,000 ciclos</b>
<b>pH</b>	<b>8 a 9</b>
<b>brochabilidad</b>	<b>Bien, película uniforme</b>

**FORMULA BASE PARA UNA PINTURA DE CALIDAD MEDIA CON DURABILIDAD MINIMA DE 5 AÑOS, BAJO CONDICIONES NORMALES DE INTEMPERISMO.**

**CONSIDERANDO UN LOTE DE 200 LTS. PARA PINTURA BLANCA**

<b>Agua</b>	<b>125.00</b>
<b>dispersante</b>	<b>0.7</b>
<b>Antiespumante</b>	<b>0.60</b>
<b>Pigmento blanco</b>	<b>25.00</b>
<b>Carga 1</b>	<b>15.00</b>
<b>Carga 2</b>	<b>80.00</b>
<b>extender</b>	<b>12.00</b>
<b>Regulador de pH</b>	<b>0.5</b>
<b>Espesante</b>	<b>1.20</b>
<b>coalescente</b>	<b>1.20</b>

<b>resina</b>	<b>36.00</b>
<b>conservador</b>	<b>0.10</b>
<b>humectante</b>	<b>1.0</b>
<b>Protector UV</b>	<b>0.001</b>

### **Especificaciones de esta pintura**

<b>Poder cubriente</b>	<b>8 a 12 m<sup>2</sup>/lt en superficie lisa y compacta</b>
<b>Viscosidad</b>	<b>8,000 a 12,000 cps</b>
<b>% en sólidos</b>	<b>60 a 65 en peso 80-85 en volumen</b>
<b>Densidad</b>	<b>1.30 a 1.34 Kg /lt</b>
<b>Lavabilidad</b>	<b>10,000 a 15,000 ciclos</b>
<b>pH</b>	<b>8.00 a 9.00</b>
<b>Brochabilidad</b>	<b>Buena, película uniforme y continua</b>

Esto son solo 2 ejemplos de la gran variedad de tipos y calidades de pinturas que pueden fabricarse, es por eso que en el mercado existen tantas marcas, calidades y precios,, ya que cada fabricante formula de acuerdo con su experiencia, su mercado potencial, y sus requerimientos de utilidad.

## **CAPITULO VI PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

La planeación correcta y funcional de la **ingeniería industrial**, especialmente por cuestiones de inversión, debe ser capaz de prever la posibilidad de utilizar el mismo equipo de proceso e instalaciones, para el mayor número de productos posibles, para tener opciones de acceso a un mercado más amplio.

En nuestro caso, con el equipo antes descrito, y sin tener que hacer nuevas inversiones, también se pueden fabricar otros productos, por ejemplo:

Lacas, barnices, tintas, adhesivos de contacto, adhesivos hot-melt, emulsiones para serigrafía, impermeabilizantes, **productos de limpieza**, etc.

Como ejemplo de estos productos y en los que hemos incursionado son los **Productos de limpieza**, ya este tipo de productos actualmente tienen una amplia demanda, lo cual presenta oportunidades de negocio.

### **6.1 NECESIDAD DE LOS PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

De forma general, un producto de limpieza es cualquier sustancia capaz de remover de una superficie ú objeto, sin corroerlo, algún material que por razones, de estética, sanidad o higiene, se considere indeseable.

Hasta las primeras décadas del siglo XX el producto de limpieza usual, especialmente dirigido al lavado de ropa e higiene personal, era el jabón, material que se obtiene por el proceso de “saponificación” que básicamente consiste en oxidar un ácido graso de cadena larga con una sal alcalina de sodio, calcio ó potasio, para obtener un material que contiene en su composición molecular una parte lipofílica ( la que contiene el ácido graso) y otra hidrofílica (la que contiene el átomo alcalino). Lo que las hace sustancias tenso activas con capacidad de emulsionar la suciedad insoluble en el agua, y que por una acción mecánica y por la fuerza del agua se desprende del objeto; sin embargo, para la forma de vida actual el jabón típico, aunque se sigue usando, ya no es suficiente, ya que; la evolución tecnológica acelerada que se ha dado a partir de mediados del siglo XX que ha cambiado

totalmente el estilo de vida, al desarrollar nuevos productos y técnicas en los sistemas de construcción; el desarrollo de productos sintéticos en la industria textil; la gran cantidad de artículos necesarios para la higiene personal, los grandes avances en los conocimientos médicos que indican que la salud esta ligada íntimamente a la limpieza y a la desinfección; ha hecho que el desarrollo de nuevos productos de limpieza vaya a la par con esta evolución.

De manera generalizada los nuevos productos de limpieza son básicamente detergentes.

De tal forma que actualmente existe una gran variedad de productos diseñados de manera específica para cada necesidad del material que se desea limpiar; ya que, por ejemplo, las telas fabricadas a partir de polímeros sintéticos son menos humectables que las fibras naturales; Los pisos cerámicos recientes son más compactos e impermeables que antes y también menos mojables; los productos a base de pieles exigen acabados más elaborados, lo que hace necesario este tipo de productos.

## **6.2 DETERGENTES**

La palabra detergente proviene del latín “detergeré” limpiar. En este sentido un detergente es cualquier sustancia que tiene propiedades de disolver a otra incorporándola en si misma, bajo este concepto se pueden denominar como detergentes sustancias tan dispares, como el jabón, la saliva ó la gasolina, dependiendo de la superficie sobre las que se empleen.

Los primeros detergentes sintéticos fueron desarrollados en Alemania en 1936, en lugares donde el agua es muy dura y el jabón normal, formaba natas y no daba espuma, además que en la 2ª. Guerra mundial, se dio una fuerte escasez de jabón. Los primeros detergentes fueron formulados a partir de tripolifosfato de potasio, sulfatos de alcoholes, alquilbencenos sulfonados y otros coadyuvantes.

Al igual que los jabones los detergentes tienen en su composición molecular un grupo polar hidrofílico y otro no polar lipofílico. Los detergentes tienen la ventaja sobre los jabones, de formar sulfatos de calcio y magnesio solubles en

agua, por lo que no forman coágulos al utilizarlos con aguas duras.

Los detergentes son productos que se usan para la limpieza y están formados básicamente por agentes **tenso activos** que actúan modificando la tensión superficial disminuyendo la fuerza de adhesión de las partículas (mugre) a una superficie. Los detergentes Sintéticos contienen sustancias surfactantes que ayudan en la penetración, remojo, emulsificación, dispersión, solubilización y formación de espuma, todo esto ocurre en las interfases sólido-líquido y líquido-líquido.

Además, los detergentes comerciales pueden contener agentes humectantes, blanqueadores, bactericidas y perfumes.

### **6.3 AGENTES TENSO-ACTIVOS**

Como se mencionó antes los productos de limpieza están formados básicamente de agentes tenso-activos (surfactantes) derivado del ingles “surfase active agents”.

Los surfactantes pueden ser clasificados por la carga iónica de la parte superficialmente activa de la molécula en:

#### **6.3.1 Aniónicos**

Los surfactantes aniónicos, son aquellos que en solución la parte hidrofóbica queda con carga negativa. Contienen generalmente uno de cuatro grupos polares: carboxilato, sulfonato, sulfato o fosfato, combinado con una cadena hidrocarbonada no polar hidrofóbica. Si la cadena es corta menos de 8 carbonos son muy hidrosolubles y si la cadena es larga, mas de 20 son poco hidrosolubles.

La parte hidrocarbonada, puede estar formada por los siguientes tipos de hidrocarburos:

1.-Cadenas lineales de C8 a C18 derivados de ácidos grasos naturales.

2.-Cadenas alquílicas unidas a núcleos aromáticos como benceno y naftaleno.

3.- Cadena alquílicas olefínicas de C8 a C18.

4.-Hidrocarburos de C8 a C18 obtenidos de querosina, aceites ligeros y ceras de parafina

5.- Alcoholes de alto peso molecular.

### **6.3.2 CATIONICOS**

Los surfactantes Catiónicos son aquellos que en solución la parte hidrofóbica queda cargada positivamente; el anión puede ser Cl, Br, OH, SO<sub>4</sub>, etc. La mayoría están compuestos por lo menos de una cadena de 8 a 25 átomos de carbono, derivada de ácidos grasos o de un derivado petroquímico y un nitrógeno. La parte hidrofílica esta formada principalmente por sales de cadena larga de amonio o aminas grasas en medio ácido.

Son importantes en la industria por su eficiencia bactericida, germicida y algicida, Etc. Debido a su capacidad de adsorción sobre fibras y cabello sirven como acondicionadores para el pelo y suavizantes de telas.

### **6.3.3 NO-IONICOS**

Los surfactantes No iónicos no se disocian en iones hidratados en medios acuosos, se solubilizan por un efecto combinado de un cierto numero de grupos solubilizantes débiles (hidrofílicos) como, y OH son derivados polioxietilenados y polioxipropilenados, derivados de sorbitan y alcanolamidas grasas, tiene la ventaja de que son estables frente a la mayoría de los productos químicos. Al no ionizarse en agua no forman sales con los iones metálicos que pudiera contener el agua, por lo que son útiles tanto en aguas duras como blandas. Su naturaleza fisicoquímica los hace compatibles con surfactantes iónicos y con Coloides.

Por sus propiedades fisicoquímicas son útiles en diversas ramas industriales:

Agricultura, Concentrados emulsionables y polvos mojables

Pinturas y adhesivos, emulsionantes primarios y coemulsionantes.

**Curtidos; Desengrase y teñido**

**Textiles; Mercerizado, blanqueado, teñido, descruce**

**Procesos de metales; limpiadores alcalinos**

**Limpiadores en general; Limpiadores de pisos, detergentes de lavandería.**

## **6.4. FORMULACIONES**

Al igual que en la mayoría de los productos comerciales de cualquier tipo, en los productos de limpieza e higiene, no es suficiente solo el principio activo, sino que es necesario combinarlo con otros productos a fin de acondicionarlo, para un uso cómodo, seguro y estable. De aquí la necesidad de formular de tal manera que al combinar el o los activos con algunos aditivos, obtengamos productos que proporcionen las propiedades fisicoquímicas necesarias para el funcionamiento óptimo para las funciones que dicho producto fue planeado.

En términos generales, un producto de limpieza e higiene puede contener los siguientes materiales; dependiendo del uso específico que se pretenda.

- 1.- Ingredientes activos, Normalmente agentes tenso activos
- 2.-Agentes humectantes
- 3.-agentes dispersantes
- 4.-Reguladores de pH
- 5.- Modificadores de viscosidad
- 6.- Solventes
- 8.-agentes abrasivos
- 9.- colorantes
- 10.- perfumes
- 11.-buffers
- 12.-vehiculo
- 13.-abrillantadores
- 14.- germicidas
- 15.-Agentes de blanqueo.

Las cantidades de cada uno de ellos dependerá el uso final que se dará al producto, de la calidad que se pretenda ofrecer al mercado.

De tal forma que la formulación de un producto de limpieza esta determinada por la experiencia de quien formula y sobre todo de el objetivo que se busque para un uso definido.

En general durante la formulación, es importante seguir un orden definido de mezclado, y habrá productos que requieran tratamientos previos antes de agregarlos. Por tal motivo resulta complicado dar una formulación general, para este tipo de productos, si embargo contando con el equipo que describimos en páginas anteriores, es posible fabricarlos con relativa facilidad.

## **CONCLUSIONES**

Para todo proceso de transformación, cuyo fin es obtener un producto repetitivo y confiable; y de un uso práctico y útil, en las cantidades que se hayan planeado, es necesario seguir una secuencia lógica y metódica de etapas, que en conjunto constituyen el proceso. Donde las variables que intervienen en el proceso, deben ser valoradas de manera cuidadosa, desde la elección del sitio en el que se instalara la planta; el diseño y dimensiones del equipo, la legislación vigente para el tipo de producto que se desea fabricar; la selección de materias primas, Etc.

Para llevar a cabo cualquier proceso de fabricación, es necesario contar con: Instalaciones ( espacio adecuado para el equipo que el proceso requiere); Equipo de fabricación; Servicios auxiliares; Sistemas de control y seguridad; materias primas, sistemas de almacenamiento de materias primas y producto terminado. En suma, es la **aplicación de la ingeniería industrial.**

La aplicación de la ingeniería química aplicada a la industria proporciona muy diversas oportunidades de desarrollo profesional, no solo a nivel de empleo en alguna gran empresa, sino que ofrece amplias oportunidades de autoempleo, siempre y cuando se tenga la voluntad y la visión necesarias para aplicar de manera integral y ordenada los conocimientos que se adquieren en la escuela.

Cuando se cuenta con una preparación sólida como la que se imparte en “FES ZARAGOZA”, es posible diseñar, montar y operar prácticamente cualquier proceso de fabricación, por difícil o complejo que este pueda parecer.

## **BIBILOGRAFIA**

- 1.- J.W. NICHOLSON, THE CHEMISTRY OF POLYMERS**
- 2.- LCHEV TADMOR AND. COSTAS, PRINCIPLES OF POLYMER PROCESSING 1979**
- 3.- SYEMUR R.B. CARRAHER, INTRODUCCIÓN A LA QUIMICA DE LOS POLIMEROS**
- 4.- ALLCOCK H.R. LAMPE, CONTEMPORARY POLYMER CHEMISTRY**
- 5.- SPITZ. LOUIS, TECNOLOGY OF SOAPS AN DETERGENTS ( 1997)**
- 6.-Rosen M.J. SURFACTANT AN INTERFACIAL PHENOMENA**